

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

В.Д. Паламарчук, В.Ю. Кричковський, О.Д. Паламарчук, В.Е. Шуберанський



ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РОСЛИННИЦТВІ

ПІДРУЧНИК

ВІННИЦЯ – 2024

УДК: 633/635:[631.153.7+631.151.2]”312”

ББК: 41.4 я 73

П-14

Підручник затверджено Вченою радою Вінницького національного аграрного університету як підручник для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації, які навчаються за освітнім ступенем «Магістра» спеціальності 201 «Агрономія»

Протокол № 5 від 29 листопада 2024 року.

Автори: В.Д. Паламарчук, В.Ю. Кричковський, О.Д. Паламарчук, В.Е. Шуберанський

Рецензенти:

Вожегова Р. А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, заслужений діяч науки і техніки, директор Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України

Карпук Л. М. – доктор сільськогосподарських наук, професор Білоцерківського національного аграрного університету

Дідора В.Г. – доктор сільськогосподарських наук, професор Поліського національного університету

Інноваційні технології в рослинництві: підручник / В.Д. Паламарчук, В.Ю. Кричковський, О.Д. Паламарчук, В.Е. Шуберанський. Вінниця, 2024. 765 с. (37,53 у.д.а.)

Підручник є частиною прикладного дослідження «Розробка екологоорієнтованих технологій вирощування біоенергетичних культур для забезпечення енергонезалежності та ґрунтозбереження задля формування кліматичної нейтральності» (№0124U000483), яка виконується за кошти державного бюджету

Матеріал викладений у підручнику направлений на розуміння аграрієм важливості оптимального вибору технології вирощування сільськогосподарських культур, оскільки розвиток науково-технічного прогресу забезпечує велику кількість інноваційних рішень у конкретній технології для вирішення складних завдань у досягненні програмованого рівня урожайності сільськогосподарських культур. Приведені різні моделі сучасних технологій вирощування, що відрізняються рівнем використання засобів інтенсифікації.

У підручнику охарактеризовано і систематизовано інноваційні технології вирощування сільськогосподарських культур, фактичний науково-практичний матеріал із навчальних дисциплін «Система сучасних інтенсивних технологій» та «Інноваційні технології в рослинництві». Проаналізований вплив конкретних технологій вирощування на збереження родючості ґрунту, фітоценози, урожайність та якість продукції, можливості зниження собівартості продукції за зниження виробничих витрат на застосування конкретної технології вирощування. Варто відмітити важливість характеристики сучасних технологій вирощування за рівнем біологізації та впливом на навколишнє середовище.

Розраховано на фахівців агропромислового комплексу, студентів, магістрів, аспірантів та викладачів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації.

ISBN 978-617-8406-17-2

ВНАУ, 2024

СЛОВО ВІД АВТОРІВ

В умовах сьогодення аграрна галузь є основним джерелом надходження валютних потоків до України та наповнення держбюджету. Кліматичні умови та ґрунтові відміни України досить сприятливі для вирощування більшості сільськогосподарських культур.

Потенційні рівні урожайності основних сільськогосподарських культур ще не повністю використовуються у виробництві, але для України наявність значної частки чорноземних ґрунтів та науково-обґрунтованих шляхів використання засобів інтенсифікації дозволить істотно скоротити розрив між фактичною та потенційною продуктивністю вирощуваних культур.

Сьогодні традиційні методи агроаналізу поступаються цифровим методам оцінки ґрунтово-кліматичних умов, створення систем прогнозування і шляхів регулювання розвитку рослин впродовж вегетації. Ці дані можна отримувати з більше ніж 200 супутників (а за деякими даними і 1000), які постійно знаходяться на орбіті Землі, численних типів дронів тощо. В арсеналі виробників присутні численні прилади для експрес-аналізу ґрунту, водного обміну ґрунту й рослин, стресу рослин, визначення дефіциту елементів живлення та багато іншого.

В світовій практиці нараховується більше 30 видів технологій вирощування культур, хоче ще всього декілька років тому їх було набагато менше. Наведений та узагальнений матеріал підручника сприятиме можливості істотного поліпшення умов праці в сільськогосподарському виробництві, дозволить зрозуміти інноваційну сутність сучасних технологій вирощування їх структуру та особливості впровадження, сприятиме використанню приладів та обладнання із різним рівнем впровадження штучного інтелекту.

Сподіваємось, що наведений аналіз технологій вирощування дозволить товаровиробникам істотно покращити ефективність галузі рослинництва України та підвищить конкурентоспроможність рослинницької продукції на світовому ринку.

Особливі слова подяки хочеться висловити власнику компанії Френдт (Frendt) Віталію Шуберанському та керівництву ТОВ «Органік-Д», які всесторонньо підтримували написання та підготовку даного підручника до друку, а компанія Френдт надала власні конкретні приклади впровадження елементів точного землеробства та цифрових технологій у передових господарствах України та Вінниччини зокрема.

ВСТУП

Україна, за рахунок сприятливого географічного положення, сприятливих ґрунтово-кліматичних умов, є досить потужною аграрною країною світу, для якої аграрний сектор був і залишається основним у експортній політиці. Постійно зростаюча кількість населення нашої планети вимагає збільшення виробництва продуктів харчування в умовах постійного зменшення земельних ресурсів придатних для сільськогосподарського виробництва. В цих умовах найбільш ефективним заходом вирішення проблеми забезпечення населення продовольством є впровадження новітніх технологій, які дають змогу не лише отримувати максимальну урожайність культур з відповідною якістю, але і мають високу економічну ефективність у зменшенні собівартості вирощеної продукції.

Статистика показує, що у 2022 році у світі близько 739 млн. осіб зіткнулися із проблемою голоду, в 2019 році їх кількість складала 613 млн. За даними ВООЗ у 2021 році у світі нараховували 828 мільйонів людей, які голодували, при цьому за прогнозами експертів у 2030 році кількість голодуючих може становити 670 млн. осіб.

Можливості нашої планети, щодо забезпечення людства продовольством використовуються не в повній мірі та за даними аналітиків Земля здатна без проблем прогодувати дев'ять мільярдів людей. Звичайно щоб досягти даного показника необхідно підвищувати ефективність сільськогосподарського виробництва, ефективно впроваджувати елементи інтенсифікації, біологізації та інноваційні рішення щодо ефективного використання засобів інтенсифікації.

Саме елементи інтенсифікації сучасних технологій вирощування дозволять істотно підвищити продуктивність сільськогосподарських культур наблизившись до потенційного рівня, в умовах глобалізації та зростаючого попиту на продукти харчування.

Широке використання цифрових методів у моніторингу посівів сільськогосподарських культур дозволить істотно підвищити продуктивність сучасного рослинництва України. Буквально декілька років тому було досить важко аргументувати доцільність використання вегетаційних індексів в агрономії. На разі потужні виробники ефективно використовують дані супутникового та дронного моніторингу, проводять оцінку стану посівів, одержують інформацію про стан ґрунту, рівні вологозабезпечення, кліматичні умови та багато іншого завдяки цифровим методам.

Приклад використання американськими фермерами технологій точного землеробства дозволяє їм заощаджувати від тисячі до десятків тисяч доларів залежно від розміру господарства. Впровадження сучасних технологій вигідно вже зараз, а у перспективі – невідворотно.

Сучасні цифрові методи в агрономії стають дедалі зрозумілішими для товаровиробників і технології вирощування рослинницької продукції передбачають використання нейронних мереж, штучного інтелекту, залучення представників ІТ-сфери до вирішення питань аграрного виробництва, що робить сільське господарство високотехнологічним, з високим рівнем рентабельності виробництва.

Стратегія сучасного рослинництва та землеробства включає не розширення посівних площ, а покращення їх використання шляхом застосування засобів механізації, досягнень науково-технічного прогресу, добрив, високоефективних та екологічно чистих засобів захисту рослин, штучного інтелекту (у сільськогосподарській техніці), покращення селекційної роботи з урахуванням усіх ризиків зниження продуктивності нових сортів та гібридів. Для ефективного використання, збереження і підвищення родючості ґрунту та генетичного потенціалу рослин розроблені та рекомендовані агротехнології вирощування сільськогосподарських культур, які дозволяють значно підвищити ступінь використання біокліматичного потенціалу території для зростання врожайності та якісних показників отриманої продукції.

Вдосконалюються технології, за допомогою яких досягається збільшення врожайності не завдяки зростанню використання ресурсів (добрив, вологи тощо), а навпаки, за суттєвої їх економії, високих рівнів ефективності використання. Саме цифрові технології отримання даних і управління дозволяють досягти високих стандартів у рослинництві. Нові погляди на функціонування біоценозів за впровадження цифрових технологій і штучного інтелекту – основа для підвищення урожаїв, ефективності використання ресурсів у сільському господарстві, скорочення викидів парникових газів.

Метою даного підручника є формування у фахівців розуміння цілісності та незмінності агротехнологій, чітко визначеної і науково-обґрунтованої системи взаємопов'язаних елементів, які виконують відповідні функції і завдання, спрямовані на підвищення продуктивності культур, збереження родючості ґрунтів та навколишнього природного середовища.

Світові та вітчизняні досягнення в сільськогосподарському

виробництві, сприяють вдосконаленню технологій вирощування сільськогосподарських культур. Важливою умовою інноваційних технологій є економічна ефективність від їх впровадження та собівартість, отримуваної за даними технологіями, продукції.

Звичайно, для України як потужної аграрної країни важливою умовою подальшого розвитку є збереження значної частки світового ринку аграрної продукції, оскільки саме із цим сектором економіки пов'язана можливість отримання валютних коштів на світовому ринку.

Урожайність сільськогосподарських культур за останні роки істотно підвищилась, а можливість отримати біологічну її межу стає дедалі складнішим завданням, яке вимагає глибокого розуміння послідовних шляхів регулювання елементів продуктивності (В. Д. Паламарчук, О. М. Колісник, 2022; В. В. Моргун та ін., 2022).

Для формування оптимальних моделей посіву сільськогосподарських культур у сучасних технологіях вирощування використовується великий масив даних. Саме через складність визначення численних взаємозв'язків існує необхідність розвивати системи управління біоценозами з використанням цифрових технологій і штучного інтелекту (ШІ).

Виробництво сільськогосподарських культур великою мірою залежить від родючості ґрунтів, кліматичних умов і поширення шкідників, тому вчасна інтелектуалізована діагностика стану посівів дозволить приймати обґрунтовані рішення про їх зрошення та диференційований фітосанітарний захист, що сприятиме, крім підвищення врожайності рослин, зменшенню негативного впливу на довкілля і покращенню екологічного стану (A. Robson, M. Rahman & J. Muir, 2017; J. A. Thomasson, T. Wang, X. Wang et al., 2018; Y. Cohen & V. Alchanatis, 2019).

Україна – це велика аграрна країна, зі своїми звичаями та традиціями і роль сільського господарства в економічному зростанні країни важко переоцінити. В найближчі десятиліття Україну очікують проблеми зі швидкою зміною клімату, зокрема посухи і зливні опади. В цих умовах Україна перетворилася на зону ризикованого землеробства, в якій необхідно переходити до локального (кластерного) ресурсощадного землеробства.

ЧАСТИНА I

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЙ У РОСЛИННИЦТВІ

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ІСТОРИЧНОГО РОЗВИТКУ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ПОНЯТТЯ ПРО АГРОЕКОСИСТЕМИ

1.1. Історія становлення та етапи розвитку агротехнологій

Із початком свідомого вирощування людством рослин для задоволення власних потреб розпочинається історію становлення технології вирощування сільськогосподарських культур. Фактично це припадає на період усвідомлення значення та хронологічності виконання основних технологічних операцій, які, в свою чергу, формували певну технологію вирощування.

В процесі еволюції розвитку науково-технічного прогресу, на різних етапах історичного розвитку основні напрями розвитку технологій вирощування послідовно змінювались. В епоху кам'яного віку основною проблемою виживання людини, як біологічного виду, було зниження негативної дії суворої дикої природи. Оволодівши вогнем, навчившись шліфувати й свердлити камінь, загорнувшись у шкіри диких тварин, людина не лише вижила, а й освоїла майже всі більш-менш придатні для проживання території на просторах різних континентів (Євразії, Африки, Австралії та Америки).

Ще на початку становлення кожної технології, існували свої, специфічні знаряддя виробництва, які присутні в археологічних розкопках різних періодів розвитку суспільства, зокрема і в період кам'яного віку (неоліт, мезоліт).

Знання та досвід людства з вирощування сільськогосподарських культур, нагромаджувалися поступово, на основі практики і передавалися спочатку – усно, у вигляді народного фольклору, а потім письмово (3-5 тис. років до н. е.), як агрономічні спеціальні знання.

На початку становлення, технології вирощування рослинницької продукції були примітивними. На нашу думку, **початком наукового застосування технологій**, є накопичення знань про сівозміни, роль сидеральних культур та парів. Фактично це співпадає із становленням рабовласницько-античного суспільства таких країн, як: Єгипет, Греція, Україна та ін.

Засвоївши прийоми збирання їстівних дарів природи, полювання та рибальства, людина ще 50 тисяч років тому одомашнила собаку і близько 16 тисяч років – коня (найдревніші у світі знахідки решток одомашненого коня в похованні людей знайдені в Україні, на сході Кіровоградської області). В цей період лише примітивне землеробство стає відносно надійним джерелом забезпечення людини їжею.

Вітчизняні вчені пов'язують розвиток наукових знань з технологій вирощування рослинницької продукції саме із Україною. Так, у 1893 році археолог Вікентій Хвойко відкрив під старовинним українським селом Трипілля рештки першої людської цивілізації, яку й було названо Трипільською культурою. Тобто близько 8-4 тис. років до н. є. формується на багатих чорноземних ґрунтах блискуча, передова на той період, землеробська цивілізація – **Трипільська культура**, яка була першою в світі дійсно польовою системою вирощування потрібних людині рослин. З'явившись на території нашої країни дана землеробська цивілізація поширилася і на інші території – від басейну середнього Дніпра до Дністра і частково аж на території сучасної Румунії. На той період майже одночасно з'являються центри зрошуваного землеробства в Індії, Китаї, Месопотамії, Єгипті, Колумбії, Венесуелі, Мексиці. З названих центрів землеробство поширюється на значні території. Завдяки стабільності харчування та більш сприятливим умовам життя, чисельність населення планети поступово, але невпинно зростає. Через це постійно збільшуються площі земель, які людина відвойовувала у дикої природи і перетворювала на ріллю та сільськогосподарські угіддя.

Характерним є те, що перша людська цивілізація починалася не з меча, а з плуга й сонцеподібної хлібини. Дану хліборобську культуру започаткували давні українці-першоорачі – орії. У своїх працях **Сергій Плачинда** відмічає, що 7000 років тому, ще до появи єгипетських пірамід, цю родючу та привабливу землю заселяли укри, або орії (орачі), найдавніші предки українців. Не нашим предкам хтось і звідкись приніс культуру, а навпаки, укри (давні українці) несли первісну цивілізацію на південь, північ, захід і схід, навчили інші народи орати, сіяти, ростити хліб, кувати плуги, ткати, будувати хатини й карбувати літери.

Доповнивши можливості своїх м'язів зусиллями тварин і могутністю вогню і навчившись добувати метали, особливо залізо, людина почала впевнено тіснити дику природу. На перших етапах такого процесу природа справлялася з деструктивною дією людини: руйнування природних фітоценозів відновлювала на поверхні ґрунту дикою рослинністю. Одночасно з боротьбою з дикою природою людина

накопичувала свої знання та досвід, удосконалювала прийоми проведення обробітку ґрунту і його зрошення. Уже в період існування Римської імперії були сформовані основні прийоми **сучасної агрономії**.

У таких (примітивних) технологіях вирощування сільськогосподарських культур, особливу роль відводилась ручній праці та використанню кінної тягової сили. Як зазначає видатний історик Юрій Канигін, уже в шостому тисячолітті до нашої ери високий рівень розвитку землеробства був притаманний для земель Аратти (Припонтіда), тобто території сучасної України. Тут аріями (від слова ар (санскр.) – земля, ґрунт) була сформована перша хліборобська цивілізація. У аналогічний період єгиптяни закуповували зерно пшениці в наших пращурів.

До початку XX століття дерев'яний плуг уступив своє місце залізному, парокінні плуги перевертали орний шар на глибину від 10 до 15 см. В середині XX ст. на полях почали з'являтися швидкісні трактори та зернозбиральні комбайни, що забезпечило інтенсивний розвиток сільського господарства. З того часу ґрунт переорюється на різну глибину (навіть більше 30 см).

З розвитком матеріальної бази технологій вирощування сільськогосподарських культур, вплив людини на природу невідомо зростає. Зокрема, на початку другого тисячоліття нової ери територія Західної та Центральної Європи на 80 % була вкрита переважно листяними й мішаними лісами. Нині, навіть після проведення великомасштабних лісових насаджень наприкінці XIX і у XX століттях, площа лісів на тій самій території складає лише 30 %. Енергоозброєність людини в останнє століття зросла в сотні разів, її доповнюють можливості техніки, хімії та значні знання. У багатьох регіонах планети дика природа і освоєні людиною території помінялися ролями. З невеликих островців, де в минулому було знищено дику рослинність, тепер розрослась і стала домінуючою рілля, а дика природа залишилася тільки на окремих невеличких масивах. В Україні сьогодні більш як 68 % території перетворено на орні землі.

Збільшення потреби у продовольстві під час **мануфактурного капіталізму**, який зумовив зростання чисельності міського населення та сировини для фабрик і заводів, сприяло удосконаленню технологій вирощування культур та появі великої кількості наукових і науково-практичних праць.

Наступний етап розвитку сучасних технологій вирощування можна ототожнити із початком «зеленої революції», яка відбулась у 1990-х

роках. У даний період технології вирощування рослинницької продукції враховували досягнення генетики, землеробства, біології, селекції, молекулярної та генної інженерії. Саме в цей період активно пропагуються **інтенсивні технології** вирощування сільськогосподарських культур.

Розвиток сучасних технологій у ХХ столітті сприяв різкому зростанню виробництва продуктів харчування, але паралельно із цим перетворив аграрну галузь в основне джерело забруднення навколишнього природного середовища.

Починаючи із ХХ століття можна виділити **наступні етапи** удосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Перший етап 1900-1950 рр., який характеризується появою тракторів і завдяки механізації процесів вирощування, вдалося повністю виключити важку ручну працю, особливо в період збирання врожаю. Рівень виробництва сільськогосподарської продукції низький достатній лише для забезпечення сімейних потреб. Для значної кількості сільськогосподарських культур були створені індустріальні технології вирощування. До негативних сторін даного етапу відноситься надмірне ущільнення ґрунту важкими агрегатами.

Другий етап (1950-1960 рр.) удосконалення технологій вирощування характеризувався зростанням обсягів мінеральних добрив та пестицидів, що забезпечило зростання урожайності на 30-60 % та дало змогу перейти до інтенсивного виробництва сільськогосподарської продукції. За допомогою виготовлених у промисловий спосіб агрохімікатів підтримувався баланс поживних речовин ґрунтів. Спостерігається поліпшення якості насіння.

В **третій етап** (1960-1990 рр.) поряд із мінеральними добривами почали інтенсивно використовувати пестициди, завдяки яким почали захищати посіви культурних рослин від бур'янів, хвороб, шкідників, вилягання тощо, що сприяло значній прибавці врожаю. Зокрема, якщо в 1900-1930 рр. урожайність зернових в Європі становила лише 2,0 т/га, то в 1970-1980 рр. вона досягала 6,0-7,0 т/га. На початку 80-х років такі технології дістали назву «**інтенсивні**».

Четвертий етап (1990-2010 рр.) відбувається інтенсивний розвиток сільського господарства у Світі, з'являються технології вирощування рослинницької продукції, які передбачають використання елементів точного землеробства, застосування автопілотів, моніторингу врожайності, диференційоване внесення добрив та ЗЗР, посів, управління на основі використання баз даних.

П'ятий етап (2010-ті рр. і фактично до сьогоднішнього часу) відбувається діджиталізація землеробства, з'являються цифрові технології в рослинництві, активно розвивається FARM-менеджмент, відбувається аналіз даних у реальному часі, активно надаються послуги з доданою вартістю, обґрунтовується оптимізація використання ресурсів у технологіях вирощування.

Інтенсивні технології не лише забезпечують найбільший рівень урожайності, але й характеризуються найвищим рівнем внесення мінеральних добрив і пестицидів. Але необхідно відмітити, що потенціал сучасних інтенсивних технологій на значних площах, особливо в країнах Західної Європи, майже повністю реалізований. Більше того, вони досягли **критичних меж у таких напрямках**:

екологічному – забруднення природного середовища, продукції і пригнічення механізмів саморегуляції;

енергетичному – надмірне зростання затрат непоновлюваної енергії на кожну додаткову одиницю продукції;

продукційному (урожайному) – подальше збільшення доз азотних добрив, пестицидів тощо призводить до пригнічення росту культурних рослин і ґрунтових організмів, знижує стійкість агрофітоценозів до стресів, для деяких культур досягнуто максимуму врожайності.

Виробництво та широке використання мінеральних добрив і пестицидів забезпечило різкі зміни у традиційних технологіях, що відобразилися у порушенні сівозмін та відмові від органічних добрив. Інтенсивні технології створили проблему забруднення довкілля і продукції залишками агрохімікатів. Таким чином, зростання врожайності за рахунок удосконалення технології у кінці XX століття супроводжувалося виникненням проблем екологічного характеру.

В останні десятиліття в світі та Україні все більшого поширення набувають раціональні технології вирощування, що ґрунтуються на зміні системи основного обробітку ґрунту, зокрема **пряма сівба сільськогосподарських культур** без будь-якого механічного обробітку ґрунту, за винятком формування не глибоких борозенок (щілин) для висіву насіння. Цей спосіб має ще назву **нульового обробітку ґрунту**. Відмовитись від оранки і ефективно контролювати бур'янисту рослинність дозволяє великий асортимент гербіцидів. Ефективність таких технологій вирощування зростає за використання науково-обґрунтованих систем сівозмін.

Останні 20-30 років у світовій та вітчизняній агрономії спостерігаються кардинальні зміни у технологіях вирощування

сільськогосподарських культур. В цей період з'являється значна кількість технологічних схем вирощування сільськогосподарських культур: інтегровані, МХ, нанотехнології, адаптивні та адаптовані, енерго- та ресурсоощадні, екологічно чисті, ЕМ-технології (використання корисних мікроорганізмів та мікробіологічних добрив) та ін., в яких обмежується або взагалі не допускається застосування агрохімікатів, через те що прогресуюча інтенсифікація є чужорідною для живої природи.

Такі технології вирощування будуються на основі екологізації і біологізації інтенсифікаційних процесів. **Біологізація** – максимальне узгодження технології з біологічними потребами культури і сорту, за рахунок створення оптимальних умов для розвитку саме культурної рослини. Такі технології вирощування включають в себе, з однієї сторони – застосування науково-обґрунтованих систем сівозмін, удобрення, з іншої – використання для удобрення: органіки, рослинних решток, сидератів, соломи тощо; поліпшення засвоєння азоту завдяки вирощування бобових культур; повну або часткову відмову від застосування агрохімікатів (синтетичного походження).

Також протягом останніх років активно впроваджуються цифрові технології вирощування (точне землеробство), що ґрунтуються на зондуванні Землі, вивченні процесів які відбуваються на її поверхні, оцінці властивостей об'єктів які знаходяться на поверхні Землі за допомогою повітряних літальних апаратів або штучних супутників Землі.

Отже, ми маємо сьогодні два можливі шляхи розвитку агротехнологій: **інтенсифікація** та **біологізація**.

Основною умовою цих напрямків є зменшення витрат і собівартості продукції. Тому, необхідно в сучасних агроформуваннях поєднувати ці два напрямки і проектувати інтенсивні технології на основі максимального використання адаптивних властивостей сортів та гібридів з врахуванням природно-кліматичних умов. Модель технології визначатиме напрямок наукових досліджень, потребу експериментального обґрунтування окремих елементів технології, їх актуальність.

Розвиток інновацій сільськогосподарських підприємств може здійснюватися, передусім, через взаємодію із зовнішнім та внутрішнім середовищами діяльності товаровиробників. В умовах нестабільного зовнішнього середовища (економічна, політична нестабільність, несприятливий інвестиційний клімат, недосконала фінансово-кредитна

система) інноваційний розвиток відбувається переважно на економічно стійких підприємствах завдяки власним фінансовим можливостям. Впровадження інновацій та залучення інвестицій дозволяють одержувати додаткову віддачу від основних засобів за рахунок збільшення виробництва, вирішувати проблеми соціального розвитку суспільства, створювати та відновлювати інфраструктуру.

Виходячи із цього в Україні мають паралельно розвиватися і вдосконалюватися інтенсивні технології, як найбільш урожайні й прибуткові та біологічні технології, які дають високовартісну екологічно чисту сільськогосподарську продукцію.

1.2. Інноваційна діяльність в галузі рослинництва, актуальні напрями та показники ефективності впровадження

Аграрна галузь і, зокрема **рослинництво**, є важливою складовою економіки України: наша країна є провідним світовим виробником і експортером зерна. За даними міжнародних аналітиків Україна посідає лідерські місця у вирощуванні зернових культур у світі: 6 місце за обсягами вирощуванню пшениці, 7 місце – кукурудзи та 8 місце – сої.

Висока концентрація земель у агрохолдингах України, теоретично, має сприяти розвитку інновацій в аграрному секторі, адже саме великий бізнес володіє необхідними фінансованими ресурсами і компетенціями, необхідними для впровадження сучасної техніки та технологій.

В свою чергу високий потенціал ефективності впровадження інновацій для кожного українського товаровиробника є фактором, який міг би компенсувати нестачу тієї державної фінансової підтримки, яку отримують в Європі виробники, що застосовують прогресивні технології вирощування та техніку.

Досить часто родючі ґрунти, сприятливі кліматичні умови, знання та багаторічний досвід роботи у вітчизняних умовах, а разом з тим і низький рівень заробітної плати в аграрній галузі не завжди спонукають власників впроваджувати інновації. Однак **ціни** на паливно-мастильні матеріали невпинно зростають, так само дорожчають і добрива, пестициди та гербіциди без яких сучасне сільське господарство не буде неефективним (за винятком органічного землеробства, де існують дещо інші фактори конкурентоспроможності).

Підвищувати операційну ефективність агробізнесу можна за рахунок контролю агротехнічного стану посіву та науково-обґрунтованого використання засобів захисту рослин і добрив,

обмеження розкрадання паливно-мастильних матеріалів за допомогою сучасної цифрової техніки, інтегрованої з супутниковим спостереженням, використання супутникового моніторингу для підтримки ухвалення рішень, пов'язаних із сівозміною.

Сучасні програми обліку витрат, що застосовуються в основних галузях аграрної економіки, ґрунтуються на узагальненні витрат за технологічними процесами, пов'язаними з етапами виконання робіт з виробництва продукції. Тому використання відповідного програмного забезпечення (ПЗ) дозволить оптимізувати складний облік, фіксацію та аналіз витрат. Наприклад універсальна система обліку (https://usu.kz/optimizatsia_selskogo_hozyaystva.php) дозволяє:

1) відстежувати врожайність сільськогосподарських культур та основні напрями витрат; 2) здійснювати аналіз і підрахунок прибутку після реалізації вирощеної продукції; 3) ефективно вести облік у фермерських господарствах, зокрема облік засіяних полів;

забезпечувати повну звітність у всіх важливих напрямках, а також оптимізацію процесів виробництва.

Інновації в рослинництві – це можливість підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарського підприємства та забезпечення перспектив подальшого розвитку і лідерства на світовому ринку, за рахунок підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, якості отриманої продукції, зменшення затрат на вирощування, ефективного контролю використання засобів інтенсифікації, моніторингу стану посівів на різних етапах росту розвитку і т.д.

Головними критеріями для вибору інновацій є якісні параметри ресурсів, а саме: продуктивність праці, фондівіддача та вартість валової продукції рослинництва в розрахунку на одиницю площі.

Аналізуючи особливості інновації варто відмітити перелік проблем, які має подолати аграрний сектор на шляху до інноваційного розвитку (Я. М. Гадзало, А. В. Балян, В. А. Вергунов, 2018).

Однак невирішеним на сьогодні питанням є змістовне наповнення нової стратегії розвитку агропромислового комплексу України в частині системного викладення інновацій, потрібних і затребуваних на сільгосппідприємствах України.

Створення системи – класифікації актуальних інновацій на основі останніх наукових публікацій, даних статистики та офіційної інформації з сайтів українських агровиробників може бути корисним для постановки цілей **інноваційного розвитку** на рівні підприємства, а також для подальшого контролю їх досягнення.

Діяльність агропідприємств – це не лише вирощування рослинницької продукції, а й сучасна організація та інформаційне забезпечення господарської діяльності.

1. Класифікація інновацій в рослинництві (з врахуванням актуальних потреб українських сільгоспвиробників)

Група / вид інновацій	Напрямки інновацій
Техніко–технологічні:	
Технічні	- оновлення автопарку на техніку не старше 10 років; - використання багатоопераційних машин; - обладнання всієї техніки комп'ютеризованою системою управління; - використання широкозахватної техніки.
Технологічні	- використання ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту; - введення енергозберігаючих технологій; - застосування інтеграційних технологій боротьби з шкідниками, хворобами та бур'янами; - біологізація землеробства.
Хімічні	- створення препаратів для якісної підготовки насіння до сівби; - розробка комбінованих добрив.
Біологічні	- виведення стійких до хвороб та шкідників сортів та гібридів; - створення високоврожайних сортів та гібридів; - гуміфікація ґрунту (підвищення вмісту гумусу).
Організаційно-економічні:	
Економічні	- удосконалення норм виробітку; - розробка ефективних реалізаційних (збутових) каналів; - розробка технологічних карт; - вихід на нові сегменти ринку.
Фінансові	- залучення нових інвестицій; - торгівля на світовій біржі.
Регуляторні	- державне та законодавче регулювання галузі; - пільги та кредити від держави; - створення інфраструктури для розвитку інновацій в рослинництві.
Соціально-управлінські:	
Соціальні	- використання альтернативних джерел енергії; - зменшення використання хімічних добрив; - удосконалення форм оплати праці; - удосконалення режимів роботи та відпочинку працівників.
Управлінські	- удосконалення засобів мотивації персоналу; - розробка стратегії управління відповідно до специфіки галузі.
Інформаційні:	
Контрольні	- обладнання транспортних засобів GPS; - використання квадрокоптерів для спостереження за посівами; - використання карткової пропускну системи.
Виробничі	- використання геоінформаційних систем;

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - автоматизація контролю витрат ресурсів; - автоматизація перевірки зерна в лабораторії. |
|---|

Техніко-технологічні інновації в рослинництві об'єднують всі новації, пов'язані з основним видом діяльності – вирощуванням рослинницької продукції, та включають в себе біологічні, хімічні, технічні та технологічні інновації.

До біологічних, в першу чергу, належать селекційно-генетичні інновації: які спрямовані на підвищення продуктивності рослин та якості продукції, за рахунок більш раціонального використання ґрунтових та кліматичних ресурсів. Впровадження нових сортів та гібридів у рослинництві забезпечує інтенсивний розвиток галузі, а підвищена стійкість нових сортів та гібридів до хвороб і шкідників істотно знижує потребу застосування засобів захисту (пестицидів), а отже і небезпеку забруднення ними навколишнього природного середовища.

Хімічні інновації спрямовані на розробку й використання найменш шкідливих для навколишнього середовища добрив, підвищення врожайності рослин, а також пестицидів для боротьби з бур'янистою рослинністю та шкідниками. В цілому сучасні препарати для захисту посівів мають мати мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище, ґрунтові та водні ресурси.

Технічні та технологічні інновації досить часто є пов'язаними, адже введення нових технологій вирощування зазвичай потребує нової техніки. Технологічні інновації як правило спрямовані на зменшення виробничих витрат та підвищення якості отриманої продукції. А технічні, в свою чергу, спрямовані на використання нових машин, механізмів, проведення автоматизації у галузі рослинництва, впровадження нових джерел енергії, що вказує на їх нерозривний зв'язок з технологічними інноваціями.

Організаційно-економічні інновації передбачають впровадження нових організаційних механізмів для виробництва, переробки, зберігання та реалізації продукції, нових методів залучення фінансування та удосконалення управління підприємством. А держава, в свою чергу, має здійснювати правову та фінансову підтримку підприємств, що розвиваються за інноваційним вектором.

Соціально-управлінські інновації перш за все пов'язані з політикою соціальної відповідальності: підприємства мають створювати комфортні умови праці для своїх співробітників та нести

відповідальність за свою діяльність перед споживачами, за рахунок нових методів управління персоналом, розробки методів мотивації та прогресивних способів розрахунку заробітної плати.

Інформаційні інновації пов'язані з впровадженням новітніх підходів щодо забезпечення аграрних підприємств необхідною інформацією про актуальний стан посівів, рух транспортних засобів, діяльність робітників тощо. Дані інновації в еру діджиталізації дають підприємству нові можливості контролювати, оптимізувати та удосконалювати власні бізнес-процеси.

У групі **техніко-технологічних інновацій** доцільно акцентувати увагу на необхідності оновлення автопарку господарств на техніку не старше 10 років. Проблема застарілої техніки існує на всіх підприємствах у галузі рослинництва в Україні. Наприклад станом на 2017 рік аграрні підприємства налічували 129 тис. тракторів, за технологічної потреби більш ніж 400 тис.; 37 тис. зернозбиральних комбайнів, за потреби – 80 тис. од.; 49 тис. плугів, за технологічної потреби 151 тис. од.; 70 тис. культиваторів, за технологічної потреби 210 тис. од.; 66 тис. зернових сівалок, за технологічної потреби 102 тис. од.. Така ж ситуація і з іншою сільськогосподарською технікою. До того ж із зазначеної техніки понад 80% відпрацювали свої амортизаційні строки. Отже, існує нагальна потреба негайної заміни застарілої техніки новою, що дасть змогу збільшити швидкість та якість обробітку ґрунту, посіву та збору врожаю (Т. П. Фесун, 2022).

Серед актуальних для України технологічних інновацій доцільно виокремити необхідність застосування **ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту**. Дані технології можуть поєднати в собі підвищення ефективності виробництва з ощадливим використанням родючості ґрунту. В Європі дані технології застосовують давно, і серед **найбільших переваг** зазначаються такі:

- покращення якості ґрунту та відновлення його водного режиму;
- зменшення матеріальних витрат та економія на оплаті праці;
- збільшення врожайності з менших площ.

Найбільш поширеними ресурсозберігаючими **технологіями обробітку ґрунту** є: «No-Till», «Mini-till» та «Strip-till».

Нагально необхідними для вітчизняних підприємств **економічними інноваціями** є удосконалення норм виробітку основних робітників й регламентація основних бізнес-процесів, особливо це має стосуватися роботи техніки та водіїв. Адже на нормативно-законодавчому рівні України не визначено норми виробітку для водіїв сільськогосподарської

техніки, тому цим користуються підприємства і змушують працювати ледь не цілодобово, що шкодить як здоров'ю працівників, так і техніці.

За програмою «Нова Енергетична стратегія України до 2035 року: безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» частка альтернативної енергетики в 2025 році вже має скласти 13 %, проте в 2018 році вона складала лише 6 %. Через це, щоб досягти таких результатів, підприємствам у галузі рослинництва доведеться змінювати підходи до енергозабезпечення, на основі скорочення витрат на електроенергію та паливо.

Конкурентоспроможність в цифровій економіці визначається **рівнем діджиталізації** бізнес-процесів та вмінням підприємства збирати, обробляти та використовувати необхідну інформацію.

В сільському господарстві одним з новітніх засобів контролю є GPS (**Global Positioning System**) – система навігації, яка являє собою управління сільськогосподарською технікою за допомогою супутникової системи, що забезпечує вимір відстані, часу та визначає місце розташування техніки. Ця система використовує засоби супутникової навігації для визначення поточного положення сільськогосподарської техніки. Така технологія є досить актуальною саме в Україні, адже досить часто працівники спекулюють неуважністю роботодавців та використовують техніку у власних потребах, нерідко трапляються крадіжки пального. І саме ця технологія дає можливість контролю не лише техніку, а й дії працівників.

Іншою інновацією, яка має потенціал широкого запровадження в нашій країні, є **використання квадрокоптерів** для моніторингу посівних площ. В Україні є підприємства які володіють величезними земельними банками – понад 550 тис. га у володінні одного з великих агрохолдингів. Звичайно, контролювати всі посівні площі такого підприємства досить складно. Квадрокоптери дозволять здійснювати моніторинг посівів, проводити аналіз забур'яненості та визначати густоту посівів. Така інновація дозволить скоротити потреби в працівниках та витрати на добрива.

На підставі географічних карт стану полів, сформованих на основі відеокамер, розміщених на супутниках і дронах, в автоматизованому режимі визначаються області, які потребують внесення добрив. Можливо також визначити потреби окремих ділянок у внесенні різних доз добрив.

Застосування методів багатокритеріальної оптимізації сприяє визначенню науково-обґрунтованих компромісних рішень завдань на

всіх етапах застосування математичних методів. Особливо для ситуацій оптимізації логістичних потоків в умовах обмежених ресурсів (А. Ф. Voloshin, G. N. Gnatenko, E. V. Drobot, 2003). Наприклад, визначити оптимальні шляхи руху техніки для дозованого і достатнього внесення добрив для оптимізації врожайності полів, тобто забезпечити вибірково підтримку рослинам залежно від зон високої, середньої чи низької врожайності.

На основі аероекологічних досліджень здійснюється прогнозування врожайності на полях. Визначивши щільність культур на окремих ділянках або зонах дослідження, можна зробити вірогідну інтегральну оцінку потенційної урожайності. На основі якісних оцінок можна проводити управлінський облік та забезпечувати прийняття рішень високого рівня в управлінні вирощуванням, збиранням і збутом агрокультур.

Маючи прогнозовану інформацію про стан стиглості культур, прогнозовану врожайність і географічне розташування ділянок агрокультур різного стану якості, можна вирішувати оптимізаційне завдання компромісного задіяння ресурсів системи, транспортної логістики, витрат на збиральну кампанію тощо.

Моделі прогнозування, дозволяють з високою вірогідністю розраховувати оцінки зміни вегетації з урахуванням ризиків поширення хвороб та шкідників у визначених зонах інтересів. В цих умовах існує можливість вибору користувачем критеріїв якості досліджуваного поля, на основі яких передбачається оптимізувати врожайність.

Розроблено методологію планування координат і аналізу світлин, отриманих з дронів і наземних датчиків у поєднанні із супутниковими знімками. Для аналізу фотографій використовують відкрите програмне забезпечення QGIS та програмні засоби мовою програмування Python.

Сучасний стан кліматичних умов вимагає розвитку технологій регіонального землеробства, а глобальне потепління вимагає нових технологій зрошування.

Перспективний інструмент аероекологічного й геологічного аналізу полів – застосування методів нечіткої логіки та інших методів м'яких обчислень (А. Ф. Voloshin, G. N. Gnatenko, E. V. Drobot, 2003; Н. М. Hnatienco, V. Y. Snytyuk, O. O. Suprun, 2018).

Практична цінність застосування інтелектуальних технологій при моніторингу стану сільськогосподарських посівів полягає в тому, що створюються сприятливі умови для вчасного коригування тактики застосування агротехнологічних інструментів і в такий спосіб

збільшення врожаїв.

Аналіз літературних джерел підтвердив існування великої кількості підходів до оцінки інновацій. У загальному вигляді систему існуючих в аграрній науці підходів до оцінки інновацій можна уявити як сукупність кількісних і якісних методів. **Кількісні методи** (або методи дослідження операцій) застосовують, коли фактори, що впливають на вибір рішення, можна кількісно визначити та оцінити. **Якісні методи** використовують тоді, коли фактори, що визначають прийняття рішення, не можна кількісно охарактеризувати або вони взагалі не піддаються кількісному вимірюванню. До якісних методів належать, в основному, експертні методи.

1.3. Польові культури, як екологічні системи у сучасних технологіях вирощування

В історичному напрямі технології вирощування, як ми бачимо, зазнали суттєвих змін у міру розвитку людства та передбачають істотну кількість інновацій. Але, як і раніше так і зараз, основою будь-якої технології є рослина на яку діють чинники життя, що регулюються елементами цієї ж технології.

Первісні (примітивні) і сучасні технології істотно відрізняються величиною антропогенного впливу на рослину та фітоценоз. Сільськогосподарські культури формують рослинну продукцію для використання людиною і знаходяться під впливом навколишнього природного середовища, частиною якого є спосіб господарювання. Тому їх можна вважати екологічними системами, в яких людина – це не лише суттєва керуюча сила, в даному випадку вона необхідна для існування цієї системи.

Характер використання людиною сільськогосподарських культур передбачає використання основної та побічної продукції. Рослини в процесі фотосинтетичної діяльності створюють відповідну енергію у вигляді органічної речовини, значна частина якої виноситься з урожаєм, а інша частина повертається в ґрунт у вигляді рослинних решток. Природні фітоценози утворюються без впливу людини і, як правило, розвиваються у зворотному напрямі. Вони забезпечують більший запас біомаси, але з низькою часткою корисної для людини продукції від загальної її кількості.

Виходячи із цього можна зрозуміти, що агроєкосистеми це сукупність окремих компонентів біорізноманіття території, які

контролюються людиною. В історичному плані розвиток **агроекосистем** включав наступні **етапи**:

- землеробство з попереднім спалюванням рослинності і видаленням залишків рослин (пеньків);
- створення недосконалих людських товариств;
- екстенсивне розведення тварин з пасовищним утриманням;
- змішане землеробство з розвинутим рослинництвом і тваринництвом і відносно збалансованим кругообігом речовин та енергії;
- екстенсивне рільництво без використання добрив, або внесення мінімальної їх кількості;
- інтенсивне сільськогосподарське виробництво у відкритих системах за умови постійного надходження зовнішньої енергії.

Такий розвиток сприяв зміні характеру і структури сільськогосподарського виробництва. На останніх двох етапах частиною агроекосистеми вважаються посіви культур сівозміни, які разом з природними кормовими угіддями дають основну продукцію.

Агроекосистема істотно не відрізняється від інших екосистем впливом основних чинників, хоча лише силою впливу антропогенного фактору. В цієї системи різко обмежені принципи саморегуляції, в той же час представлений всебічний контроль людини за елементами даної системи. До основних **компонентів агроекосистеми** відносяться:

- зовнішнє середовище і його вплив;
- продуценти у вигляді польових культур і бур'янів;
- прямі споживачі (людина, тварини, шкідники, збудники хвороб);
- редуценти (грунтова мікрофлора, мікро- та мезофауна).

Всі ці компоненти пов'язані між собою у харчових ланцюгах (трофічних зв'язках). Для сільськогосподарських культур характерна невелика кількість внутрішніх зв'язків. Вони формують таку систему, в якій накопичення продукції перевищує її розпад, а в загальній кількості біомаси перевищують корисні для людини продукти.

Інтенсивність розвитку агроекосистем польових культур і їх продуктивність залежать від спожитої енергії двох видів — сонячної та додаткової, яка необхідна для максимального використання сонячної радіації.

Важливою умовою реалізації сучасної технології є знання залежності між рослинами і факторами зовнішнього середовища та повне використання виявлених закономірностей в екосистемі.

Питання для самоконтролю:

1. Роль України в історичному становленні технологій вирощування.
2. Історія розвитку технологій вирощування у рослинництві.
3. Примітивні (первісні) технології вирощування польових культур. Трипільська цивілізація.
4. Значення «зеленої революції» у становленні технологій.
5. Розвиток технологій вирощування у XX ст. Етапи удосконалення технологій.
6. Значення «інтенсифікації» та «біологізації» у становленні сучасних технологій вирощування рослинницької продукції.
7. Використання історичного досвіду у формуванні сучасних підходів вибору технології вирощування сільськогосподарських культур.
8. Напрями інноваційної діяльності в рослинництві
9. Техніко-технологічні та організаційно-економічні інновації.
10. Соціально-управлінські та інформаційні інновації.
11. Поняття про агроєкосистеми та їх характеристика.
12. Етапи розвитку агроєкосистем.
13. Компоненти агроєкосистем та трофічні зв'язки.

РОЗДІЛ 2. БІОТИЧНИЙ ТА АБІОТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЙОГО РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ

2.1. Характеристика та класифікація факторів життя рослин

Життєдіяльність рослин обумовлюється умовами природного навколишнього середовища, в якому вона відбувається. Для утворення органічної речовини, в якій акумульована сонячна енергія, необхідна для підтримання життєдіяльності усіх живих організмів, рослини повинні забезпечуватися певними речовинами і потоками енергії, що називаються *факторами життя*. Це – повітря, вода, поживні речовини, які називаються *земними або матеріальними факторами* (регульовані), та світло і тепло – *космічні або кліматичні фактори* (нерегульовані) (рис. 1).



Рис. 1. Характеристика взаємодії факторів життя рослин

Земні фактори використовуються рослинами як матеріальні чинники для створення біомаси, а *космічні* – для забезпечення процесів життєдіяльності рослинних організмів, унаслідок яких і створюється вся біомаса, зокрема продукція (урожай), яка необхідна людям.

З екологічної точки зору **фактори** діляються на дві основні **групи**:

1) ресурси, які безпосередньо використовуються рослиною (сонячна енергія, вода, елементи мінерального живлення, вуглекислий газ і кисень повітря та ін.);

2) умови, які впливають на життєдіяльність рослин, такі як кількість і розподіл атмосферних опадів, тепло (температура повітря і ґрунту), роза вітрів, гранулометричний склад ґрунту, його кислотність та ін.

На виробництві та в агрономічній практиці ресурси і умови часто об'єднують у загальному понятті **агрокліматичні ресурси**.

Увесь комплекс елементів клімату залежно від рівня його прояву істотно впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських культур. Існують теоретичні та розрахункові рівні врожаїв, що забезпечуються належними ресурсами вологи, тепла, ККД фотосинтезу та родючості ґрунтів, в яких розвиваються конкретні культури. За такими показниками визначають **біокліматичний потенціал**, тобто кліматичне забезпечення врожаю. Біокліматичний потенціал місцевості здатний формувати високий рівень продуктивності сільськогосподарських культур.

Варто відмітити і існування іншого підходу до класифікації екологічних факторів, який ґрунтується на їхній природі. Відповідно із якою фактори діляються на такі групи:

1) **погодно-кліматичні (абіотичні)**, куди, як правило, відноситься комплекс атмосферних впливів – волога, включаючи кількість і час опадів, температура, сонячна енергія та ін.;

2) **едафічні**, які об'єднують усі екологічні впливи на рослину через ґрунт, це вміст у ґрунті мінеральних речовин і гумусу, його вологість, аерація, кислотність тощо;

3) **біотичні**, які пов'язані з впливом на рослину інших організмів, зокрема для рослини такий вплив може бути вигідним (наприклад, діяльність комах запилювачів) або шкідливим (діяльність фітофагів; конкуренція за світло, воду і мінеральні сполуки з бур'янами та ін.).

2.2. Земельні ресурси та їх раціональне використання в сучасних агротехнологіях

Земля є предметом природи і лише в процесі виробничої діяльності стає засобом виробництва, в той час коли інші засоби виробництва є результатом людської праці. Обмеженість розмірів землі, неможливість її переміщення у просторі, заміни іншими засобами виробництва

вимагає особливого підходу до управління, використання і організації території.

Площа землі є обмеженою розмірами нашої планети та складає близько 29,2 % або 149,1 млн. км², тоді як Світовий океан займає 70,8 % або 361,1 млн. км². Радіус планети Земля складає 6371 км. Просторова обмеженість землі – це складна величина, яка виходить за межі фізичних показників. Врахування екологічних, агротехнічних, соціально-економічних, організаційно-управлінських та соціокультурних факторів є необхідним для оптимального використання земельних ресурсів та забезпечення стійкого розвитку сільського господарства. Цей комплексний підхід дозволяє не лише максимізувати врожайність, але й підтримувати здоров'я агроecosистем та економічну стабільність аграрного сектору. На відміну від інших засобів виробництва землю неможливо перемістити або відтворити. Вона є нічим не замінним і має відповідні просторові форми.

Функціональні особливості, такі як матеріальної основи добробуту людей, територіального базису для розміщення продуктивних сил, розселення людей, головного засобу виробництва в сільському господарстві, підкреслюють важливість землі не лише як фізичного ресурсу, але й як стратегічного елемента в економічній, соціальній та екологічній сферах. Тому ефективне і раціональне використання земельних ресурсів є ключовим завданням для забезпечення сталого розвитку і добробуту суспільства кожної країни Світу.

Земельні ресурси – це складне і багатогранне поняття, що охоплює різноманітні природні та соціальні аспекти. Вони можуть бути визначені як природно-соціальне утворення, яке характеризується такими ознаками просторового та інтегрального ресурсу, як: просторові показники, рельєф, надра, води, ґрунтовий покрив, рослинність, інша біота, а також є об'єктом господарської діяльності і розселення та визначають екологічні умови життя людей

Земельні ресурси мають особливе значення для життя і виробничої діяльності людини завдяки своїм продуктивним властивостям. Зокрема, земля з її надрами, родючими ґрунтами, лісами, ріками, поверхневими і підземними водами є природною першоосновою, що забезпечує всі необхідні умови для сільського господарства, будівництва, видобутку корисних копалин і багатьох інших сфер людської діяльності. Земля відіграє ключову роль у підтриманні екологічного балансу, забезпечуючи середовище існування для рослин і тварин, а також служить джерелом багатьох природних ресурсів та продуктів

харчування, необхідних для економічного розвитку та благополуччя суспільства.

Земельні ресурси можна класифікувати за типом доходу, який вони приносять, тобто приносять безперервний *прямий річний дохід* (сільськогосподарські угіддя, землі в межах населених пунктів тощо), інші – безперервний *непрямий дохід* (землі природоохоронного призначення), окрема група земельних ресурсів генерує дохід *протягом певного часу* (мінерально-сировинні земельні ресурси). Кожна з цих груп земельних ресурсів має свою специфіку управління та використання, що повинно враховуватись для розробки економічних стратегій та планів розвитку територій.

Земельні ресурси відіграють важливу роль у реальному природному і соціальному житті населення держави. Вони є універсальною категорією, яка охоплює різні аспекти як природного, так і соціально-економічного характеру та включають в себе землі, які використовуються для сільського господарства, будівництва, лісівництва, рекреації, промислових потреб та інших цілей.

В системі економічних відносин земельні ресурси є фундаментом економіки, і земля розглядається як один із чотирьох основних факторів виробництва поряд із працею, капіталом і управлінням.

Характер використання земельних ресурсів значною мірою залежить від як природних (рельєф, клімат, географічне положення, природні ресурси тощо), так і соціальних умов (розміщення продуктивних сил, культурні фактори, інфраструктура, населення, економічні умови, технології тощо). Ці чинники визначають, які види діяльності можна ефективно здійснювати на тій або іншій ділянці землі.

В межах Європейського континенту за географічним положенням Україна розташована в південно-східній частині Європи. Вона має кордони з Молдовою і Румунією на півдні, Угорщиною, Словаччиною і Польщею на заході, Республікою Білорусь і Російською Федерацією на півночі і сході.

Згідно даних Держстату населення України станом на 1 січня 2000 року становило 49,3 мільйона осіб, а в 2022 – 41,1673 млн. осіб, що на 421,0 тис. осіб менше в порівнянні із 2021 роком до військової агресії росії проти України (без врахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополя). (<https://stat.gov.ua/uk/publications/demohrafichna-sytuatsiya-u-2021>)

За територією (603,7 км² або 5,6% території Європи) і населенням Україна є однією з найбільших країн Європи: частка її території є

більшою від Франції (543,9 км²), Іспанії (505 км²), Польщі (313 км²), в той час як її населення є меншим, ніж в Німеччині (82,8 млн. чол.), Великобританії (59,1 млн. чол.), Франції (58,8 млн. чол.), Італії (57,7 млн. чол.). Територія України знаходиться відразу в декількох кліматичних зонах, в її межах є багато річок, південне побережжя омиває одночасно два моря: Азовське та Чорне. Довжина кордону України із заходу на схід становить біля 1320 км, а з півночі на південь – біля 893 км.

Враховуючи це, варто відмітити, що земельні ресурси відіграють критичну роль у забезпеченні продовольчої безпеки суспільства за їх використання формується 95-97 % обсягу продовольчого фонду та 2/3 фонду товарів споживання.

Частка земельних ресурсів у складі продуктивних сил України знаходиться на рівні понад 40 %, що свідчить про важливість аграрного сектору в економіці країни. У ресурсній забезпеченості соціально-економічного розвитку України земля становить 40-44 %, виробничих фондів та 20-21 % – оборотних засобів, 38-39 % – трудових ресурсів.

На території України, за різними даними науковців, знаходиться від 6,7 до 8,0 % чорноземних ґрунтів світу, або 26 млн. 566 тис. га чорноземних ґрунтів, тобто 44 % від загальної площі нашої держави. Місткість територіального простору України за біокліматичним потенціалом для нормального життя складає 250-300 млн. чол.

Дійсно, наявність значного **земельноресурсного потенціалу** є важливим чинником економічного розвитку України, до якого належить зручне географічне та геополітичне місце-розташування території, сприятливі кліматичні умови, значні площі високородючих ґрунтів. Територія України має стійкі демографічні, соціально-економічні та екологічні особливості, а також унікальну інфраструктуру, створену багатьма поколіннями людей.

Загалом, земельні ресурси розглядаються як земельні угіддя, які мають різноманітне функціональне призначення. Для цього використовується категорія **«земельний фонд»**, тобто сукупність всіх земель у межах території, країни чи регіону, що розподіляються за типом господарського використання та правовим режимом.

У відповідності до **Земельного кодексу України** (ст. 19), всі землі поділені на дев'ять категорій цільового призначення:

- 1) землі сільськогосподарського призначення;
- 2) землі житлової та громадської забудови;
- 3) землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення;

- 4) землі рекреаційного призначення;
- 5) землі оздоровчого призначення;
- 6) землі історико-культурного призначення;
- 7) землі водного фонду;
- 8) землі лісового фонду;
- 9) землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення.

Законодавство визначає правовий режим, характер використання, порядок обліку та оцінки земель відповідно до основного цільового призначення єдиного земельного фонду. Згідно з установленим порядком державної звітності, земельний фонд України поділяється за видами основних земельних угідь, економічної діяльності, формами власності та землекористування.

Відсоток земель із природним станом земель складає лише приблизно 8 % від загальної площі, що не відповідає міжнародним нормам. До господарського використання залучено більш як 92 % території нашої держави.

На разі значна частка земельного фонду України зазнала істотного забруднення та деградації через військову агресію росії та проведенні військових дій. Крім того спостерігається зменшення площі сільськогосподарських земель, забудованих земель, земель промисловості, транспорту і зв'язку та збільшення земельних площ інших категорій – земель лісового фонду.

Ще однією характеристикою земельного фонду України є природно-історичний стан і господарське використання окремих його частин, або земельних угідь, тобто ділянок землі (масивів), які систематично використовуються для конкретних господарських цілей і мають особливості ґрунтового покриття з природно-генетичного погляду.

Всі землі України умовно поділяються на дві групи:

- **сільськогосподарські**, які використовуються в сільськогосподарському виробництві;

- **несільськогосподарські**, тобто землі, які не залучені в сільськогосподарський обіг.

Висока природна родючість ґрунтів призводить до того, що сільськогосподарські угіддя відіграють ключову роль як один з основних ресурсів економічного розвитку і одна з найцінніших складових національного багатства України.

Разом з тим, земельний фонд України відрізняється високим рівнем сільськогосподарської освоєності, яка становить 69,3 %. Понад 82 %

земельних ресурсів країни використовується як основний засіб виробництва в сільському і лісовому господарствах.

Більшість території України є **рівнинною** (95 %), що знаходиться на висоті 175 метрів відносно рівня моря. Гори розміщені на заході (Українські Карпати) і на півдні (Кримські гори). Географічно Україна належить до степового поясу і поділяється на три ґрунтово-кліматичні зони: Полісся, Лісостеп і Степ.

Займаючи лише 0,4 % сухопутної території планети, Україна має найродючіші ґрунти, площа яких переверщує відповідні показники будь-якої іншої країни. Проте використання цього потенціалу є недостатнім, у розрахунку на кожного мешканця України продуктивність земель в 3-6 разів менша, ніж у країнах Західної Європи.

Велика площа нашої країни вважається стратегічним ресурсом і основою економічної стійкості, що виражається «**резервом міцності**», необхідним для забезпечення виживання в умовах глобальних економічних викликів. Україна розташована у регіоні з сприятливим кліматом і родючими ґрунтами, і за обсягом сільськогосподарських угідь входить до перших 12 країн світу.

Завдяки великій площі території та багатству природних ресурсів Україна розвивалася переважно екстенсивно, що призвело до надмірного використання природного потенціалу. І хоча екстенсивний розвиток дозволяв забезпечити тимчасовий економічний ріст, він не був сталим та приніс із собою значні екологічні та економічні проблеми в майбутньому.

Однією з ключових ролей земельних угідь є їх продовольча функція, яка полягає в забезпеченні населення необхідними продуктами харчування. Продукти харчування, їх виробництво, розподіл, торгівля та споживання є важливою складовою світової економіки і мають велике значення у вирішенні проблеми голоду в слаборозвинених країнах та регіонах світу.

Сьогодні країни Європейського Союзу проводять спільну сільськогосподарську політику, спрямовану на гарантування своєї продовольчої безпеки та надання продовольчої допомоги країнам, де є проблеми з продовольством (A. Shirzadifar, S. Bajwa, S. A. Mireel et al., 2018). **Активною** учасницею таких процесів є й Україна. Головний аспект продовольчої політики – прогнозування майбутніх урожаїв основних сільськогосподарських культур та забезпечення вчасних заходів у разі негативних перспектив, а саме балансування продовольчих запасів шляхом реалізації процедур імпорту й експорту.

Експерти Світового Банку попереджають, що якщо країни світу не приймуть ефективних заходів щодо контролю народжуваності, це може спричинити збільшення чисельності населення, що в свою чергу призведе до земельного дефіциту та може загострити проблеми з нестачею води та зменшенням резервів невикористаних сільськогосподарських територій. За оцінками вчених, у майбутньому суспільство зіткнеться з серйозною проблемою дефіциту сільськогосподарських угідь та деградації ґрунтів.

У світі, згідно даних ФАО, біля 70 % площ земної поверхні представлені малопродуктивними угіддями.

На сільськогосподарські угіддя, із загальної площі земельного фонду планети (13082 млн. га), припадає 4809,2 млн. га, або 37 % від загальної площі сільськогосподарських угідь. При цьому орні землі становлять – 1 млрд. 343 млн. га (27,9 %), природні кормові луки і пасовища – 3 млрд. 361,7 млн. га (70 %), багаторічні насадження – 105 млн. га (2,2 %).

Україна володіє значними площами орних земель, але їх кількість на одну людину не завжди відповідає рівню продовольчого забезпечення населення. На цей показник впливають не лише площа та родючість земельних ресурсів, але й рівень культури землеробства, структура посівів, економічний стан країни, розвиток переробної промисловості, соціальні умови та рівень життя (табл. 2).

2. Земельні ресурси України та світу

Україна та Світ	Сучасна площа ріллі, млрд. м ²	Забезпеченість ріллею в 2000 р., га/люд.	Забезпеченість ріллею в 2024 р., га/люд.
Україна	333	0,66	0,81
Світ	13453	0,24	0,17

Наразі приблизно 8 % населення світу займається землеробством на розораних схилах, де активно відбувається деградація родючості ґрунтів. Головним показником родючості ґрунту є гумус, значення якого для біосфери в цілому і землеробства зокрема важко переоцінити.

Україна відома своїми високородючими ґрунтами. Проте перебільшення їх значення, неправильне теоретичне тлумачення та невідповідні практичні заходи призводять до негативних наслідків. Особливо шкідливою є тенденція абсолютизації ролі гумусу, коли вся проблема підвищення ефективності сільськогосподарського землекористування зводиться майже виключно до регулювання

гумусового стану ґрунтів.

Україна за показником середньозваженого вмісту гумусу знаходиться на 4-5 місці. В складі ґрунтового покриву ріллі в Україні, крім чорноземів присутні темно сірі, сірі лісові і каштанові, і лише 15 % ріллі приходить на **дерново-підзолисті** ґрунти. Варто відмітити, що дерново-підзолисті ґрунти є малогуснимим, хоча не виключається можливість їхнього високоефективного використання, за рахунок інноваційних технологій вирощування рослинницької продукції (М. Я. Шевніков, 2006; Л. В. Дацько, 2008; Г. М. Калетнік, В. Д. Паламарчук, І. В. Гончарук та ін., 2021; В. Д. Паламарчук, О. М. Колісник, 2022).

Однак лише високопродуктивний земельно-ресурсний потенціал не забезпечить підвищення валового національного продукту. Підвищення продуктивності використання земельних ресурсів стане можливим за рахунок впровадження сучасних технологій та оптимальних екологічних властивостей екосистеми.

Отже, оцінка земельних угідь України на міжнародному рівні є важливою і необхідною. Вона сприяє збалансованому врахуванню економічних, соціальних і екологічних інтересів, сприяючи оптимальному розподілу ресурсів на території та раціональному використанню земель.

На нашу думку, впровадження сучасних критеріїв, показників та методів та практику оцінки земельного потенціалу країни на міжнародному рівні дозволить обґрунтовано приймати управлінські рішення щодо земельного фонду, що в свою чергу сприятиме розв'язанню проблеми продовольчої безпеки суспільства і зменшить витрати на ефективне використання земельних ресурсів.

2.3. Ґрунтові ресурси та їх раціональне використання в сучасних агротехнологіях

Україна це країна з великими можливостями та потенціалом, саме за рахунок концентрації на її території значного за обсягами поширення чорноземних ґрунтів.

В попередніх розділах підручника ми уже звертали увагу на те, що ґрунт діє на рослину на основі едафічного середовища. **Едафічне середовище** (від грецького едафос – *ґрунт*) це три компоненти: ґрунт, підґрунт і материнська порода, які пов'язані між собою генетично у вигляді ґрунтового профілю. В екологічному плані едафічне середовище

включає цілий комплекс умов, які поділяться на **три категорії**: *хімічні, фізичні, біотичні*.

Ґрунтовий покрив землі, як і рослинний, досить неоднорідні. Видатний дослідник та ґрунтознавець Докучаєв, стверджував, що **ґрунт** – це природно-історичне тіло, тоді як Вернадський називає ґрунт «біокосним» тілом природи. Ґрунт містить величезну кількість мікро- та макроорганізмів: бактерій, актиноміцетів, грибів, одноклітинних організмів, водоростей, кліщів, нематод, черв'яків тощо.

В 1 грамі ґрунту залежно від типу міститься від 200 млн. (сірі лісові ґрунти) до 3,5 і більше мільярдів (чорноземні ґрунти) мікроорганізмів (В. Д. Паламарчук, О. В. Климчук, І. С. Поліщук та ін., 2010; В. Д. Паламарчук, І. С. Поліщук, С. М. Каленська, Л. М. Єрмакова, 2013).

Докучаєв вперше встановив важливу закономірність поширення ґрунтів у зональному та поясному аспекті (в горах). Але в межах зони, поясу або геологічного водозбірного району і навіть на одній ділянці місцевості ґрунт може бути неоднорідним.

Ґрунти, з господарської точки зору, оцінюються за рівнем їх родючості. Рівень родючості визначається сумою едафічних умов – фізичних, харчових, трофічних. Запаси органічних і мінеральних речовин у співвідношенні з ґрунтовою вологою, повітрям і теплом формують поживний режим ґрунту. **Родючість ґрунту** – це ключова властивість, яка визначає здатність ґрунту забезпечувати рослини необхідними елементами живлення, водою, повітрям та умовами для їхнього нормального росту і розвитку. Ця властивість формується завдяки взаємодії багатьох чинників, які поділяються на хімічні, фізичні та біологічні компоненти.

Ріст і розвиток підземних частин рослин істотно залежить від рівня рН ґрунтового розчину. Значення рН також визначає мікробіологічні та біохімічні процеси, безпосередньо впливаючи на життя ґрунтових мікроорганізмів і рослинного покриву.

Різні форми рельєфу, відомі як **орографічні фактори**, суттєво впливають на процес ґрунтоутворення. До орографічних факторів належать не лише рельєф, а і висота над рівнем моря, крутизна та експозиція схилу. Вони впливають на перерозподіл деяких факторів, особливо вологи і тепла, що забезпечує зростання різноманітність фітоценозів. Виділяють основні **форми рельєфу**:

мікрорельєф – це степові блюдця, великі купини, яри і т. п. Вони формують специфічні умови для рослин, навіть несуттєві зниження

створюють умови підвищеної вологості;

мезорельєф – це значні пониження місцевості, балки, долини річок, берегові вали і т. д. Північні та південні схили характеризуються різною інсоляцією і відрізняються від горизонтальних плато. Вони створюють сприятливі умови для теплолюбивих або холодостійких рослин. З підвищених ділянок рельєфу вода стікає у низькі, де формуються сприятливі умови для вологолюбивих рослин, оскільки тут накопичується змитий ґрунт. Тому структура і видовий склад рослинних угруповань, режим розвитку рослин будуть різними;

макрорельєф – це плоскогір'я, рівнини, гірські хребти, низини, гірські впадини. Формування рослинності пов'язане з температурою, експозицією схилу, що значно змінює освітленість, режим опадів і концентрацію вуглекислого газу.

Земельний фонд України характеризується значним розмаїттям ґрунтового покриву, що сформувався внаслідок дії ґрунтово-кліматичних умов. Для характеристики *екологічного стану земельних угідь* необхідно розглянути сукупність факторів, які обумовлюють процес природної і антропогенної еволюції ґрунтового покриву.

Процес утворення ґрунтів та зміни їх властивостей відбувається під впливом зовнішніх умов, таких як клімат, рельєф місцевості, ґрунтоутворюючі породи, рослинність, підґрунтові води та умови виробництва. Ці умови можуть мати різний, а іноді й протилежний вплив. Взаємозалежність цих факторів визначає ефективність використання землі в сільському господарстві. Ігнорування хоча б один з цих факторів може призвести до деградації ґрунтів і зниження економічної ефективності землекористування.

Україна має помірний клімат з добре вираженими суховіями в південних районах. Середня річна температура варіюється в залежності від регіону: у північних районах країни вона складає близько +6 °С, тоді як на південному березі Криму – +13 °С. Середні коливання температури повітря в Україні відносно неістотні. Наприклад, у липні температура може сягати від +18 °С у Львові до +22 °С в Одесі. У січні відмінності в температурних показниках також помітні: в Одесі середня температура становить близько -7 °С, тоді як у Львові може спостерігатися значний спад до -20 °С.

Україна характеризується значними різницями у кількості опадів між різними регіонами країни. Наприклад, в Карпатах річна кількість опадів становить 800-1000 мм, що відноситься до вологих районів, а у південних районах України кількість опадів значно менша і складає 300-

350 мм на рік, що свідчить про посушливий клімат в цій зоні. У північних і північно-східних районах України також спостерігається менша кількість опадів порівняно з іншими регіонами країни.

Територія України за рельєфом поділяється на великі рівнини (низовини та височини) і гірські області. Розташування України в межах Східноєвропейської рівнини визначає її геологічну будову. **Рівнинні простори** займають 95 % всієї території країни, з яких низовини становлять 70 %, а височини – 25 %. До **рівнин** належать: на заході країни – Волинська, Подільська, в центральній частині – Придніпровська, на південному сході – Приазовська, на сході – Донецька. Серед низовин значні простори займають Поліська, Придніпровська і Причорноморська низовини. Гірські області України представлені Карпатами і гірським Кримом.

Істотний вплив на характер поширення ґрунтового покриву мають материнські породи. На рівнинній частині України переважають антропогенні відкладення, тоді як у гірських районах домінують продукти вивітрювання (елювій) порід більш раннього походження. Найбільш поширеними ґрунтоутворюючими породами нашої держави є суглинковий і глинистий лес (у Лісостепу і Степу), піщані і супіщані водно-льодовикові відкладення (на Поліссі), продукти вивітрювання щільних некарбонатних порід, таких як пісковики і сланці (у Карпатах та Криму).

Рослинний покрив також є одним із ключових чинників ґрунтоутворення. В Україні за характером рослинності виділяють такі зони: лісова (поліська), лісостепова, степова, карпатська і кримська.

В сучасних умовах на якісний стан земель найбільший вплив має господарська діяльність людини (антропогенний фактор). Це особливо помітно в сільському господарстві, де ґрунти піддаються інтенсивному обробітку. Заходи щодо окультурення ґрунтів, такі як гідротехнічна меліорація, гіпсування, вапнування тощо, змінюють фізико-хімічні властивості ґрунтів.

Облік якості земель України, включаючи характеристику сільськогосподарських угідь за механічним складом ґрунтів та показниками, що впливають на їх родючість, а також бонітування ґрунтів, здійснюється Державним комітетом із земельних ресурсів України та іншими галузевими державними органами, це проводиться за єдиною для всієї України системою на основі чинних нормативних документів. Дані якісного обліку земель є частиною Державного земельного кадастру України.

Найбільш поширеними ґрунтами України є **чорноземи різного генезису** – 60,2 % площі орних земель, або 44 % площі сільськогосподарських угідь. Ці ґрунти найродючішими в межах України, серед них найбільш поширеними є чорноземи звичайні на лесах (27 % орних земель), чорноземи сильно реградовані на лесах (22 %) та інші. Питома маса менш родючих чорноземів, зокрема чорноземів на глинах, чорноземів на пісках, складає лише 2 % орних земель.

Група **опідзолених ґрунтів** займає друге місце за площею в Україні, охоплюючи близько 12 % орних земель. Сірі опідзолені ґрунти переважають у Лісостепу, особливо в центральній частині Вінницької області, причому понад 80 % їх площі розорюється. Ці ґрунти, як і чорноземи, є цінними, особливо для вирощування багаторічних плодових насаджень.

Дерново-підзолисті ґрунти є також досить поширеною групою ґрунтів у структурі сільськогосподарських угідь. Найбільше дерново-підзолистих ґрунтів зустрічається на Поліссі.

Інші типи ґрунтів мають обмежене поширення. Серед них варто відзначити лучні, лучно-болотні і болотні ґрунти, які використовуються для природних пасовищ та сіножатей. Каштанові ґрунти, що зустрічаються на Причорноморській рівнині, використовуються як орні землі. Бурі гірсько-лісові ґрунти, розповсюджені в Карпатах та гірській частині Криму, також використовуються як пасовища і частково як орні землі.

Солонці займають невелику площу сільськогосподарських угідь, що становить 46,5 тисяч гектарів (не враховуючи площі солонців, які зустрічаються у комплексі з іншими типами ґрунтів).

Таким чином, найбільш поширеними ґрунтами є чорноземи та близькі до них лучно-чорноземні ґрунти.

Найбільш цінні продуктивні землі переважають в Центральному Лісостепу. Відповідно до з ст. 150 **Земельного кодексу України**, до особливо цінних продуктивних земель належать: чорноземи нееродовані несолонцюваті суглинкові на лесових породах; лучно-чорноземні незасолені несолонцюваті суглинкові; темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені на лесах і їх реградовані відміни; бурі гірсько-лісові та дерновобуроземні глибокі і середньоглибокі; підзолисто-дернові суглинкові; торфовища середньоглибокі і глибокі осушені; коричневі ґрунти Південного узбережжя Криму; дернові глибокі ґрунти Закарпаття, землі дослідних полів науково-дослідних установ і

навчальних закладів; землі природно-заповідного фонду; землі історико-культурного призначення.

Протягом останніх десятиліть стан земель сільськогосподарського призначення істотно погіршився і набув загрозливого характеру. Особливо це стосується ґрунтового покриву, який в значній мірі втратив свої природні властивості саморегуляції через неконтрольоване використання мінеральних добрив та пестицидів.

Якісний стан земель визначається такими факторами, як механічний склад ґрунту (глинисті, суглинкові, супіщані), ступінь ерозії (слабо, середньо, сильно еродовані), кислотність, наявність домішок та інші характеристики.

Горизонтальне та вертикальне розчленування рельєфу України визначає розподіл орних земель за крутизною схилів. У рівнинних регіонах орні землі займають значні площі з мінімальною крутизною, тоді як у гірських районах землеробство обмежується ділянками з помірною крутизною схилів.

Переважають **кути нахилу** орних схилів до 3° – їх кількість становить 88,5 % від загальної площі орних земель. Найбільш небезпечні для використання орні схили з крутизною більше 3° – їх 11,5 %, а в деяких регіонах до 20 %, що свідчить про небезпеку розвитку деградаційних процесів на даних ґрунтах.

Сільськогосподарські угіддя розташовані на ґрунтах з несприятливим, важким механічним складом площею біля 60 %, про що свідчить аналіз розподілу земель України за якісними ознаками ґрунтового покриву.

Процес вторинного засолення земель є серйозною проблемою для сільського господарства в Україні, який істотно активізувався в останні десятиліття, таких ґрунтів на території України знаходиться 2,3 %. Він полягає у накопиченні солей у верхніх шарах ґрунту, що погіршує його родючість і призводить до зниження врожайності.

З усіх видів деградаційних процесів найбільшу загрозу за негативними наслідками має **ерозія ґрунтів**. В Україні ерозійні процеси значною мірою впливають на стан ґрунтів та їх родючість. Основними природними та антропогенними чинниками, що визначають інтенсивність ерозійних процесів, є посушливий клімат, наявність ґрунтів легкого механічного складу, велика питома маса схилових земель, висока розораність, недостатнє заліснення і зволоження орних земель, низька культура землеробства. Дані фактори викликали втрату ґрунтом властивої йому здатності до самовідновлення, що сприяє

поширення на значних площах ерозійних процесів: змиву, розмиву і видування родючого шару.

Водна та вітрова ерозія, або дефляція є найбільш суттєвим фактором зниження продуктивності земельних ресурсів та деградації агроландшафтів. Ерозія перетворилася на надзвичайне явище сьогодення, яке безпосередньо загрожує самому існуванню ґрунту, як пріоритетному засобу сільськогосподарського виробництва і незамінному компоненту біосфери.

Впливу ерозійних процесів зазнають 57,5 % земель нашої країни. Річний показник збільшення кількості еродованих земель в Україні становить 80-90 тис. гектарів. Площа еродованих земель у скраді ріллі за останні 35 років зросла майже в 1,5 рази і досягла 10,6 млн га. Із них 4,6 млн га земель які належать до середньо- і сильнозмитих ґрунтів, у тому числі 68 тис. га тих, що повністю втратили гумусний горизонт. Водній та вітровій ерозії піддаються біля 15 млн га сільськогосподарських угідь, або 35,2 % їхньої загальної площі, деградовано 60 % чорноземів. Загальна площа кислих ґрунтів складає близько 11 млн гектарів, включаючи 4,4 млн гектарів ріллі. Солонцеві комплекси займають 4,1 млн ґрунтів, включаючи 2 млн ґрунтів орних земель (М. С. Тофан, 2014).

Тому боротьба з ерозією шляхом впровадження контурно-меліоративної системи землеробства, дотримання науковообґрунтованих сівозмін є необхідною умовою раціонального використання і охорони земель. З появою нових форм власності на землю, після розпаювання землі, дотримання ефективних протиерозійних заходів виявляється проблематичним.

Найбільш залученими в ерозійні процеси, відповідно до аналізу **еродованості орних земель** України по областях, є орні землі Донецької, Запорізької областей, де ступінь еродованості земель становить більше 50 %, Кіровоградська (48 %), Луганська (66 %), Миколаївська (47 %), Одеська (46 %) області.

Рівень родючості ґрунтів є одним із основних показників екологічного стану сільськогосподарських угідь, і головним елементом, що визначає родючість, є вміст гумусу. **Гумус** – це органічна речовина ґрунту, складається з залишків рослин, тварин та мікроорганізмів, що знаходяться на різній стадії мінералізації.

За рахунок низької культури землеробства відмічається інтенсивне зниження вмісту гумусу в ґрунтах України. Сумарні втрати гумусу через мінералізацію та ерозію ґрунтів щорічно становлять 500-700 кг з гектара (М. С. Тофан, 2014).

Втрата гумусу в ґрунтах є серйозною проблемою, яка негативно впливає на родючість земель та сільськогосподарську продуктивність. Існують дві основні **причини втрати гумусу**: ерозія ґрунтів та виносення поживних речовин із урожаєм. Баланс основних елементів живлення рослин, як і гумусу в цілому, щорічно негативний.

Через різке **зменшення внесення органічних добрив** спостерігається негативний баланс гумусу в ґрунті. Давайте приведемо історичну довідку, до 1990 року в Україні щорічно вносилося близько 300 млн. т органічних добрив та понад 5 млн. т мінеральних добрив. В останні роки внесення органічних добрив зменшилось у 6 і більше разів, мінеральних – у 10 разів. З 1 га виноситься урожаєм 700 кг поживних речовин, що у 2-3 рази більше, ніж повертається з добривами.

Згідно даних головного управління статистики на 1 га посівної площі України в 2021 році було внесено близько 0,6 т/га органічних добрив та 142 кг мінеральних добрив (у поживних речовинах) (О. Прокопенко, 2022).

Збіднення ґрунтів на органічну речовину призводить до їх ущільнення, порушення оптимального водно-повітряного режиму та погіршення агрофізичних властивостей, що робить ґрунти більш схильними до ерозійних процесів.

Оцінка екологічного стану сільськогосподарських земель здійснюється за показниками:

- вміст залишкової кількості пестицидів у ґрунтах, мг/кг;
- вміст валових форм важких металів у ґрунтах, мг/кг;
- вміст залишкової кількості пестицидів у рослинній масі, мг/кг;
- вміст рухомих форм важких металів у ґрунтах, мг/кг;
- щільність забруднення ґрунтів цезієм 137 і стронцієм 90 Кі/км².

Комплексна оцінка екологічного стану сільськогосподарських земель має враховувати різноманітність земельних ресурсів (зрошувані, осушені тощо), обмеженість окремих категорій (заплавні, лиманні тощо), якісне відтворення певних категорій земель (еродовані, засолені, ущільнені тощо) та рівень забруднення (залишкова кількість пестицидів у ґрунтах і рослинах, наявність важких металів, забруднення ґрунтів радіонуклідами тощо).

Особливе місце серед техногенних забруднювачів ґрунтів і рослин займають **важкі метали**, які мають значну поширеність і велику токсичність. У районах випадання промислових викидів з опадами деградують природні та культурні біоценози, зменшується видовий склад і чисельність фауни, погіршуються фізико-хімічні властивості та

біологічна активність ґрунтів, посилюється ерозія, відбувається підкислення чорноземів, накопичуються токсини в продукції, що призводить до зниження врожайності культур. Наприклад, в зоні впливу промислових комплексів (в міру наближення до джерела викидів) урожайність зернових культур може зменшуватися на 20-30 %, соняшнику – 15-20, овочів – 25-30, кормових – 23-28 і плодових культур – на 15-20 %.

За даними вітчизняних науковців, вміст у ґрунтах таких елементів як Cr, Na, Co, Zn, Рb і Cu перевищує допустимі норми на площі близько 20 % орних земель. Забруднення ґрунтів важкими металами (міддю і свинцем) має в більшій мірі локальний характер. Так, вміст міді в Волинській, Тернопільській, Закарпатській, Житомирській, Київській, Чернігівській і Полтавській областях коливається від 65 до 320 мг/кг ґрунту, що є на межі санітарно-гігієнічних норм безпеки або перевищує їх.

Забруднення пестицидами є так само небезпечним для навколишнього середовища та ґрунтів як і попередні чинники. Хоча за останні роки відбулося зменшення їх використання, що сприяло зниженню забруднення ґрунтів та продукції отрутохімікатами, проблема залишається невирішеною в цілому.

Використання атомної енергії, призвело до забруднення біосфери радіоактивними речовинами. **Забруднення земель радіоактивними викидами**, в результаті аварії на ЧАЕС, має найбільш серйозні негативні наслідки в землеробстві. В навколишнє середовище було викинуто близько 50 МКі таких небезпечних радіонуклідів, як стронцій, цезій, плутоній та йод. За уточненими даними, внаслідок аварії забруднено понад 8,4 млн. га сільськогосподарських угідь, на яких щільність забруднення радіоактивним цезієм (Cs-137) перевищує 0,1 Кі/км². Найпоширеніше забруднення ґрунтів є у Житомирській (70 %) та північних районах Київської (15 %) областей. Решта забруднених площ розподілилась у вигляді радіоактивних плям різної активності, конфігурації і розміру на території Рівненської, Волинської, Чернігівської, Вінницької, Черкаської, Тернопільської областей. У цих регіонах понад 600 сільськогосподарських господарств та державних підприємств мають ґрунт зі щільністю забруднення цезієм понад 1 Кі/км². Через високий ступінь забруднення вилучено із сільськогосподарського використання 180 тис. га сільськогосподарських угідь.

Після аварії на Чорнобильській АЕС значна кількість радіонуклідів

нагромадились у ґрунті, вимиваючись в ілювіальний горизонт та ґрунтові води, забруднюючи навколишнє середовище. Високогумусний ґрунт досить міцно утримує радіоактивні речовини, які протягом десятиріччя знаходяться в орному шарі, звідки постійно мігрують у рослинницьку продукцію. Таким чином, у разі забруднення території, ґрунт є постійно діючим джерелом надходження радіонуклідів у рослини, корми тварин і продукти харчування.

Досвід ліквідації наслідків катастрофи показав, що у системі «ґрунт-рослина» заходи з обмеження переходу радіонуклідів у трофічному ланцюжку є найефективнішим щодо зменшення дози внутрішнього опромінення людини. Комплекс заходів щодо обмеження міграції радіоізотопів на радіоактивно забруднених агроландшафтах передбачає організаційні, агроеліоративні (агротехнічні, агрохімічні) й технологічні прийоми. Важливе місце серед них займає внесення добрив, з акцентом уваги на підвищення коефіцієнтів використання елементів живлення з них та ґрунту.

На разі основними радіоактивними забруднювачами є стронцій-90 і цезій-137, які поглинаються рослинами і переміщуються в них, аналогічно до їхніх хімічних аналогів – кальцію і калію.

Забрудненість рослинної продукції радіонуклідами, що надходять з ґрунту в рослини через корені, залежить від **типу і властивостей ґрунту**. Найвищі рівні забруднення спостерігаються на дерново-підзолистих ґрунтах легкого гранулометричного складу (піщаних і супіщаних), нижчі – на сірих лісових і найнижчі – на чорноземах.

Велика різноманітність ґрунтів в Україні визначає істотні відмінності в поведженні радіонуклідів у ґрунтах і накопиченні їх у рослинах. За одного й того ж рівня забруднення концентрації радіонуклідів у рослинах, вирощених на різних ґрунтах і в різних ґрунтово-кліматичних зонах, можуть різнитися в десятки разів. Кількість накопичених радіонуклідів у рослинах великою мірою залежить від властивостей ґрунтів, які зумовлюють поглинання і закріплення їх у поглиненому стані.

На міцність закріплення радіонуклідів у ґрунті, й отже, на надходження їх у рослини і накопичення в урожаї впливають реакція середовища, вміст обмінних кальцію, калію та інших елементів, склад поглинених основ, вміст органічних речовин (гумусу).

Із **кислих ґрунтів** радіонукліди стронцію і цезію надходять у рослини в значно більших кількостях, ніж із слабкокислих, нейтральних чи слаболужних. У міру зростання кислотності ґрунту, знижується

міцність їх закріплення, збільшуються рухливість і надходження в рослини. Знизити накопичення довго існуючих радіонуклідів стронцію і цезію в урожаї сільськогосподарських культур можна, внесенням карбонатів кальцію, калію або натрію в кислий дерново-підзолистий ґрунт у кількостях, еквівалентних гідролітичній кислотності.

На **карбонатних ґрунтах** відбувається необмінна фіксація радіонуклідів. Крім того, стронцій і кальцій є хімічними аналогами. У разі надходження в рослини, між ними можуть складатися певні конкурентні відносини (**антагонізм**) і кальцій, якого в ґрунті на кілька порядків більше, ніж стронцію, обмежить його надходження в рослини.

На перехід цезію-137 із ґрунту в рослини впливає, насамперед, сума обмінних катіонів. На ґрунтах із низькою сумою поглинених основ, як правило, радіонукліди надходять у рослини інтенсивніше, ніж на ґрунтах з вищою сумою обмінних катіонів. На надходження цезію-137 із ґрунту в рослини найбільше впливає калій, як аналог цезію. Зростання в ґрунті вмісту обмінного калію, пропорційно знижує міграцію і надходження в рослини цезію-137. Подібний тип взаємовідносин може встановитися між цезієм та іншими одновалентними елементами (натрієм, рубідієм, літієм).

Вітер може спричинити вторинне забруднення рослин радіонуклідами. Очищення від радіонуклідів, які потрапили на рослини, і взаємодія їх із ґрунтом, значною мірою залежать від пори року. Взимку, за низьких температур і твердих атмосферних опадів, вони будуть мінімальними. Плюсові температури й висока вологість ґрунту влітку посилюють взаємодію радіонуклідів із ґрунтом.

За останні роки відбулося істотне зниження переходу радіоактивного цезію з ґрунту в рослини як за рахунок природних процесів (радіоактивний розпад, сорбція радіонуклідів), так і в результаті здійснення контрзаходів. Разом з тим, перенесення значної кількості радіаційно-небезпечних ґрунтових частинок у результаті розвіювання сприяє поширенню загальної площі забруднених земель.

На забруднених радіонуклідами територіях уже є певний досвід виробництва продукції з допустимим вмістом цезію і стронцію. Хоча період піврозпаду цезію-137 і стронцію-90 близькі до 30 років, а практично повний їх розпад відбудеться лише через 300 років. За найближчі 100 років активність їх зменшиться приблизно в 10 разів, що сприятиме нормалізації радіаційного стану на основній частині забрудненої території.

Заходи, спрямовані на зменшення вмісту радіонуклідів у

продукції рослинництва:

Видалення або загортання поверхневого шару ґрунту.

Радіонукліди стронцію і цезію надходять у рослини переважно через кореневу систему, засвоєнням їх із ґрунту. Основна їх кількість (90-97%) нині зосереджена у верхньому 10-сантиметровому шарі лучних ґрунтів і орних горизонтів. З теоретичного погляду радикальним способом різкого зменшення забруднення ґрунту (до 10 разів) може бути видалення поверхневого шару (4-5 см) з подальшим його похованням. Практично це питання здійснити важко через великі об'єми земляних робіт і невирішені проблеми із похованням ґрунту (маса 5-сантиметрового шару ґрунту з площі 1 га – близько 750 т).

Системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур мають бути спрямовані, насамперед, на закріплення радіонуклідів у ґрунті, з метою зниження інтенсивності їх переходу в рослини.

Це питання певною мірою можна вирішити глибоким загортанням верхнього шару ґрунту. Тому, ефективним прийомом у перші дні після аварії на ЧАЕС і випадання радіонуклідів на високородючих ґрунтах, було *загортання забрудненого шару* спеціальним плантажним плугом на глибину 45-50 см, з перевертанням скиби та наступний поверхневий обробіток дисковими знаряддями й окультурення вигорненого підорного шару. Цей прийом дав змогу у 3-4 рази зменшити щільність поверхневого забруднення ґрунту і в 5-6 разів – надходження радіонуклідів у рослини.

Ефективність такої оранки вища на ґрунтах важкого гранулометричного складу з глибоким (40-45 см) орним шаром, за вирощування сільськогосподарських культур із мичкуватою кореневою системою. Звичайно, таку оранку не слід проводити на малопотужних (орний шар – до 20 см) дерново-підзолистих ґрунтах, бо це може призвести до різкого зменшення родючості ґрунту і навіть до повної її втрати. У цьому разі оранку треба проводити ярусними плугами, які зміщують шари ґрунту, або виконувати її в два прийоми: спочатку плантажну оранку на глибину 40-45 см із перевертанням скиби, а потім повторну – на глибину 30-35 см, що дасть змогу вивернути на поверхню 10-20-сантиметровий шар більш родючого ґрунту з подальшим його окультуренням і поверхневим обробітком дисковими знаряддями.

Вважають, що загальноприйнятий спосіб обробітку ґрунту плугами з передплужниками переміщує шари ґрунту, але не забезпечує помітного зменшення надходження радіонуклідів у рослини. Проте слід пам'ятати,

що навіть незначне (4-5 см і більше) заглиблення орного шару без попереднього лущення помітно знижує надходження радіонуклідів у рослини, оскільки верхній 5-сантиметровий шар ґрунту заробляється глибше, ніж за звичайної оранки.

Збільшення площ під культури з низьким рівнем накопичення радіонуклідів. Різні види і навіть сорти рослин з неоднаковою інтенсивністю поглинають і накопичують у своїх органах радіонукліди. Добір культур і сортів, які різняться за здатністю накопичувати в урожаї мінімальні кількості радіоцезію і радіостронцію – найпростіший і найдешевший захід зниження вмісту цих радіонуклідів у рослинницькій продукції. Як правило, види і сорти сільськогосподарських культур із низьким вмістом калію і кальцію мало накопичують радіонуклідів цезію і стронцію. **Калієфільні рослини**, такі як люпин, амарант, гречка, картопля, буряки та інші, разом із калієм нагромаджують великі кількості його аналогів – одновалентних елементів, у тім числі стабільного і радіоактивного цезію.

Кальцієфільні рослини (усі бобові), насамперед такі, як люпин, вика, люцерна, конюшина, боби, горох, квасоля, разом із кальцієм накопичують його аналоги – двовалентні катіони й передусім стронцій. Бобові культури накопичують значно більше стронцію-90 і цезію-137, ніж злакові. Поглинання рослинами мінеральних солей певною мірою залежить від катіонообмінної ємності їхніх коренів.

За збільшенням здатності до **накопичення радіоцезію в урожаї зерна** на одному й тому самому ґрунті, за однакової щільності забруднення сільськогосподарські рослини можна розмістити в такий ряд: кукурудза, ячмінь, пшениця озима, пшениця яра, тритикале, просо, жито, овес, боби, соя, горох, гречка, вика, люпин жовтий; **кормові культури**: кукурудза, кострець, вівсяниця, суріпка, грестиця збірна, вика, ріпак, люцерна, конюшина, капуста кормова, буркун, амарант, люпин жовтий; **технічні культури**: льон, соняшник, буряки цукрові (корені), ріпак, редька олійна; **овочеві**: баклажани, цибуля городня, томати, гарбузи, петрушка, огірки, картопля, морква, салат, буряки столові, капуста, щавель. Слід відмітити, що в побічній продукції (солома зернобобових) радіоцезію накопичується в 2-3 рази більше, ніж у зерні, за винятком люпину жовтого (табл. 3).

Рівень забруднення урожаю однієї й тієї самої культури залежить як від щільності забруднення, так і від агрохімічних властивостей ґрунтів. Чим вища окультуреність ґрунту (чим більший вміст у ньому гумусу, а також кальцію, калію, глинистих і колоїдних фракцій), тим менше

накопичується радіоцезію в урожаї однієї й тієї ж культури.

3. Коефіцієнти переходу K_p цезію-137 в рослини з дерново-підзолистого супіщаного ґрунту залежно від біологічних особливостей культур

Культура	K_p , Бк/кг		Культура	K_p , Бк/кг	
	зерно	солома		зерно	солома
Кукурудза	3,3	20,0	Овес	22,6	36,5
Ячмінь	4,1	8,8	Соя	32,9	51,8
Пшениця озима	4,4	13,7	Боби	34,4	35,4
Пшениця яра	5,6	11,5	Горох	37,4	51,1
Тритикале	6,7	10,7	Гречка	41,8	49,6
Просо	7,0	32,9	Вика	47,7	87,7
Жито	8,1	15,2	Люпин жовтий	242,7	128,8

Розміщення культур з урахування їх біологічних властивостей та щільності забруднення ґрунтів, дасть змогу регулювати рівні забруднення врожаю.

Згідно з рекомендаціями Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», на забруднених територіях, слід застосовувати такі сівозміни:

I) на дерново-підзолистих піщаних ґрунтах за щільності забруднення 370-555 кБк/м²:

- 1) озимі на зелений корм + післяукісна кукурудза на зелений корм;
- 2) озиме жито;
- 3) картопля;
- 4) овес;

II) на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах:

- 1) кукурудза на зелений корм та силос;
- 2) озиме жито;
- 3) картопля;
- 4) ячмінь з підсівом багаторічних трав (злаково-бобові сумішки);
- 5) багаторічні трави;
- 6) пшениця;

III) на сірих лісових суглинкових ґрунтах та чорноземах обмежень щодо видового складу і чергування культур у сівозміні немає.

Запобігають вторинному забрудненню рослин скороченням кількості міжрядних обробітків, виконанням робіт по вологому ґрунту, використанням широкозахватної техніки, комбінованих агрегатів, сільськогосподарської авіації.

Меліорація природних лук і пасовищ. У рослинництві найкритичнішою ланкою є виробництво кормів, насамперед на природних сінокосах і пасовищах. Отримувати нормативно чисті корми на природних сінокосах і пасовищах дуже складно, тому що через низку особливостей міграція радіонуклідів на них інтенсивніша, ніж на орних землях. Концентрація радіонуклідів у кормах, заготовлених на природних луках, залежить від багатьох чинників і насамперед від типу луків, режиму зволоження та видового складу травостою.

Якщо з природних кормових угідь неможливо отримати продукцію, що відповідає допустимим рівням забруднення радіонуклідами, необхідно вжити спеціальних заходів щодо поліпшення сінокосів і пасовищ, з метою максимального зниження надходження радіонуклідів у корми. Коли ж і спеціальні заходи не дають бажаного ефекту, то в міру можливостей кормові культури треба вирощувати в умовах кормових і польових сівозмін.

Поверхнєве поліпшення природних луків. При випасанні великої рогатої худоби на бідних природних пасовищах забруднення молока радіонуклідами в 2-3 рази вище, ніж у разі випасання на луках із добрим травостоєм, що пов'язано з мимовільним поїданням тваринами часточок ґрунту і дернини. На таких луках рекомендуються заходи, які б сприяли підвищенню їх продуктивності: підсівання травосумішей, внесення добрив, вапнування кислих ґрунтів. Внесення норми **вапна**, розрахованої за гідролітичною кислотністю (H_T) ґрунту, з наступним легким боронуванням дернини, як правило, забезпечує зниження переходу радіонуклідів із ґрунту в травостій в 1,5 рази, а внесення суміші добрив $N_{60}P_{90}K_{120}$ і вапна – зниження переходу цезію-137 в біомасу рослин до 4 разів.

Поверхнєве поліпшення проводять на піщаних ґрунтах та у випадках, коли не можна переорювати луки, через загрозу **ерозії**, або коли у складі травостою збереглося до 50 % цінних бобових і злакових трав. Для поверхневого поліпшення треба використовувати легкорозчинні форми мінеральних добрив (небажаним є застосування фізіологічно кислих добрив), які вносять без порушення дернини.

На суходільних угіддях **фосфорні та калійні добрива** краще вносити восени, азотні – навесні. Дози добрив встановлюють залежно від вмісту рухомих форм поживних речовин у ґрунті, складу травостою, рельєфу, гранулометричного складу ґрунту та інших чинників. Фосфорні та калійні добрива, в початковий період на забруднених радіоактивними елементами ґрунтах, краще вносити в підвищених дозах із розрахунку

120-180 кг/га, що сприяє зниженню переходу радіонуклідів у травостій в 1,5-2 рази. Через кілька років, коли ґрунт збагатиться рухомими формами фосфору та калію, можна переходити до оптимальних доз (90 – 120 кг/га).

Азотні добрива в умовах радіоактивного забруднення слід вносити в помірних дозах – 60-90 кг/га, краще по половині дози – навесні та після першого укосу.

Докорінне поліпшення природних кормових угідь. Докорінне поліпшення є одним із найефективніших заходів зниження забруднення природних кормових угідь відразу після аварії. Воно дає змогу зменшити надходження радіонуклідів із ґрунту в лучні трави у 16 разів, щоправда на практиці ефективність такого зниження не перевищує 2-10 разів. Повторне докорінне поліпшення луків забезпечує зниження надходження радіонуклідів із ґрунту в лучні трави лише в 2-3 рази.

Важливу роль у комплексі робіт щодо докорінного поліпшення природних кормових угідь відіграє вапнування і застосування добрив. Вапнують ґрунти з розрахунку 1,5 норми CaCO_3 , розрахованої за гідролітичною кислотністю. Вносять добрива диференційовано, залежно від родючості ґрунту та його типу. Як і в разі поверхневого поліпшення, в початковий період на малородючих ґрунтах природних кормових угідь треба застосовувати підвищені дози фосфорних і калійних добрив, із розрахунку 180-200 кг/га діючої речовини і помірні дози азотних (40-60 кг/га), для зниження надходження радіонуклідів із ґрунту в лучні трави. Через кілька років, після окультурення ґрунту, добрива можна вносити в орієнтовно-оптимальних дозах.

Важливе значення має видовий склад травостою луків. Різні види трав здатні накопичувати неоднакову кількість радіонуклідів. Відомо, наприклад, що злаки накопичують стронцію-90 в 1,5 рази більше, ніж кореневищні, а бобові трави – в 2 рази більше, ніж злаки.

Ранні злакові суміші характеризуються відносно меншим накопиченням радіоцезію, ніж **пізні**, однак, за високої інтенсивності випасання, коли вносять високі норми азотних добрив, використання пізніх трав виявляється ефективнішим, особливо в суміші з бобовими травами. Для підвищення вмісту кормового білка, рекомендується підсів конюшини червоної в суміші з ранніми злаковими і конюшини білої – в суміші з пізніми. При цьому вміст цезію-137 у кормі буде значно нижчим (до 2 разів), ніж у разі внесення азотних добрив.

Зелену масу першого укосу з посівів багаторічних трав і на пасовищах краще не згодовувати тваринам, а виготовляти з неї сінаж,

який потім давати відгодівельному молодняку (групи дорощування). Звичайно, крім цих заходів, треба проводити суворий радіаційний контроль як одержуваних кормів, так і продукції тваринництва.

Зерно злакових культур нагромаджує мало важких металів (0,2 % маси врожаю). Тому, на забруднених радіонуклідами територіях, доцільно вирощувати передусім зернові культури і виробляти свинину, м'ясо птиці та яйця. Поголів'я великої рогатої худоби на відгодівлі тут потрібно зменшувати, молоко переробляти на масло, сир, сметану, оскільки при його переробці важкі метали залишаються в сироватці. М'ясо худоби і свиней використовують згідно з існуючими щодо цього спеціальними вказівками.

Деякі види коренеплодів і бульбоплодів менше акумулюють важких металів, порівняно з іншими культурами. Наприклад, у картоплі вони залишаються в бадиллі. Топінамбур, за даними кафедри кормовиробництва Кам'янець-Подільського сільськогосподарського інституту сприяє виведенню радіонуклідів з організму, тому посіви його слід збільшувати, особливо на свино- і молочнотоварних фермах.

Агрохімічні заходи. Вапнування кислих ґрунтів. Радіоактивні речовини часто надходять у навколишнє середовище у вигляді нерозчинних і важкорозчинних необмінних форм. Однак, із часом при контакті з водою, киснем повітря, вони можуть переходити в розчинний обмінний стан, особливо цьому сприяє кисла реакція середовища. Рослини, що ростуть на кислих ґрунтах, поглинають більше радіонуклідів, ніж ті, що ростуть на нейтральних чи лужних. У зв'язку з цим вапнування кислих ґрунтів не тільки поліпшує умови росту рослин, а й зменшує надходження в них радіонуклідів.

Вапнування кислих ґрунтів, забруднених радіонуклідами – один з основних заходів гальмування переходу радіонуклідів, насамперед Sr_{90} , з ґрунту в рослини. За узагальненими даними різних авторів, отриманими за 17 років, що минули після аварії на Чорнобильській АЕС, воно забезпечує зниження вмісту радіостронцію у картоплі в 5-10 разів, у сіні бобових трав – у 6-8, овочах – в 4-6, в ягодах – у 5 разів. Для радіоцезію ці величини, як правило, дещо менші.

Особливо цінними є вапнякові матеріали, які, крім кальцію, містять різні мікроелементи і магній. Хімічний аналог кальцію і стронцію – магній також може вступати в конкурентні взаємовідносини зі стронцієм і знижувати його вміст в рослинах.

Вапнування кислих дерново-підзолистих ґрунтів Полісся зменшує перехід радіонуклідів у рослини, проте створює передумови для

поширення хвороб картоплі, льону і погіршує якість урожаю цих культур. Вапнування кислих ґрунтів призводить до зниження переходу з ґрунту в рослини багатьох мікроелементів. Тому, проведення вапнування ґрунтів, потрібно узгоджувати із спеціалізацією господарства.

Для зменшення ймовірності виявлення дії синергічних ефектів іонізуючої радіації і токсикантів хімічної природи на живі організми, заходи щодо захисту сільськогосподарських культур від шкідників і хвороб у зоні підвищеного радіоактивного забруднення ґрунтуються на уточненні популяційних особливостей основних видів шкідників і хвороб, з метою скорочення обсягів хімічної обробки.

Застосування мінеральних і органічних добрив. Різні мінеральні добрива по-різному впливають на надходження радіоцезію в рослини. Фізіологічно кислі азотні добрива (аміачна селітра, карбамід) спричиняють підвищення накопичення радіоцезію в урожаї, фосфорні – мало впливають на накопичення радіоцезію рослинами або дещо знижують його. Однак, згідно з результатами науково-дослідних установ і практики, внесення фосфорних добрив зменшує накопичення ^{90}Sr практично усіма видами рослин у 2-6 разів.

Основним елементом живлення рослин, що знижує накопичення радіоцезію в урожаї, є калій. Механізм впливу калійних добрив спрацьовує за будь-якої дози калію, внесеного в ґрунт, але величина зниження рівнів забруднення врожаю з кожним збільшенням дози добрив зменшується.

Ефективність одних і тих самих доз калійних добрив також знижується, зі збільшенням початкового вмісту обмінного калію в ґрунті. Калій здатний витіснити цезій під час засвоєння елементів живлення кореневою системою рослин. За вмісту обмінного калію понад 100 мг/кг ґрунту, ефективність калійних добрив, як засобу зниження рівня забруднення врожаю, різко зменшується.

У зв'язку з тим, що **азотні добрива** сприяють накопиченню радіонуклідів в урожаї, ефективність калійних добрив, які застосовують у складі повного мінерального добрива, знижується. Для забезпечення мінімального надходження радіонуклідів, дози фосфорних і калійних добрив слід збільшувати відповідно в 1,5 і 2,0 рази, відносно дози азоту, розрахованої на запланований урожай, а за великої щільності забруднення дерново-підзолистих ґрунтів легкого гранулометричного складу співвідношення N : P : K має бути 1:2:3.

Внесення в бідний на поживні речовини ґрунт **органічних добрив**

(гною, компостів) істотно збільшує ємність вбирання ґрунту, знижує кислотність, сприяє утворенню комплексних органічно-мінеральних сполук із радіонуклідами, внаслідок чого доступність останніх для рослин значно знижується. Тому застосування органічних добрив підвищує родючість ґрунтів, урожайність культур, сприяє зниженню радіоактивного забруднення врожаю сільськогосподарських культур в 1,5-3 рази, за дози внесення 50-80 т/га. Коефіцієнт переходу радіоцезію зі свіжого гною в рослини значно вищий, ніж із ґрунту. У зв'язку з цим, рекомендується вносити в ґрунт перепрілий гній, що містить незначну кількість радіонуклідів.

У сучасних умовах з року в рік зростає дефіцит традиційних органічних добрив, тому дедалі актуальнішим стає пошук **альтернативних їх джерел**. З місцевих органічних добрив велике значення мають сапропель, торфотуфи, мул. Відмінними органічними добривами є біогумус (**вермикомпости**) – продукт переробки органічних решток каліфорнійськими дощовими черв'яками і **фермвей** – продукт біологічної ферментації аеробними термофільними бактеріями гною, птишиного посліду та інших відходів тваринного походження разом із тирсою, соломою, корою, кукурудзяними качанами, відходами паперових фабрик тощо.

Великого значення набуває правильне використання зелених органічних добрив (**сидератів**), побічної продукції сільськогосподарських культур.

Застосування спеціальних речовин. Серед багатьох природних і штучних речовин, внесення яких у ґрунт зменшує надходження радіонуклідів у рослини, можна виділити дві основні групи – адсорбенти і комплексонати. **Адсорбенти** поглинають радіонукліди і роблять їх недоступними для рослин, **комплексонати** – утворюють із радіонуклідами складні сполуки, переводять їх у важкорозчинні, не засвоювані рослинами форми або, навпаки – легкорозчинні, які вимиваються з кореневмісного шару в нижчі шари ґрунту.

Як **адсорбенти** найчастіше застосовують деякі мінерали, що виявляють високу сорбційну здатність стосовно радіонуклідів. До них належать цеоліти, іліти, вермикуліти, монтморилоніти, гідрослюди, дещо слабкішими сорбентами є каолініти, слюди, бентонітові глини, глауконіти тощо. Часто ці мінерали слугують меліорантами, оскільки їх внесення значно поліпшує фізико-хімічні властивості ґрунту, створює сприятливіші умови для росту і розвитку рослин. Їх можна розкидати по поверхні ґрунту з наступним заорюванням плугами з передплужниками

на глибину 30-35 см або створювати прошарки в ґрунті – екрани.

Для видалення радіонуклідів з орного шару рекомендується промивати його розбавленими розчинами соляної та сірчаної кислот, нітрату і сульфату амонію та кальцію, хлорного заліза. Всі розглянуті спеціальні способи зменшення надходження радіоактивних речовин у рослини здебільшого дуже дорогі, тому їх слід застосовувати за дуже високої щільності забруднення на невеликих площах.

Таким чином, сукупність природних і економічних умов обумовила поділ сільськогосподарських угідь на **типи ґрунтів** та **агровиробничі групи**. Прийнята номенклатура ґрунтів нараховує близько 650 їх видів, а з урахуванням механічного складу, материнської породи, ступеню еродованості, засоленості і кислотності та ін. – більше тисячі підвидів.

Аналіз якісного і екологічного стану земель України і спрямованості деградаційних процесів дозволяє зробити наступні висновки:

1. Україна володіє значним земельно-ресурсним потенціалом. Ґрунтовий покрив характеризується високою продуктивністю. Більше третини території України відноситься до особливо цінних земель. Помірність клімату, відносно достатня забезпеченість вологою, незначна крутизна схилів дозволяє вирощувати великі врожаї сільськогосподарських культур.

2. В умовах реформування аграрного сектору, та появі нових форм власності на землю відбувається зростання проблем, пов'язаних із погіршенням якісного стану і деградацією сільськогосподарських земель.

3. Основна причина погіршення якісного стану земель криється в різкому скороченні державного фінансування програм і заходів щодо відтворення і підвищення родючості ґрунтів, здійснення протиерозійних заходів, меліорації земель тощо. Майже до мінімуму зведене внесення мінеральних і особливо органічних добрив, практично не проводиться робота щодо захисту земель від забруднення.

4. Несприятливі зміни якісного стану земель обумовлюють скорочення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції.

2.4. Кліматичні ресурси та їх раціональне використання в сучасних агротехнологіях

Технологія вирощування сільськогосподарських культур є результатом не лише глибоких знань закономірностей росту і розвитку рослин (біологічних особливостей культури), а й уміння найбільш доцільно впроваджувати їх у конкретних умовах кліматичного

потенціалу.

Врахування кліматичних умов території певної природної зони у сільському господарстві дозволяє адаптувати агротехнічні заходи для досягнення ефективних результатів і стабільних врожаїв на кожній конкретній ділянці. Кліматичні ресурси використовують для визначення комплексу найбільш ефективних агротехнічних заходів, які необхідно застосувати для зменшення впливу несприятливих метеорологічних умов.

Кліматичні умови, такі як кількість тепла, коливання температури, сонячна радіація, тривалість періоду вегетації, а також обсяг і розподіл опадів, є важливими чинниками, які визначають географію розподілу сільськогосподарських культур і їхні темпи розвитку.

Світло основний абіотичний чинник, який впливає на утворення пластичних речовин (фотосинтез). Без нього не можливі життєві процеси більшості рослин, причому має значення не лише інтенсивність, а й склад сонячного світла. Кожна географічна зона характеризується різним світловим режимом (спектральний склад світла, інтенсивність радіації, тривалість освітлення).

Більшість сільськогосподарських культур є досить чутливими до умов освітлення, особливо на початкових етапах вегетації, у фазах сходів, утворення генеративних органів. За реакцією на інтенсивність та тривалість освітлення, рослини умовно діляються на групи: **довгого дня** переходять від вегетативного етапу розвитку до генеративного, тобто зацвітають за тривалості світлового дня понад 12-17 год. До них належить більшість рослин помірної смуги – пшениця, жито, овес, ячмінь, горох, льон, мак, конюшина, люцерна, буряки, морква, картопля, редис, салат тощо. Рослини **короткого дня**, навпаки, нормально розвиваються за тривалості світлового дня 8-12 год. Це рослини південних широт – кукурудза, просо, соя, квасоля, чина, сорго, бавовник, еспарцет, гарбузи, кавуни, суданська трава, огірки, могар та інші. **Проміжні**, або **нейтральні**, культури цвітуть і плодоносять, зовсім не реагуючи на тривалість світлового дня (гречка, деякі бобові тощо). Такий поділ є дещо умовним. Так, горох, вика яра та озима (мохната), жито, ячмінь, пшениця, гарбузи, кабачки, кормові та цукрові буряки, соняшник, буркун, ріпак, кукурудза, люцерна та інші добре ростуть в умовах Степу, Полісся та Лісостепової зони. Стимуляція швидкого цвітіння і плодоношення досягається вкороченням періоду освітлення.

При введенні нових рослин у практику землеробства (інтродукції) важливо враховувати тривалість світлового дня і ночі. Рослини, які

походять з низьких широт (південні рослини), частіше є рослинами короткого дня. При їх введенні в умови високих широт, де тривалість світлового дня довша, вони можуть розвиватися повільно, не завжди досягати повноцінного дозрівання або навіть не цвісти (коноплі).

Вплив *видимого світла на рослини* оцінюють за щільністю випромінювання, спектральним складом, тривалістю освітлення. Реакція рослин на тривалість освітлення називають *фотоперіодизмом*. В процесі вивчення фотоперіодизму і фотохімічних реакцій рослин виявили, що для рослин довгого дня у весняно-літній період притаманний прискорений ріст. У другій половині літа, коли відбувається скорочення світлового дня, ростові процеси рослин уповільнюються. У результаті рослини довгого дня до настання морозів не завжди встигають сформувати комплекс покривних тканин – перидерму, що може викликати втрату зимостійкості. Це потрібно враховувати для інтродукції рослин у високих широтах. Переміщення у північні райони деяких культур, наприклад конюшини, обмежують не зимові морози, а характер фотоперіодичних реакцій.

Культивування рослин короткого дня в умовах довгого світлового дня може викликати гігантизм вегетативних частин, затримання розвитку органів розмноження. Наприклад, у цибулі та буряків відбувається збільшення запасуючих органів, тоді як картопля, що належить до рослин довгого дня, дає найбільші бульби восени, коли тривалість дня помітно менша за мінімальну для її надземних частин. Рослини, які вимагають довгого світлового дня для нормального розвитку, можуть проявляти скорочення міжвузлів і формування приземних розеток листків, коли вирощуються в умовах, де світловий день короткий.

Оскільки розвиток органів розмноження негативно корелює з розвитком вегетативних органів, цю практику застосовують для вирощування рослин. Підготовка рослин як довгого, так і короткого дня до перезимівлі успішно відбувається за скорочення тривалості світлового дня. Навесні збільшення тривалості дня для рослин, яким властиві фотоперіодичні реакції, є сигналом для пробудження бруньок та відновлення вегетації.

За вимогливістю до інтенсивності освітлення всі культури можна розділити на три групи: *світлолюбіві* – цукрові буряки, соняшник, рис, соя, томати, морква, бавовник, баклажани, огірки, люцерна, чина, кукурудза, сорго, просо, суданська трава, стокolos безостий, буркун білий, еспарцет, вика та культури, які добре ростуть і вегетують за менш

інтенсивного освітлення, тобто *тіневитривалі* – грястиця збірна (садова трава), овес, ячмінь, жито, люпин, конюшина червона, біла і рожева, кормові буряки, картопля, бруква та турнепс. Гречка і більшість зернових добре ростуть і розвиваються як за недостатнього, так і за надмірного освітлення (*проміжні*).

За часткового затінення у деяких рослин може зростати розмір листових пластинок, особливо за достатнього азотного живлення. Це проявляється, наприклад, у змішаних посівах сої і кукурудзи. Рослини, які погано витримують затінення в сумісних посівах витягуються, погіршується їх кущення і пагоноутворення, зменшується надземна і коренева маса, а також вміст у рослинах жиру і цукрів, при цьому може збільшуватись вміст клітковини і фосфору.

Світло впливає на якісні показники і інших сільськогосподарських культур, зокрема вміст цукрів у плодах баштанних культур, буряках збільшується в залежності від кількості сонячних днів впродовж періоду вегетації.

Від факторів сонячної радіації, певною мірою залежить біологічна активність шкідників і збудників хвороб сільськогосподарських рослин. Наприклад зернові, що вирощують на південних схилах, менше пошкоджуються шкідниками та уражуються хворобами порівняно з посівами, висіяними на схилах інших експозицій.

Для значної кількості рослин світло, яке потрапляє на вологе насіння, є обов'язковим чинником, що забезпечує його проростання. Насіння інших рослин може проростати без впливу світла, однак за наявності видимого випромінювання процес проростання відбувається краще, наприклад у моркви. Зволожене, опромінене, а потім висушене насіння зберігає ефект, викликаний світловим подразненням, і краще проростає після висіву його у ґрунт. Для деяких рослин світло є чинником, який гальмує проростання насіння, наприклад для багатьох гарбузових.

Сонячна енергія – незамінний обов'язковий екологічний фактор існування рослин і біосфери в цілому. Вся поверхня Землі одержує за рік від Сонця, за приблизними оцінками $21 \cdot 10^{20}$ Дж тепла. Зелені рослини в процесі фотосинтезу засвоюють лише від 0,5 до 5,0 % сонячної енергії.

Продуктивність фотосинтезу в значній мірі визначає **орієнтування листової пластинки до світла**. Виділяють три способи орієнтування:

1. **Горизонтальне** — перпендикулярно сонячним променям. У даному випадку максимально засвоюються промені за знаходження сонця у зеніті.

2. **Паралельне** — листкова пластинка розміщена вертикально. Засвоєння сонячних променів краще вранці та ввечері.

3. **Дифузне** — листки розміщені вертикально і горизонтально. В цих умовах сонячна радіація засвоюється в повній мірі на протязі всього дня.

4. **Еректоїдне** — листові пластини листків розміщені майже вертикально, під кутом 45° до основи стебла, що дозволяє в рівній ступені використовувати сонячну енергію різними шарами листків (верхнім, середнім, нижнім).

Рослини високих широт в умовах низького сонцерозміщення частіше мають вертикальну орієнтацію листків. У рослинництві для практичного застосування цих положень використовують змішані посіви шляхом підбору кормових трав з різною орієнтацією листків для забезпечення високого врожаю фітомаси (О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А Білоножко, 2001).

Світловий режим регулюють за допомогою поліпшення рівномірності розміщення рослин на площі (застосування відповідних способів сівби), густоти стояння рослин, орієнтування рядків з півночі на південь, знищення бур'янів, правильного використання схилів південного напрямку у процесі вирощування світлолюбних рослин.

Тепло. Життєдіяльність рослин проходить у визначених інтервалах температур: у зоні оптимуму, мінімуму і максимуму. В зоні мінімуму або максимуму спостерігається припинення активної діяльності організму. У першому випадку низькі температури (холод), у другому — високі температури (спека) викликають процес відмирання рослин. Таким чином, температура визначає межі ростових процесів.

Температурні показники вегетаційного періоду суттєво впливають на рівень продуктивності сільськогосподарських культур. Потреба в теплі неоднакова як у різних культур, так і в однієї рослини на протязі різних фаз розвитку. Якісний вплив теплових ресурсів на рослинні організми визначається специфікою їх індивідуального розвитку, на різних стадіях якого вимоги змінюються. Короткочасний вплив екстремальних температур (**температурний стрес**), особливо низьких, на певних стадіях визначає хід подальшого розвитку рослинних організмів. Наприклад, озимі сорти пшениці можна пристосувати до весняної сівби за допомогою яровизації, яка полягає у витримуванні насіння протягом кількох діб в умовах низьких температур, за яких гальмується розвиток рослин, що збільшує імовірність формування продуктивних органів (пагонів).

Яровизація це якісні зміни, які є передумовою утворення рослиною

(в процесі подальшої вегетації) генеративних органів. Культури, стадія яровизації яких відбувається за не високих температур, називають **озимими**, тому їх необхідно висівати восени. Дану стадію можна викликати штучно, створивши відповідні температурні умови.

У культур ярого (весняного) строку сівби дані якісні зміни в насінні або сходах відбуваються за звичайних температур. Такі культури дістали назву – **ярі**. Є й проміжна група культур – **озимо-ярі** або **дворучки**. Наприклад, дворучки ячменю, можна висівати як восени, так і навесні. Серед бобових культур є зимуючі форми гороху, озимо-ярі та зимуючі форми вики мохнатої паннонської.

Диференціація тепла на планеті – основа широтної зональності і висотної поясності рослинності і ґрунтів. Кількість тепла змінюється внаслідок зменшення висоти сонцезосміщення та кута падіння променів від екватора до полюсів. Середньодобова температура біля екватора становить +26,2 °С, біля 30° північної широти вона дорівнює +20,3 °С, а на широті 60° північної широти знижується до -1 °С.

Важливе значення у житті рослин має максимальне значення високої і низької температура (абсолютний максимум і абсолютний мінімум), що спостерігається в даній кліматичній зоні, середня температура найбільш теплого і холодного місяців. Дані про біологічні мінімуми сприяють правильному визначенню оптимальних строків сівби (табл. 4).

У рослинництві для визначення теплових умов вегетаційного періоду використовують показник **суми активних температур**, який враховує накопичену кількість позитивних середньодобових температур вище +10 °С. Цей показник визначає, наскільки сприятливий регіон для вирощування певної культури за тепловими ресурсами.

Для росту і розвитку більшості сільськогосподарських культур оптимальною температурою є +21-25 °С, за підвищення температурних режимів відмічається скорочення тривалості окремих фенологічних фаз, або вегетаційного періоду в цілому.

Культури північної широти за середньодобової температури більше +23-24 °С за період сходи-цвітіння негативно реагують на підвищення температури, або знаходяться у пригніченому стані. В даному випадку цей період подовжується. У період цвітіння-дозрівання температура має велике значення – чим вона вища, тим швидше відбувається досягання.

За вимогливістю до тепла сільськогосподарські культури умовно можна розділити на три групи: **холодостійкі** які мають мінімальну температуру проростання насіння +1-2 °С (пшениця, жито, ячмінь, овес,

тритикале, горох, конюшина, люцерна, вика, тимофіївка та ін.). Дані культури в окремі періоди вегетації можуть витримувати пониження температури до мінус 10 °С, а багаторічні та озимі форми під час спокою – значно нижчі (озимий ячмінь – -14 °С; озима пшениця – -17-22 °С; жито – -25-28 °С).

4. Біологічні мінімуми (температура, нижче якої припиняється активна вегетація рослин), за даними О.Ф. Смаглія та ін., 2006

Культури	Температура (°С)			
	Сходи	Формування вегетативних органів	Формування генеративних органів	Плодоношення
Зернові культури				
Пшениця яра	4-5	4-5	10-12	12-10
Ячмінь	4-5	4-5	10-12	12-10
Овес	4-5	4-5	10-12	12-10
Просо	10-11	10-11	12-15	12-10
Кукурудза	10-11	10-11	12-15	12-10
Сорго	12-13	12-13	15-18	15-12
Гречка	7-8	7-8	10-12	12-10
Зернобобові культури				
Вика	4-5	4-5	10-12	12-10
Горох	4-5	4-5	8-10	12-10
Сочевиця	4-5	4-5	12-15	12-10
Чина	4-5	4-5	12-15	15-12
Нут	5-6	5-6	12-15	15-12
Люпин однорічний	5-6	5-6	8-10	12-10
Боби	5-6	5-6	8-10	12-10
Соя	10-11	10-11	15-18	12-10
Квасоля	12-13	12-13	15-18	15-12
Арахіс	14-15	14-15	18-20	15-12
Олійні та прядивні культури				
Рижій	2-3	2-3	8-10	12-10
Гірчиця біла	2-3	2-3	8-10	12-10
Ріпак ярий	2-3	2-3	8-10Ю	12-10
Соняшник	7-8	7-8	12-15	12-10
Льон	5-6	5-6	10-12	12-10
Коноплі	2-3	2-3	10-12	12-10
Бавовник	14-15	14-15	15-20	15-12

Середньохолодостійкі – мінімальна температура проростання насіння даних культур складає – +3-6°С (соняшник, буряки, льон, боби,

люпин та ін.). **Теплолюбиві культури** – насіння яких починає проростати за температури +8-14°C (кукурудза, сорго, просо, рис, соя, бавовник, томати, арахіс, рицина, тютюн та ін.). В польових умовах сходи рослин можна отримати за температури ґрунту на 2-3 °C вищій, за мінімальну температуру проростання насіння. Теплолюбиві культури за температури нижче 0 °C можуть загинути, тобто вони сильно чутливі до повернення весняних заморозків.

Температурний режим ґрунту є важливим фактором для росту і розвитку рослин, а також життєдіяльності ґрунтових організмів.

Оптимальним діапазоном для росту більшості культурних рослин є температура в межах +20-30 °C. Як низькі температури знижують інтенсивність фізіологічних процесів у рослинному організмі, так і надмірно високі – посилюють процеси розкладу життєво необхідних органічних речовин і сповільнюють синтетичні процеси.

Джерелом тепла для ґрунту є в більшій мірі світлова енергія Сонця, а також енергія розкладання органічних речовин і внутрішнє тепло Землі. **Температура ґрунту** істотно залежить від пори року, кольору поверхні, затінення рослинністю, рельєфу, структури, вологозабезпечення та повітряного режиму ґрунту.

Тепловий режим ґрунту визначається теплообмінними процесами в системі «приґрунтовий шар повітря – рослина – ґрунт – материнська порода» і регулюється різними методами. Сюди відноситься: зміна рослинного покриву (затінення), регулювання водно-повітряного співвідношення в ґрунті за рахунок обробітку, зрошення та осушення, мульчування (світле – солома, тирса, листя; темне – торф, чорні плівки для темного), снігозатримання для захисту від низьких температур, ущільнення снігу для кращого проморожування незамерзлого ґрунту та інші заходи.

Температурні показники впливають на розвиток надземної та підземної частини рослин. Зокрема, за **низької температури** коренева система рослин розвивається краще, ніж надземна частина.

Рання сівба сприяє кращому розвитку кореневої системи, що особливо важливо для забезпечення підвищеної посухостійкості в умовах дефіциту вологи. **Пізня сівба**, навпаки, сприяє інтенсивному розвитку надземної частини, що дуже важливо для ефективної боротьби з бур'янами у зв'язку з покращенням конкурентоздатності культурних рослин та наявністю резерву часу для передпосівного знищення бур'янів.

За підвищеної температури ґрунту вузол кущення у злакових

культур формується ближче до поверхні ґрунту, що впливає на зимостійкість рослин та їх урожайність.

Нижня температурна межа активності фізіологічних і біохімічних процесів, а також життєдіяльності деяких культур, знаходиться біля 0°C . Вода, що складає 70-95 % маси вегетуючих рослин, у клітинах знаходиться у вигляді клітинного соку та біолоїдів плазми й замерзає за значно нижчих температур ніж дистильована вода. Тому фізіологічні процеси у холодостійких рослин можуть відбуватися навіть за температури нижче 0°C . Наприклад, у тропічних рослин фотосинтез зупиняється за температури $+4-8^{\circ}\text{C}$, тоді як у сосни та ялини він триває навіть за температури -5°C .

Багатьом рослинам властива періодичність процесів, пов'язана з добовими коливаннями температури навколишнього середовища (**термоперіодизм**). Деякі процеси краще протікають за високих денних температур, інші – за низьких нічних. Співвідношення денної та нічної температури має велике значення. Чим довша ніч (**темнова фаза фотосинтезу**) і вища температура, тим інтенсивніше відбувається дихання рослин, витрачається більше накопиченого за день енергетичного матеріалу (вуглеводів, цукрів, БЕР), що зменшує добовий приріст врожаю.

Кількість тепла визначає швидкість та характер проходження фотосинтезу через вплив температури на ферменти, що контролюють біохімічні реакції, а також на самі процеси. Оптимальна температура для фотосинтезу відрізняється від тієї, що оптимальна для дисиміляції. Занадто високі або низькі температури можуть призвести до втрати ферментами їхньої активності.

Фотосинтез і ростові процеси у рослин можуть відбуватись за значних змін температури повітря, які коливаються від $+6-8^{\circ}\text{C}$ до $+32-34^{\circ}\text{C}$. Оптимальні для вегетації кукурудзи, сої, суданської трави, люцерни і еспарцету є температурні умови в межах $+26-28^{\circ}\text{C}$; для пшениці, жита, гороху, вики, бобів, цукрових і кормових буряків – $+22-24^{\circ}\text{C}$; для вівса, картоплі, злакових і бобових багаторічних трав – $+18-20^{\circ}\text{C}$, а іноді і $+14-16^{\circ}\text{C}$.

Температура навколишнього середовища є визначальним фактором для періоду розвитку рослинних організмів. Існують дві концепції, які пояснюють залежність часу розвитку від температурних умов.

Перша концепція ґрунтується на закономірності, відомій як **правило Вант-Гоффа**, яке стверджує, що швидкість біологічних процесів подвоюється або потроюється зі збільшенням температури на

10 °C.

Друга концепція базується на основі суми активних температур, яка відображає кількість тепла, необхідного для завершення процесів розвитку рослинних організмів.

5. Температурний режим ґрунту за висіву та проростання насіннєвого матеріалу сільськогосподарських культур, °C

Культура	мінімальна температура для проростання насіння	оптимальна температура для сівби	Культура	мінімальна температура для проростання насіння	оптимальна температура для сівби
Пшениця озима	1-2	15-18	Квасоля	8-10	12-15
Жито озиме	1-2	15-18	Соняшник	3-4	6-8
Ячмінь озимий	1-2	15-18	Льон	3-5	5-6
Пшениця яра	1-2	4-5	Коноплі	1-3	7-10
Ячмінь ярий	1-2	4-5	Буряки столові	4-5	7-8
Овес	2-3	4-5	Буряки кормові	2-5	6-7
Кукурудза	8-10	10-12	Ріпак	1-2	2-3
Просо	8-10	10-12	Рижій	1-2	2-3
Сорго	8-10	10-12	Бавовник	12-15	15-18
Рис	11-12	14-15	Морква	3-4	5-6
Гречка	5-8	14-15	Капуста	6-8	6-8
Горох	2-3	4-5	Томати	10-12	10-12
Мак	2-3	4-5	Огірки	10-12	13-15
Люпин синій	2-4	4-5	Картопля	7-8	8-10
Люпин жовтий	3-5	5-6	Конюшина	1-2	4-5
Вика озима	2-3	15-18	Люцерна	1-2	4-5
Вика яра	2-3	4-5	Еспарцет	1-2	4-5
Боби	3-5	6-8	Середела	1-2	4-5
Чина	3-4	4-5	Суданська трава	10	10-12
Сочевиця	3-4	5-6	Могар	8-10	10-12
Нут	4-5	5-6	Гірчиця	1-2	2-3
Соя	8-10	10-12	Баштанні	12-15	15-17

Вік рослин або стадію її розвитку розглядають за допомогою поняття «**біологічний годинник**», вимірюваного за десяти- або стобальною шкалою. Основними факторами, що впливають на розвиток рослин, є температура та тривалість світлового дня (табл. 5).

Кожен перехід між фазами розвитку рослин відбувається лише за

умови, що температура перевищує певний поріг t_n , який відомий як **біологічний мінімум**. У процесі проходження різних фаз розвитку цей температурний поріг поступово зростає.

Для повного проходження міжфазного періоду рослинам потрібно накопичити певну суму температур, яка перевищує біологічний мінімум, що також можна розглядати як пороговий показник – **сума ефективних або біологічних температур**. Середньодобова температура, що перевищує біологічний мінімум протягом визначеного періоду розвитку культури, називається **активною**.

Протягом вегетаційного періоду кожна культура повинна накопичити певну суму фізіологічно активних температур, за яких інтенсивно відбуваються фізіологічні процеси. Для холодостійких культур мінімально активна температура становить $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище, тоді як для теплолюбних культур цей поріг складає $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище.

Сума фізіологічно активних температур є важливим показником для розвитку та дозрівання різних сільськогосподарських культур. Вона визначається як сума середньодобових температур повітря за період вегетації рослини, за винятком температур нижче певного порогу, зазвичай $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ для більшості культур. Наприклад, сума фізіологічно активних температур для ячменю має становити $1700\text{--}2100\text{ }^{\circ}\text{C}$, цукрових буряків – $2400\text{--}3700\text{ }^{\circ}\text{C}$, для рису – $4000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Якщо вона менша, культури не дозрівають.

Порівняння температурних ресурсів території з потребами рослин допомагає визначити, чи буде даний регіон придатним для вирощування певної культури чи ні. Це дозволяє оптимізувати проведення агротехнічних заходів, вибір культур і планування сільськогосподарських робіт для забезпечення високої врожайності та якості продукції. З підвищенням середньодобової температури в оптимальних межах розвиток рослин прискорюється, а тривалість міжфазних періодів скорочується. Якщо за добу середньодобова температура менша за біологічний мінімум, то сума активних і біологічний час не змінюються.

Для однорічних культур підрахунок **суми фізіологічно активних температур** здійснюють від дати сівби або появи сходів, для багаторічних і озимих – від дня, коли середньодобова температура досягла $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для озимих також від дати сівби).

Рослини є важливою складовою екосистеми, впливаючи на динаміку та вертикальний розподіл температур повітря і ґрунту, одночасно зазнаючи зворотного впливу. **Теорія температурних**

градієнтів середовища рослин підкреслює різні пристосування та вимоги до температури надземних і підземних органів рослин: надземні органи реагують на коливання температури повітря через механізми захисту, як-от транспірація, тоді як підземні органи стабільніші, розвиваючись на різних глибинах для оптимального поглинання води та поживних речовин.

Значна частина вищих рослин легко витримує мінусовий температурний градієнт середовища в період вегетації рослин вдень, за якого температура ґрунту на 3-8 °С нижча від атмосферної температури.

За високих температур коренева система розвивається слабо, неглибоко проникає у ґрунт, тому рослини не можуть ефективно використовувати вологу й поживні речовини з нижніх ґрунтових горизонтів. В зв'язку із цим настає параліч продихів листків, і вони безконтрольно випаровують (втрачають) воду. Найшкідливішими є високі температури за одночасного дефіциту води (засуха).

Підвищення плюсового градієнта викликає раннє фізіологічне старіння багатьох видів рослин, що проявляється в порушенні обміну речовин з утворенням отруйних продуктів гідролізу, які сприяють відмиранню тканин, точок росту, обпадання бутонів і зав'язі, в'янення, ураженню хворобами та ін.

Теплоємність, або здатність ґрунту поглинати тепло, залежить від співвідношення твердої фази, повітря і особливо вологи. Вологий ґрунт нагрівається гірше, ніж сухий. Ґрунти з важким гранулометричним складом нагріваються і охолоджуються повільніше, ніж легкі (піщані) ґрунти. Ці показники також впливають на **теплопровідність ґрунту**, визначаючи його здатність проводити тепло.

В добовому співвідношенні, опівдні ґрунт нагрівається найбільше, тобто в світловому потоці у даний час найбільше інфрачервоних (теплових) променів. Вночі ґрунт охолоджується. При цьому добове коливання температурних показників ґрунту істотно впливає на проростання насіння культурних рослин. Ярі культури за відношенням до температури ґрунту під час проростання насіння діляться на три групи:

- 1) **ранні ярі** – насіння проростає за температури ґрунту +2-3 °С;
- 2) **середньоранні** – насіння яких проростає за температури +5-7 °С;
- 3) **пізні ярі** – насіння проростає за температури ґрунту +10-12 °С (досить теплолюбиві культури).

Для **озимих культур** строки сівби не визначаються чітко за температурними показниками, а встановлюються календарно відповідно

до кожного регіону.

Кожен вид рослин має свої температурні межі, необхідні для проростання насіння. Для зернових культур, наприклад, *мінімум* знаходиться в діапазоні 0-5 °С, *оптимум* – в межах +20-25 °С, а *максимум* – в межах +30-40 °С. Для кукурудзи – відповідно +8-10, +30-35 та +40-50 °С.

Температура ґрунту в кореневмісному шарі суттєво впливає на мінеральне живлення рослин. Встановлено, що при температурі ґрунту +32 °С фосфор засвоюється корінням утричі краще, ніж при – +20 °С. У холодному ґрунті нітрати засвоюються погано, тому на таких ґрунтах краще використовувати амонійні добрива.

При зниженні температури ґрунту гази стискаються, а при підвищенні – розширюються. Вночі ґрунт охолоджується, повітря стискається, і свіже повітря надходить із атмосфери в ґрунт. Удень ґрунт нагрівається, і частина повітря витискається з нього. Таким чином, ґрунт «дихає»: вночі – вдих, удень – видих.

Регулювання температурного режиму ґрунту проводиться наступними агрозаходами: розміщенням теплолюбних культур на рівнині та на схилах південної експозиції, а холодостійких – в низинах і на північних схилах; розміщенням польових культур з урахуванням елементів рельєфу; проведенням в оптимальні строки ущільнення (коткування) ґрунту; внесення органічних добрив, компостів, заорювання сидератів і рослинних залишків; мульчуванням ґрунтів соломною, торфом, перегноєм та іншими темними матеріалами; для зменшення втрат тепла ґрунтом здійснюють снігозатримання; для зрошення використовують воду із температурою більшою за температуру ґрунту; у районах, де ґрунт перезволожений та має недостатню температуру, проводять гребеневі та грядкові посадки і посіви; за можливістю весняну сівбу здійснюють на більшу глибину з наступним прикочуванням.

Волога. Процеси життєдіяльності на рівні клітин, тканин і організмів неможливі без достатнього вологозабезпечення. Органи та частини рослин мають від 50 % до 90 % води, а іноді й більше. Вода є незамінним компонентом живої клітини. Зневоднення організму спочатку уповільнює, а потім зупиняє процеси життєдіяльності. Найвищий рівень зневоднення, за якого зберігається життя і відновлюються життєві процеси, відбувається у спор і насіння, за зниження вмісту води до 8-12 %.

Холодостійкість і жаростійкість рослин залежать від рівня

вологоутримування. Вода є ключовим елементом для ґрунтового живлення, фотосинтезу та ферментативних процесів у рослинах. Майже вся вода у рослині (99,5 %) служить для підтримки тургору, лише невелика частка (0,5 %) використовується для синтезу органічних речовин. Для утворення 1 г сухої маси рослинам необхідно від 250 до 500 г води і навіть більше. Це співвідношення відоме як **транспіраційний коефіцієнт**, який значно варіює у різних видів і сортів рослин. Важливо враховувати, що величина транспіраційного коефіцієнту прямо залежить від посушливості клімату, тому в однакових сортів коефіцієнт транспірації може відрізнятися в залежності від екологогеографічних умов.

Транспірація в клітинах листків викликає всмоктувальну силу, яка забезпечує переміщення води з розчиненими в ній речовинами від коренів до листків. Якщо випаровування води з рослини перевищує її поглинання з ґрунту, то рослина втрачає тургор і починає в'янути.

Організми поділяють за значенням води в житті на **пойкілогідричні**, які можуть переносити зневоднення тканин через зниження вологості середовища, і **гомойогідричні**, які вимагають стабільного вмісту води в своїх тканинах.

Мезофітні рослини є особливо чутливими до нестачі води: втрата лише 1 % води, для них, може спричинити в'янення. У степових ксерофітів, наприклад, втрата навіть 25 % води не призводить до зупинки життєдіяльності. Рекордсменом серед них є трофічний мох (сфагнум), який може витримати втрату води до 95-97 % без негативних наслідків для організму.

Водний баланс рослин визначається різницею між тим, скільки води вони поглинають корінням і тим, скільки води вони втрачають через транспірацію та випаровування. На **водний баланс** значно впливають умови зовнішнього середовища, такі як вологість повітря, опади, рівень залягання підземних вод, напрямок і швидкість вітру.

Запаси вологи в ґрунті навесні оцінюють наступним чином:

- **добрі**, коли вони становлять 90 % і більше найменшої польової вологоємності (160-180 мм продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см);
- **задовільні** – 70-90 % найменшої польової вологоємності (130-150 мм продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см);
- **недостатні** – 40-70 % від найменшої польової вологоємності (80-120 мм продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см);
- **дуже незадовільні** – менше 40 % від найменшої польової вологоємності (50-70 мм і менше продуктивної вологи в метровому шарі

грунту).

Рослини поглинають воду наступними шляхами:

- 1) засвоєння за допомогою кореневої системи;
- 2) адсорбція водяної пари (переважно нижчі рослини – мохи, лишайники, водорості);
- 3) отримання вологи з атмосферних опадів.

Рослини виділяють воду в навколишнє середовище:

- 1) шляхом транспірації (залежить від відносної вологості повітря, вітру, температури та ін.);
- 2) через екскрецію (*гутация*, або плач рослин).

Зайва **вологість повітря** має негативні наслідків для зернових культур: вона сприяє вилягання рослин, ускладнює нормальне запилення, гальмує процес підсихання зерна і соломи, а також ускладнює збирання врожаю. Крім цього, вона сприяє поширенню збудників грибкових хвороб.

Недостатня вологість повітря, коли вона менше 30 %, викликає ряд негативних наслідків для рослин, що включає підсихання листків і зниження їхнього фотосинтетичного потенціалу, пересихання пилку і недостатнє запліднення, що може спричинити слабе закладання бруньок. Крім того, такі умови погіршують якість льоноволокна, сприяють осипанню зерна і можуть призводити до дострокового його досягання. Однак низька вологість може покращувати хлібопекарські якості пшениці та вміст цукру в коренеплодах цукрових буряків.

Важливим аспектом для сільського господарства є здатність рослин переносити **тимчасове затоплення**. Озимі зернові можуть витримувати такі умови впродовж 5-10 днів, тоді як багаторічні кормові трави, такі як лисохвіст лучний, канарник тростинний, тонконіг лучний, тимофіївка лучна, вівсяниця, райграс пасовищний і конюшина біла, здатні переносити затоплення до 20-30 днів.

Нами закладені досліді із вивчення особливостей вирощування міскантусу гігантського для енергетичних цілей в умовах ТОВ «Міскантус технолоджи» селище Кам'яний брід Звягілівського району Житомирської області (перша плантація 50 га закладена в 2023 році, в перспективі до 2027 року – 2,5 тис. га). Ґрунти – дерново-слабоопідзолені глинисто-піщані за механічним складом. Гумусово-елювіальний горизонт має ясно-сіре забарвлення товщиною 18-22 см. Глибина залягання ґрунтових вод більше 1,8 метра. Вміст гумусу (за Тюрнімом) у верхньому шарі ґрунту становив 2,55-2,64% з глибиною кількості його різко зменшується, а на глибині 50-60 см він був

практично відсутній. Ґрунт мав кислу реакцію ґрунтового розчину рН 5,27-5,36, високу гідролітичну кислотність, низьку суму ввібраних основ та насиченість основами. Вміст легкогідролізованого азоту становив 67,2-70 мг/кг, рухомого фосфору – 86-95 мг/кг, обмінного калію 62-66 мг/кг, кальцію 2,44-2,81 ммоль/100гр та магнію 0,38-0,44 ммоль/100гр. Проводиться вивчення можливості вирощування його в регіонах, що мають низькородючі землі та надмірну зволоженість ґрунтів.

Польові культури негативно переносять близьке залягання *ґрунтових вод* на глибині 60-80 см. Люцерна посівна добре росте лише там, де рівень ґрунтових вод не перевищує 120-140 см. У той же час, при таких умовах добре ростуть хрестоцвіті рослини, такі як ріпак, перко, суріпиця озима; коренеплоди, наприклад буряки кормові, турнепс, бруква, морква; злакові культури, включаючи овес, ячмінь, кукурудзу; бобові рослини, такі як горох, боби, люпин. Суданська трава, сорго, могар, просо, соя, еспарцет, соняшник, цукрові буряки та інші види володіють достатньою вологою і можуть успішно рости при глибшому заляганні ґрунтових вод у діапазоні 180-260 см. Їх потужна коренева система здатна засвоювати вологу з верхніх шарів ґрунту, які мають постійне зволоження, що часто зустрічається у Лісостепу і Степу на глибині 2-3 метри.

Вологість ґрунту – це вміст води у ньому, розрахований у відсотках до маси сухого ґрунту.

Визначення запасів продуктивної вологи в ґрунті є ключовим критерієм перед початком весняно-польових робіт. Ця оцінка має особливе значення, оскільки вона дозволяє прогнозувати урожайність, адаптувати технології вирощування сільськогосподарських культур і планувати заходи зі збереження та накопичення вологи восени. Перед посівом озимих культур крім загальних запасів вологи, важливо враховувати зволоженість верхнього шару ґрунту, оскільки це безпосередньо впливає на якість і однорідність сходів рослин (табл. 6).

Для формування дружних сходів більшості сільськогосподарських культур необхідно, щоб *запаси продуктивної вологи* в орному шарі ґрунту становили 20-30 мм. Наприклад, при посіві пшениці, якщо запаси продуктивної вологи досягають до 5 мм в орному шарі ґрунту, сходів не буде. При запасах 10 мм сходи з'являються, але вони починають частково засихати і зріджуватися. Запаси вологи від 11 до 20 мм створюють задовільні умови для з'явлення сходів, а при запасах понад 20 мм завжди формуються дружні сходи.

6. Оцінка запасів продуктивної вологи в різних шарах ґрунту

Шар ґрунту, см	Запаси води, мм	Якісна оцінка запасів води
0-20	>40	добрі
	40-20	задовільні
	20	незадовільні
0-100	160	дуже добрі
	160-130	добрі
	130-90	задовільні
	90-60	погані
	<60	дуже погані

Для успішного вирощування польових культур необхідно забезпечити оптимальний рівень вологості ґрунту протягом усього вегетаційного періоду. Високий урожай досягається за весняних запасів вологи в метровому шарі ґрунту у межах 200 мм та підтриманні вологості на рівні 70-80 % найменшої вологості (НВ). Важливо, щоб на момент колосіння цей показник був не менше 80-100 мм. Надмірна вологість ґрунту (більше 80 % НВ) є несприятливою, оскільки порушує газообмін кореневої системи через дефіцит повітря, що може негативно вплинути на врожайність (табл. 7).

7. Потреба у волозі для проростання насіння різних культур, % від їх маси

Культура	Кількість води
Пшениця	48-59
Жито	64-78
Ячмінь	58-60
Овес	76-85
Кукурудза	25-35
Просо	25-27
Горох	110-115
Люпин	130-145
Вика	130-142
Льон	100-105
Цукрові буряки	115-120
Конюшина лучна	140-145

Рослини, які отримують достатню кількість поживних речовин, економніше витрачають вологу, причому інтенсивність поглинання води змінюється протягом вегетації. Використання вологи починається з набубнявіння насіння, і кількість необхідної вологи для нормального

проростання відрізняється для різних сільськогосподарських культур.

Організм рослин використовує вологу з ґрунту доти, доки поглинальна сила їхніх коренів може конкурувати з вбирною силою ґрунту. Коренева система розвиває всмоктувальну силу завдяки концентрації клітинного соку, що дозволяє використовувати більшу частину зв'язаної води. Коли всмоктувальна сила ґрунту різко підвищується, корені потребують води з ділянок ґрунту, вільних від коренів, або ж змушені збільшувати свою активну поверхню, рухаючись за водою.

Регулювання водного режиму ґрунту проводиться за допомогою:

- зрошення в умовах недостатнього зволоження і осушення перезволожених ґрунтів з проведенням подвійного режиму регулювання;
- врахування глибини залягання ґрунтових вод, зокрема за дуже високого рівня залягання ґрунтової вологи не лише підвищується вологість орного шару ґрунту, а й знижується аерація. Тому багаторічні насадження, зокрема плодові культури, не переносять високого рівня залягання ґрунтових вод;
- раціонального чергування культур у сівозміні;
- вирощування посухостійких сортів і гібридів та застосування диференційованої обробки ґрунту;
- використання лісонасаджень, кулісних парів та снігозатримання;
- використання парів та спеціальних (гребневих, грядкових) посівів;
- проведення щілювання багаторічних трав, озимих та зябу в осінній період на схилах за настання стійких приморозків;
- боронування та шлейфування для створення верхнього рихлого шару та порушення капілярності в орному шарі і збереження вологи у весняний період;
- боротьби з бур'янами;
- застосування органічних і мінеральних добрив;
- мульчування, для зменшення випаровування вологи з ґрунту, тобто укриття ґрунту шаром мульчі 1,0-2,5 см зменшує втрати вологи на 80-90 %.

Повітря. Сільськогосподарські культури добре ростуть на аерованих ґрунтах, де оптимальний повітряний режим забезпечується, коли повітря займає близько 20-25 % ґрунтових порожнин.

Атмосферне повітря складається з 78,08 % азоту, 20,95 % кисню,

0,93 % аргону та незначних кількостей неону, криптону, ксенону, гелію і водню. Рослини із атмосфери використовують для фотосинтезу вуглекислий газ (CO_2) і кисень (O_2) для дихання, причому кисень вони поглинають усією поверхнею протягом усього життя – від проростання насіння до завершення вегетації. Корені потребують кисню більше, ніж надземні органи.

Іноді рослини відчують кисневу недостатність, зокрема під товстим шаром снігу, за наявності льодяної кірки та затопленні посівів водою. У таких умовах рослини споживають більше кисню, ніж надходить з повітря, що порушує процеси дихання.

Вміст кисню в ґрунтовому повітрі непостійний і може змінюватись в межах від 20 до 5 % (вуглекислого газу – від 0,1 до 2,5 %). Недостатній доступ кисню спостерігається за утворення ґрунтової кірки, перезволоженні, надмірному ущільненні важких ґрунтів, що гальмує проростання насіння, ріст коренів, бульб, коренеплодів, діяльність бульбочкових бактерій і поглинання коренями поживних елементів. Це затримує лінійний ріст, нагромадження органічної маси рослин, знижує інтенсивність фотосинтезу, врожайність і якість продукції. Ріст коренів зупиняється або вони гинуть, якщо вміст кисню в ґрунтовому повітрі знижується до 5 %. Особливо чутливі до нестачі кисню бульбо- і коренеплідні культури, бобові та олійні.

Мінімальний вміст CO_2 у повітрі, необхідний для початку фотосинтезу, залежно від культури, становить від 0,008 до 0,01 % і називається **вуглекислим порогом фотосинтезу**. Вдень вміст CO_2 всередині посіву може знижуватися, викликаючи депресію фотосинтезу. Для утворення 6 тонн зерна (разом із соломою та кореневою системою) пшениці потрібно 20 тонн CO_2 , а для 40 тонн/га бульб картоплі – 30 тонн CO_2 . Зернові колосові культури під час інтенсивного росту засвоюють за добу 500-1200 кг CO_2 на 1 гектар посіву.

Ґрунт відіграє важливу роль у циклі вуглекислого газу, створюючи його унаслідок дихання корневих систем і мікроорганізмів, а також мінералізації органічних решток. Значна частина CO_2 надходить у повітря через дихання тварин, людей та діяльності промислових підприємств. Застосування добрив, зокрема азотних, сприяє кращій мінералізації органічної речовини, що підвищує біологічну активність ґрунту. Збільшення концентрації CO_2 в приземному шарі не лише стимулює фотосинтез, але й значно компенсує зниження вологості ґрунту, що періодично спостерігається під час вегетації культур.

У процесі вирощування сільськогосподарських культур ґрунти

ущільнюються, що призводить до зменшення обсягу ґрунтового повітря. Це може бути спричинене пересушенням ґрунтів, ущільненням під дією коліс ґрунтообробних, збиральних і транспортних машин, а також недостатнього розпилення струменів води під час зрошення.

Культурні рослини сівозміни по-різному реагують на показники *об'ємної маси ґрунту: витримують значне його ущільнення* (соняшник, кукурудза, сорго, суданська трава), *ростуть за деякого збільшення щільності* (цукровий і кормовий буряк, озимий і ярий ріпак, жито, пшениця, горох), *потребують добре аерованих ґрунтів* (картопля, топінамбур, люцерна).

Аерацію ґрунту покращують за допомогою механічного обробітку і висіву культур з добре розвиненою кореневою системою, яка сприяє дренажу ґрунту. Наприклад, розміщення кукурудзи після люцерни не вимагає переорювання ґрунту, оскільки корені люцерни покращують структуру ґрунту та його вентиляцію, що сприяє оптимальним умовам для наступних культур. Покращенню повітряного режиму ґрунту сприяє також використання сидератів та органічних добрив.

Вивчення впливу факторів життя на рослини, їх взаємодії є складним завданням землеробства. Завдяки надбанням агрономічної науки уже виявлено і певною мірою вивчено основні закономірності дії та взаємодії факторів життя і рослин, які відомі як *закони землеробства* (Закон рівнозначності та незамінності; Закон мінімуму; Закон мінімуму, максимуму та оптимуму; Закон повернення; Закон плодозмін; Закон сукупної дії факторів та ін.).

2.5. Вплив глобального потепління на агротехнології

Останнім часом усе більше набуває актуальності дискусія щодо зміни температурного режиму планети, яку часто ототожнюють із процесом глобального потепління. Однак підвищення середньодобової температури повітря пов'язане, швидше, із циклічністю клімату залежно від активності сонячної радіації.

Через очікуване глобальне підвищення температури повітря продовольча безпека України значною мірою залежатиме від того, як ефективно адаптується сільське господарство до змін агрокліматичних умов.

Прохолодно-волога фаза клімату, що почалася в 1978-1979 рр., закінчилася на початку XXI ст. Сучасно тепло-суха фаза розпочалася в період 2005-2007 рр., її максимум припав на 2011-2015 рр., а закінчення

– на 2025-2028 рр. У зв'язку із цим ці зміни, що гостро відчуються і в нашій країні, мають тимчасовий характер і не можуть бути лише антропогенним характером, а мають і циклічний характер.

Парникові гази (GES) відіграють головну роль у регулюванні клімату, забезпечуючи підтримання середніх температур на планеті на рівні + 15 °С замість +18 °С. До них належать, в основному, метан (CH₄), оксид діазоту (N₂O), діоксид вуглецю (CO₂) та водяна пара. Кожен з цих газів по-різному впливає на глобальне потепління. Парниковий ефект утворюють водяна пара та метан (72 %), а також CO₂ (28 %).

Вчені прогнозують **три основні напрями**, за якими відбудуватиметься **вплив глобального потепління** на об'єкти сільськогосподарського виробництва:

- посилення концентрації вуглекислого газу в атмосфері відобразиться на розвитку й рості польових культур і супутніх бур'янів;
- під впливом вуглекислого газу й інших компонентів легких газів в атмосфері (метану, окислів азоту та ін.) змінюватиметься клімат, що викличе значне коливання температури повітря, зміну режиму тривалості відкритого сонячного саява і кількості опадів, а це, в свою чергу, знайде відображення у продуктивності рослинництва та тваринництва;
- постійне підвищення температури повітря призведе до швидкого танення льодовиків та підняття рівня води в морях і океанах, це в свою чергу, призведе до затоплення значних прибережних територій і зменшення площі сільськогосподарських угідь.

Більшість науковців сходяться на думці, що глобальне потепління, яке спостерігається останні 100 років, починає перевищувати середні історичні коливання і вирізняється швидкістю температурних змін. Навіть якщо з початку 2000-х рр. потепління тимчасово припинилося, концентрація парникових газів, а особливо вуглекислого газу (CO₂), продовжує зростати. Антропогенне походження явища не викликає сумнівів, як вважають експерти GIEC² (5-й звіт, 2014 р.). Моделі кліматичних змін, розроблені експертами GIEC, передбачають чотири більш-менш песимістичні сценарії, згідно яких у період між 2081-м та 2100 р. температура підвищиться на 0,3-4,8°C відносно середнього рівня 1986-2005 рр. Якщо ставити за мету утримувати підвищення глобальних температур нижче +2 °С, слід зменшити вдвічі обсяг усіх парникових викидів у світі та вчетверо – обсяг парникових газів, які викидаються розвинутими країнами (те, що називають «**фактор 4**»).

За оцінками українського Гідрометцентру середні температури

вегетаційного періоду за останні 5 років на 1,7 °C перевищують 20 річні показники. Найбільша динаміка наростання відбувається в період із квітня по липень.

В останні роки на території України відбулися часткові зміни атмосферної циркуляції: вологий кліматичний цикл змінився на сухий, через що підвищилися значення місцевих циклонів, зокрема чорноморських, середземноморських повітряних мас – унаслідок зменшення впливу атлантичних повітряних мас. Збільшується нерівномірність й інтенсивність опадів, тривалість бездощових періодів, зростає ймовірність агрономічно несприятливих атмосферних явищ – посухи, суховіїв, ураганів, пилових бур тощо.

Зростання концентрації вуглекислого газу (CO_2) в атмосфері позитивно впливає на продуктивність рослинництва, оскільки CO_2 є ключовим елементом у процесі фотосинтезу рослин. Збільшення його концентрації сприяє прискоренню росту рослинних угруповань завдяки збільшенню накопичення продуктів фотосинтезу, таких як вуглеводи (**карбогідрати**).

Наприклад, у 2010-2015 рр. загальний обсяг викидів парникових газів у світі від орних угідь у середньому становив 38,8 млн т CO_2 -еквіваленту на рік (Звіт про міжнародні добровільні та обов'язкові вуглецеві ринки з особливим акцентом на механізми, які застосовуються у випадку низьковуглецевого сільського господарства та потенційні можливості для українських розробників). Сільське господарство вносить 11 % обсягу викидів, серед яких основну частину складають викиди N_2O (через азотні добрива для рослин) і CH_4 (через кишкову ферментацію жуйних тварин). Щодо викидів CO_2 , загальні показники рослинництва доволі позитивні, оскільки застосування енергоносіїв, що використовуються у процесі виробництва (паливо, виготовлення добрив), значною мірою урівноважується «помпунням» вуглецю рослинами та утриманням певної його частки у ґрунті разом із пожнивними рештками.

Унаслідок підвищення середньодобової температури повітря на 1,0-1,5 °C відбулося подовження вегетаційного періоду на 10-15 діб, збільшення кількості теплих і сухих днів, більш раннє та різке настання теплого періоду навесні. Також слід зазначити певну зміну характеру зволоження протягом року з погіршенням його у весняно-літній період, особливо в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. Ураховуючи незначні відхилення середньорічних показників, брак опадів у вкрай потрібний час для розвитку та формування врожаю більшості культур

компенсується здебільшого підвищенням їх кількості в осінній і зимовий періоди.

Подвоєння концентрації вуглекислого газу значно прискорить темпи фотосинтезу, залежно від температури повітря і наявності вологи для кореневої системи. Відомо, що різні види рослин реагують по-різному на високий рівень CO_2 . Рослини C_3 (які утворюють первинний продукт із трьох атомів вуглецю в біохімічних реакціях) такі як пшениця, ячмінь, соняшник, рис і соя, швидко ростимуть і досягатимуть стиглості за таких умов. Розрахунки показують, що збільшення концентрації CO_2 може призвести до значного підвищення врожайності цих культур на 20-36 відсотків.

Менш чутливі до збільшення CO_2 рослини групи C_4 , у яких первинний продукт у біохімічних реакціях має чотири атоми вуглецю, до них належить кукурудза, сорго, цукрові буряки і просо. Прогнозується, що збільшення концентрації вуглекислого газу забезпечить зменшення площ, де вирощуються ці культури, через те що інтенсивний ріст бур'янів конкуруватиме з ними, що може призвести до зниження їхньої продуктивності.

Наприклад глобальне потепління сприяє зміні груп стиглості гібридів кукурудзи, строки цвітіння скоротились на 12-15 днів, а строки дозрівання – на 18-27 днів. Більш ранні дати настання фаз вегетації можуть виражатися в додатковому врожаї за використання пізньостиглих форм або в економії енергоносіїв на сушінні. Але є і інша сторона медалі – це дефіцит вологи, в умовах потепління.

Потепління клімату майже повністю зняло проблему забезпечення кукурудзи теплом, і на сьогодні практично немає територій, де б кукурудзі не вистачало тепла для дозрівання. В умовах потепління вирішення забезпеченості вологою здійснюється ранніми строками сівби. Глобальне потепління клімату розширює ареал вирощування кукурудзи, відкриває значні можливості зайняти нові площі на півночі, так середнє підвищення температур на 1°C відсуває кордони культивування на 200 км на північ.

Дослідники-біологи прогнозують: через те, що більшість бур'янів, характерних для посівів групи C_3 , є рослинами групи C_4 , варто очікувати покращення фітосанітарного стану посівів пшениці, ячменю, соняшнику, рису і сої, адже супутні цим рослинам бур'яни відставатимуть у рості й розвитку. Завдяки цьому посіви культур групи C_3 мають велику перспективу для розширення площ у сівозміні. Проте варто бути готовим до того, що збільшення кількості азоту в атмосфері

може негативно позначитися на якості зерна, а саме: спричинити зниження рівня азотистих речовин. Це призведе до зменшення кількості білка і зниження поживності продуктів, що, в свою чергу, відіб'ється на раціоні харчування тварин і населення. Отже, рослини стануть менш поживними і для сільськогосподарських шкідників – комах, які поїдатимуть більшу кількість рослинної маси для задоволення потреби в білках.

Передбачається, що збільшення концентрації вуглекислого газу призведе до зменшення розмірів порів на листках рослин, через які відбувається процес поглинання CO_2 і випаровування води. Це зменшення втрати води призведе до зниження потреби рослин у зрошенні і атмосферних опадах. Як результат, в посушливих зонах землеробства може зменшитися дефіцит води.

Зі збільшенням температури тривалість міжфазних періодів скорочується, що призводить до скорочення вегетаційного циклу сільськогосподарських культур. Це означає, що терміни досягання і збирання урожаїв будуть ранніми.

Збільшення концентрації вуглекислого газу сприятиме збільшенню зеленої маси рослин, що підвищить врожайність трав і коренеплідних культур, особливо цукрових буряків і картоплі.

Підвищення температури повітря до рівнів, що перевищують оптимальні й прийнятні максимуми (понад $30\text{ }^{\circ}\text{C}$), становить значну загрозу для сільськогосподарського виробництва. Коренева система рослин не здатна компенсувати втрату вологи через транспірацію листям в таких умовах. Прогнози вчених показують, що значна частина територій Північної Америки, Азії та європейських країн, включаючи деякі зони України, де розташовані «зернові» регіони, може постраждати від глобального підвищення температури.

Високі температури повітря негативно впливатимуть на режим зволоження ґрунту через збільшене випаровування води. Близькість океану у деяких країнах сприяє зволоженню повітря і опадам, але вони можуть стати менш продуктивними для сільськогосподарського виробництва через пересихання ґрунту на полях.

За останні роки виявлено значне зменшення інтервалів між посухами в Лісостепу, особливо порівняно з періодом 70-80 років минулого століття, коли посухи в цій зоні в середньому виникали раз на 10-15 років і частіше. Починаючи з 2010 року, посухи спостерігаються практично щорічно.

Протягом останнього століття середня річна температура повітря в

Україні зростає на 0,8-1,6 градусів Цельсія, що відповідає загальному потеплінню на Північній півкулі у межах 0,6 до 1,0 градуса Цельсія. Прогнозується, що до кінця 2050 року глобальна температура збільшиться на 2 до 5 градусів Цельсія. Якщо це станеться, природні зони перемістяться на північ на 150-550 кілометрів, що призведе до зменшення площі вічної мерзлоти і льодовиків.

Підвищений температурний режим може збільшити ймовірність лісових пожеж і призвести до скорочення площ лісу тайгової зони. Це в свою чергу може сприяти розширенню степових зон, включаючи території, де нині знаходиться вічна мерзлота. Глобальне потепління може стимулювати розвиток сільськогосподарського виробництва на цих територіях, перетворюючи північні болота на благодатні пасовища і створюючи тепле та комфортне середовище для землеробства і проживання.

Попри позитивні наслідки трансформації кліматичних умов через глобальне потепління і парниковий ефект, зростає ризик природних катаклізмів. Ці явища включають різкі зміни погоди, непередбачувані випадки опадів і екстремальні температури, включаючи спекотні дні та несподівані заморозки в ранню та пізню весну.

Різне зниження врожаю зернових культур стане реальністю, коли температура вдень перевищить +35 °C. Наприклад, якщо середня річна температура підніметься на 3-4 °C через глобальне потепління, то вирощування пшениці стане неможливим у тропічних і субтропічних країнах. Зменшення врожаю зернових також неunikнути в країнах з помірним кліматом, де може різко зменшитися період залягання снігового покриву і його товщина. Це призведе до скорочення періоду зимової яровизації пшениці, що є важливим для утворення необхідних умов для початку цвітіння і формування колосу.

Залишається невизначеним питання, як глобальне потепління вплине на родючість та ерозію ґрунтів. Зрозуміло, що високі щорічні температури сприятимуть активності мікробної флори у ґрунті, яка розкладатиме більше органічних решток, що потенційно підвищить родючість орного шару.

Збільшення кількості опадів негативно вплине на родючість ґрунту через посилене вимивання поживних речовин (мінеральних та органічних) із ґрунту. Найбільше постраждають від цього регіони з високим рівнем надлишкового зволоження, зокрема Полісся України. Розрахунки показують, що зі збільшенням опадів на 30 відсотків родючість ґрунту на цій території може зменшитись на 20 відсотків і

більше.

У регіонах, де передбачається зменшення кількості опадів і збільшення температури, збільшиться інтенсивність ерозії ґрунту, що може спричинити частіше виникнення пилових бур. Наприклад, у Центральній Азії вже зараз пилові бури спостерігаються протягом 20-30 днів на рік. Подвоєння або потроєння частоти цих явищ може призвести до опустелювання території.

Глобальне потепління може призвести до посилення розмноження та міграції комах-шкідників сільськогосподарських культур. Прогнози від ентомологів показують, що багато комах зможуть швидко розселитися в регіонах, де раніше був дефіцит тепла. Наприклад, за підвищення температури на 1 °C європейський зерновий точильник (шашіль) може розвиватись у чотирьох поколіннях і розповсюдитися на північ на відстань від 165 до 500 км. У тепліших кліматичних умовах комахи-шкідники почнуть активно розвиватися в ранні терміни та пошкоджувати рослини, які ще не будуть готові до такого впливу.

Парниковий ефект спричинить танення льодовиків та айсбергів, що призведе до зростання рівня води в морях і океанах. За розрахунками, до 2030 року рівень води підніметься на 9-29 см, а до 2090 року це зростання може досягти 96 см. Це спричинить затоплення сільськогосподарських угідь в 27 країнах, серед яких найбільше постраждають Бангладеш (втратить 21 % сільськогосподарських угідь), Єгипет (20 %), Таїланд, Китай, Японія, Австралія, західна частина Данії, Індонезія та штат Луїзіана (США). Крім того, міста Японії – Токіо, Осака і Нагоя, де знаходиться значна частина промислового виробництва, розташовані в критичних прибережних зонах, де вже зараз близько 860 квадратних кілометрів їхньої території перебувають нижче середнього рівня моря (В. Просунко, 2008).

Територія, що примикає до затопленої зони, буде характеризуватися підвищеною засоленістю ґрунтів і ґрунтових вод. Це призведе до гострого питання щодо переміщення землеробства в інші зони через засолення.

У 1997 році більшість країн світу прийняла Кіотський протокол в Японії, згідно з яким промислово розвинені нації, уключаючи й Україну, зобов'язалися скоротити викиди парникових газів та інших шкідливих речовин на не менше ніж 5 відсотків.

Головними джерелами викидів легких газів є промислові підприємства і автомобільний транспорт. Однак серед інших галузей народного господарства, які сприяють парниковому ефекту, значний

внесок робить сільське господарство, зокрема рисівництво. Затоплені рисові поля відіграють ключову роль у формуванні метану, який утворюється під час активного розкладання органічних добрив та інших органічних залишків. Цей «рисовий» метан становить до 20 % від усієї світової метанової емісії.

Дуже важливо своєчасно виявляти зміни в навколишньому середовищі і реакцію польових культур на ці зміни, щоб мати можливість підготуватися і вживати цілеспрямовані заходи для раціоналізації сільськогосподарського виробництва в нових умовах.

Сільське господарство, рибництво, харчова промисловість, лісне господарство, деревообробка та переробка біологічних відходів перетворюють сонячну енергію на вуглецеві сполуки, які можна зберігати та повторно використовувати.

Потенціал збереження вуглецю у біомасі та в ґрунті через заорювання стеблових і кореневих решток та листового апарату з лісів, складає потужний засіб зменшення наслідків від викидів газів. З урахуванням переробних галузей земельний сектор міг би посприяти зменшенню на 20-60 % викидів у масштабі планети до 2030 р. Щодо Європи, то внесок цього сектора може становити одну чверть усіх її зобов'язань із скорочення викидів, тобто на 40 % до 2030 року.

Рослинництво є справжньою вуглецевою шахтою завдяки фотосинтезу, який дозволяє рослинам забирати вуглець з повітря, зберігати його у формі органічного вуглецю та потім виділяти кисень. Уся ця біомаса може бути вивезена з поля на переробку, розкладатися (мінералізація) або ж стабілізуватися та зберігатися у ґрунті. Метаболізм (типу «C₄») дозволяє кукурудзі, сорго та цукровій тростині фіксувати більше CO₂ та формувати більше біомаси з гектара, ніж інші рослини. Вони можуть «економити» значну частку енергії, яка виробляється в процесі фотосинтезу за високих температур. Крім того саме ці культури більш продуктивно споживають воду та азот. Відповідно до рівняння фотосинтезу утворення органічної речовини відбувається за виділення кисню, зокрема за врожайності 10 т зерна один гектар кукурудзи виділяє 10 т O₂ на рік.

Існує зв'язок між урожайністю біомаси культури та збільшенням запасів органічного вуглецю у ґрунті. Кукурудза на зерно виробляє значні обсяги біомаси: на тонну зерна припадає майже тонна біомаси, яка залишається в ґрунті у вигляді решток та коріння. До того ж, пожнивні рештки кукурудзи містять лігнін і целюлозу із високим співвідношенням C/N (вуглець/азот), що наближується до 50. Такі

властивості сприяють утворенню стабільного гумусного шару та забезпечують необхідне мікробне середовище для розпаду цих решток (В. Д. Паламарчук, О. М. Колісник, 2022).

Використання вуглецю із решток рослин залежить від способу їх повернення. Це стосується подрібнення решток та створення шару «мульчі» та навіть можливість глибокого загортання під час оранки.

Для боротьби із наслідками глобального потепління та дефіциту вологи на перше місце виходить упровадження комплексу вологозберігальних агротехнічних заходів для максимального накопичення атмосферних опадів протягом року й використання вологи у вегетаційний період. Зокрема, це мінімізація структури посівних площ, вологозберігальні способи обробітку ґрунту, система удобрення культур і боротьба з бур'янами.

2.6. Біогенна система, склад та взаємовідносини між компонентами в сучасних агротехнологіях

Біотичні чинники це сукупність живих компонентів навколишнього середовища в складі потужного комплексу екологічних факторів. Біогенний потенціал важко аналізується і класифікується. В одних випадках – це прямий фізичний вплив живих істот один на одного (**паразитизм**), у інших – різноманітні **форми конкурентних взаємовідносин**.

Всю сукупність живих компонентів середовища можна поділити на дві групи:

- **фітогенні (флора);**
- **зоогенні (фауна).**

Рослини взаємодіють між собою через прямі та непрямі взаємозалежності, які регулюють їх ріст і розвиток. В природі постійно спостерігається конкуренція між рослинами за доступ до поживних речовин, води і світла. **Прямий вплив** проявляється через такі явища, як симбіоз з іншими організмами для отримання додаткових поживних речовин, паразитизм та затінення одних рослин іншими, що впливає на структуру рослинного покриву та адаптацію видів до відповідних умов.

У природі поширені різноманітні зв'язки між вищими та нижчими рослинами, які впливають на їх розвиток і функціонування. Наприклад, бобові рослини утворюють симбіоз з бактеріями, що здатні фіксувати азот з повітря, що сприяє поповненню азотом ґрунту. Багато вищих рослин утворюють симбіоз з грибами (мікориза), які підвищують

засвоєння поживних речовин з ґрунту, перетворюючи їх на доступні для рослин сполуки. Грибкові хвороби, такі як іржа та борошниста роса, мають значний вплив на рослини, що може призводити до змін у видовому складі рослинності.

Орні землі мають значну кількість мікроорганізмів, ці мікроорганізми впливають на якість ґрунту, сприяючи складним біохімічним процесам, що забезпечують розкладання органічної речовини та перетворення її у розчинні сполуки, доступні для рослин.

Комахи відіграють вагомую роль у екосистемі. Вони часто використовують рослини як джерело живлення, завдаючи їм шкоду, а в деяких випадках, наприклад, сарана, можуть навіть знищувати значні площі рослинності. Це може призвести до змін у видовому складі рослин. Багато комах є запилювачами рослин, що сприяє їхньому розмноженню і подальшому поширенню.

Тварини, що пасуться на кормових угіддях, споживають у їжу кормові культури мають значний вплив на рослини. Вони сприяють зміні ботанічного складу рослин і в кінцевому результаті впливають на кормові якості цих угідь. Тварини віддають перевагу цінним у кормовому плані травам, водночас вибираючи шкідливі та отруйні рослини, які з часом можуть стати домінуючими. Крім того, тварини ущільнюють пасовище, що сприяє росту цінних кормових рослин. На відміну від цього, якщо пасовище не обробляється відповідним чином або використовується нераціонально, це може призвести до поширення малоцінних і шкідливих рослин.

Дрібні представники тваринного світу – **суслики, сурки, кроти** та інші – значно впливають на процеси ґрунтоутворення, а, значить, і на склад рослинності.

В процесі ґрунтоутворення важливу роль відіграють також дощові черв'яки, які перемішують, розпушують ґрунт створюючи кращі умови для росту і розвитку рослин.

2.7. Ресурси сучасних сортів і гібридів та їх реалізація в агротехнологіях

Сучасні агроєкосистеми, які створені людиною для надійного забезпечення продовольства, відрізняються від природних екосистем відсутністю стабільності та саморегуляції. У природних екосистемах широке генетичне різноманіття рослин, тварин, комах і мікроорганізмів забезпечує ці властивості. Натомість штучні агроєкосистеми

складаються з монокультур, що підвищує їх вразливість до шкідників. Це призводить до нестабільності та потреби у використанні антропогенної енергії для підтримки стабільності і продуктивності. Ці зусилля включають використання нових сортів і гібридів сільськогосподарських культур та застосування хімічних та інших методів захисту рослин від шкідливих організмів.

Важливий інструмент досягнення цілей сталого розвитку агроєкосистеми – сівозміна. Це інтенсивна система землеробства, науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур і пару в часі і на території або тільки в часі (ротація) за заздалегідь визначеним планом. Сівозміна здатна покращити стан ґрунту і збільшити його віддачу. Її можна використовувати для покращення фізичного, хімічного й біологічного стану ґрунтів, зменшення ерозії, для боротьби зі шкідниками та зменшення внесення добрив у ґрунт, а це зменшує витрати на їх закупівлю і збільшує екологічність виробництва, що актуально в сучасних умовах.

Протягом останніх 10 років спостерігається різке зменшення різноманітності форм ведення сільськогосподарського господарства та застосування технологій вирощування культур. Традиційні **8- та 10-пільні сівозміни** були замінені на **3-5-пільні**, що зменшило ротацію культур у сівозміні вдвічі. Це порушення технологій вирощування призвело до недосягнення біологічного потенціалу урожайності сортів і гібридів, оскільки були порушені такі важливі аспекти, як просторова ізоляція і регулярна зміна культур у сівозміні. Це проблема, яку можна вирішити шляхом чіткого виконання існуючих технологій вирощування.

У сучасному аграрному секторі значне зростання виробництва рослинницької продукції досягається завдяки використанню високоврожайних сортів і гібридів сільськогосподарських культур. Цей підхід вважається найбільш доступним і ефективним методом збільшення врожайності усіх видів культур.

При інтенсифікації виробництва сільськогосподарських культур збільшується концентрація матеріальних і технічних ресурсів на одиницю площі. Це ставить перед селекціонерами завдання створення сортів і гібридів, які зможуть ефективно використовувати ці додаткові засоби інтенсифікації. З кожною сортозміною у виробництво надходять сорти і гібриди з поліпшеними господарськими і біологічними ознаками. Таким чином, сорт і технологія вирощування є ключовим біологічним та економічним потенціалом поля (табл. 8).

У практичній діяльності треба мати чітке визначення поняття сорту.

Сортом називають саморегулюючу біологічну систему рослин однієї культури, одного походження, які подібні за господарсько-біологічними властивостями і морфологічними ознаками. Ця система сформована і розмножена для отримання високого рівня урожаю відповідної якості в результаті ефективного використання факторів зовнішнього середовища в процесі вирощування за певних природних і виробничих умов. В зв'язку із цим сорт є важливим фактором середовища і засобом виробництва для підвищення урожайності і якості продукції сільськогосподарських культур.

8. Порівняння економічної ефективності виробництва сортів озимої пшениці різних типів інтенсивності вирощування (За даними Л. В. Шкуренко, 2012)

Показники	Високо-інтенсивний сорт (Смуглянка)	Інтенсивний сорт (Ліона)	Універсальний сорт (Поділька)	Пластичний сорт (Ліканька)
Середній рівень урожайності, т/га	5,87	4,66	4,86	3,36
Всього виробничих витрат, \$/га	416,9	357,0	366,9	314,3
Ціна реалізації, \$/ц	14,3	14,3	14,3	14,3
Виручка від реалізації, \$/га	838,0	665,3	693,9	479,6
Прибуток, \$/га	421,1	308,4	327,0	165,5

Основні вимоги до сортів (гібридів) у технологіях вирощування:

- висока і стійка урожайність за роками у визначених ґрунтово-кліматичних і агротехнічних умовах вирощування та напрямках використання культури;
- значна екологічна пластичність для забезпечення високої врожайності за сприятливих умов вирощування та підвищення нижнього порогу врожайності за екстремальних умов;
- тривала і особливо комплексна стійкість до хвороб і шкідників;
- стійкість до несприятливих умов середовища;
- придатність до вирощування за інтенсивною технологією, механізованого вирощування, збирання та переробки;
- висока якість продукції.

Теоретичне і експериментальне обґрунтування нових **моделей сортів** сільськогосподарських культур, що об'єднує генетику, фізіологію, біохімію та селекцію, є ключовим напрямом досліджень, спрямованих на підвищення продуктивності та стійкості рослин.

Прогрес у цьому напрямі зумовлений розвитком теорії фотосинтетичної продуктивності, дослідженням генетичної стійкості до хвороб і несприятливих факторів середовища, що дозволяє створювати сорти з підвищеною продуктивністю фотосинтезу, стійкістю до патогенів і адаптованістю до екстремальних умов, забезпечуючи стабільне і ефективне аграрне виробництво в умовах змін клімату.

Модель сорту – це науковий прогноз майбутніх сортів або гібридів та їхніх характеристик, спрямований на забезпечення максимальної і стабільної врожайності та високої якості продукції. Вона включає високу стійкість до несприятливих абіотичних і біотичних факторів, що відповідає вимогам виробництва даної культури.

Рівень урожайності будь-якої культури визначається кількістю рослин на одиницю площі і продуктивністю однієї рослини. Біологічний потенціал урожайності сортів та гібридів сільськогосподарських культур становить $\frac{1}{5}$ від фактичного. Досягти хоча б 60-70% рівня урожайності від біологічного потенціалу заважає відсутність стійкості рослин до цілого ряду факторів.

Сорти та гібриди часто не є стійкими до шкідників, і новий сорт реєструється тільки за умови перевищення урожайності до стандарту, незважаючи на те, що стійкий до біотичних факторів сорт потребує вдвічі менше витрат на хімічний захист. Наприклад, хімічний захист 1 га пшениці коштує в середньому 35 доларів, цукрових буряків – 95, соняшнику – 45, картоплі – 33 долари США, що становить 10-15 % загальних витрат на вирощування. З яких приблизно 30 % витрачається на захист від бур'янів. Такий обсяг використання пестицидів має негативний вплив на довкілля.

Проблеми селекції в нашій країні пов'язані з недостатньою організацією роботи селекціонерів та дефіцитом фінансування наукових досліджень. У розвинених країнах створенням сортів та гібридів займаються колективи вчених різних спеціальностей, таких як генетики, фізіологи, біохіміки, імунологи та технологи, під керівництвом головного конструктора сорту – селекціонера. Ці проекти ґрунтуються на сучасних наукових досягненнях, знанні генетичного потенціалу вихідного матеріалу та методах створення сортів з груповою стійкістю до шкочинних об'єктів та інших факторів, що обмежують врожайність. Такий підхід дозволяє створювати сорти та гібриди з генетичним захистом, які максимально реалізують свій біологічний потенціал у сучасних агротехнологіях.

2.8. Фітоценотична значимість бур'янів, їх динамічність і вплив на агротехнології

Від початку зародження землеробства бур'яни стали постійними супутниками людини, спричиняючи значним втратам врожаю та потребуючи додаткових матеріальних і трудових ресурсів для їхнього знищення.

Бур'яни – це дикорослі види рослин, які входять до складу агрофітоценозу мимоволі, без бажання людини, перешкоджають її господарчій діяльності, підвищують собівартість продукції рослинництва внаслідок необхідності регулювання їх чисельності.

Бур'яни мають комплекс **біологічних особливостей**, які забезпечують їх поширення:

- інтенсивний ріст вегетативних органів, використовуючи для цього основні ресурси навколишнього середовища;
- самостійно з'являються у посівах культурних рослин;
- мають дуже короткий період досягнення високої чисельності за рахунок високого потенціалу розмноження;
- невибагливі до умов зовнішнього середовища;
- відрізняються особливою конкурентною здатністю за відношенням до культурних рослин.

Висока ступінь засміченості полів бур'янами є серйозною проблемою для країн з низьким рівнем економічного розвитку і обмеженими ресурсами агротехнологій. Останнім часом кількість бур'янів на орних землях значно зросла, що є результатом загального зниження рівня культури землеробства. Величина потенційної забрудненості орного шару ґрунту насінням і органами вегетативного розмноження бур'янів за останні роки зросла на третину і в Україні варіюється в залежності від ґрунтово-кліматичної зони: у Степу – 1,47 млрд. штук на гектар, у Лісостепу – 1,71 млрд. штук на гектар і у Поліссі – 1,14 млрд. штук на гектар.

У загальній масі насіння бур'янистих рослин в Україні найбільшу частку займають представники таких ботанічних родин: лободові (Chenopodiaceae); щирицеві (Amarantaceae); тонконогові (Poaceae); гречкові (Polygonaceae); капустяні або хрестоцвіті (Brassicaceae) та ін. (табл. 9).

Насіння бур'янів рівномірно розміщене за ярусами орного шару ґрунту, проте найбільша його концентрація спостерігається в верхньому 10-сантиметровому шарі. Отже, бур'янисті рослини є компонентами

агрофітоценозу, будучи сильними конкурентами культурних рослин.

9. Ресурси бур'янів ботанічних родин за ґрунтово-кліматичними зонами, %

Ботанічні родини	Ґрунтово-кліматичні зони		
	Полісся	Лісостеп	Степ
Лободові (Chenopodiaceae)	62,7	51,8	59,6
Щирицеві (Amaranthaceae)	21,6	16,5	12,8
Тонконогові (Poaceae)	6,4	8,8	11,2
Гречкові (Polygonaceae)	4,5	5,3	5,8
Капустяні (Brassicaceae)	1,6	6,2	3,0
Інші родини	3,2	11,4	7,6

Значення **бур'янистої рослинності** у фітоценозах культурних рослин визначається такими особливостями:

- масове поширення бур'янів ускладнює догляд за посівами, підвищує витрати енергії і матеріальних ресурсів, а за використання гербіцидів забруднюється природне середовище;

- бур'яни засвоюють до 50 % внесеного з добривами азоту, фосфору і калію;

- багато бур'янів є проміжними господарями або переносниками хвороб і шкідників (вівсюг – переносник і резерват кореневої гнилі зернових культур, дикорослі пасльонові – резерват колорадського жука тощо);

- бур'яни затіняють ґрунт, що знижує його температуру на 2-4 °С, наслідком цього є пригнічення активності ґрунтових мікроорганізмів та погіршення трансформації в ґрунті органічних речовин;

- у процесі життєдіяльності бур'яни виділяють у ґрунт і атмосферу органічні речовини, що пригнічують ріст і розвиток культурних рослин (**алелопатія**);

- деякі бур'яни містять у вегетативних органах або насінні отруйні речовини, викликаючи важкі захворювання людей і тварин (пажитниця п'янка, блекота чорна, дурман, гірчак звичайний та ін.).

Загальнобіологічні та гуманітарні аспекти визнають право на існування бур'янистих угруповань, оскільки кожен вид бур'янів має унікальний генотип з невивченими властивостями, і втрата будь-якого виду призведе до зменшення ботанічної різноманітності. У сучасному землеробстві змінюється роль бур'янів в агрофітоценозах: раніше панувала концепція знищення бур'янів, зараз пропагується їх

регулювання. Це обумовлено загрозою забруднення навколишнього середовища пестицидами та розумінням, що небезпека бур'янів полягає не в їх видовій різноманітності чи присутності в посівах, а у високій чисельності. Економічно доцільніше не допустити їх масового поширення до екологічно небезпечного рівня.

У ХХІ столітті дана концепція набула широкого поширення, змінивши підходи до управління бур'янистою рослинністю в агрофітоценозах. Демографічний вибух другої половини ХХ століття, коли населення Землі за 50 років зросло з 2 до 6,1 мільярда, вимагав значного збільшення обсягів виробництва рослинницької продукції. Існуючі технології вирощування сільськогосподарських культур призвели до високого рівня засміченості посівів бур'янами. До **причин зростання поширення бур'янів** на сільськогосподарських угіддях відносяться:

- низький рівень агротехніки (екстенсивні технології);
- низька конкурентоспроможність сучасних сортів і гібридів до бур'янів.

Висока забур'яненість орних земель, яка є сьогодні, є негативною і вимагає від науковців та аграріїв енергійних і ефективних заходів захисту. Необхідно своєчасно і якісно виконувати технологічні операції при вирощуванні сільськогосподарських культур. Закони землеробства настільки ж об'єктивні, як і закони фізики, тому ігнорування їх завдає шкоди виробництву.

Основними методами регулювання чисельності бур'янистої рослинності агрофітоценозів є:

1. **Запобіжні заходи** боротьби з бур'янами спрямовані на недопущення занесення та розповсюдження на полях насіння та вегетативних органів розмноження бур'янів. Сюди належить:

- а) недопущення дозрівання насіння бур'янів, які ростуть біля захисних лісонасаджень, ліній електропередач, газопроводів, водоканалів, тваринницьких ферм;
- б) очищення насіннєвого матеріалу;
- в) належне утримання гноєсховищ;
- г) очищення поливної води і зрошуваних систем;
- д) термічна обробка концентрованих зелених кормів;
- е) очищення машин і агрегатів, які переїжджають на інше поле або приїхали з інших регіонів або областей.

2. **Агротехнічні заходи** включають очищення від насіння бур'янів та вегетативних органів розмноження механічними засобами (боронування,

міжрядні обробітки, лушення, оранка та ін.) за рахунок правильного чергування культур у сівозміні та проведенням обробіток ґрунту. Застосовують провокаційний метод, який полягає в тому, що поверхневим обробітком стерні або поливами (на зрошенні) спричиняють появу дружних сходів бур'янів, які знищують наступним обробітком ґрунту.

3. Хімічні заходи включають застосування гербіцидів, які не лише екологічно небезпечні, а й досить дорогі.

4. Біологічні заходи боротьби з бур'янами включають застосування біогербіцидів, антибіотиків, токсинів, грибних препаратів, фітофагів (комах), які є специфічними шкідниками бур'янів.

5. Нетрадиційні заходи включають використання ультрависокочастотних електромагнітних коливань і лазерного випромінювання.

У світі в аграрному секторі розвинених країн першочерговим завданням сучасного рослинництва є зменшення застосування гербіцидів та акцентування уваги на застосування інших методів боротьби із бур'янами.

Запропонована вченими **концепція** регулювання чисельності бур'янистої рослинності агрофітоценозів включає три ключові механізми:

- зниження інтенсивності проростання бур'янів з насіння у ґрунті;
- підвищення конкурентної здатності культурних рослин;
- запобігання поповненню запасів насіння бур'янів у ґрунті.

Зменшення запасів насіння бур'янів у ґрунті – це довгострокова стратегія, яка включає втручання на всіх стадіях життєвого циклу бур'янів. Наступний етап передбачає підвищення конкурентоспроможності культур через оптимізацію просторового розміщення, збільшення норми висіву, вирощування конкурентоздатних сортів та гібридів, зміщення строків сівби, удобрення та інші заходи.

Система землеробства може впливати на рівень забур'яненості посівів. Наприклад, у Західній Європі набуває поширення органічне землеробство. Науковці з Фінляндії помітили, що за переходу від традиційного до органічного землеробства збільшується забур'яненість посівів ярих зернових культур: біомаса бур'янів на таких полях становила 17 % від загальної, тоді як на необроблюваних ділянках за традиційного вирощування – 13 %, а на полях з гербіцидами – лише 3 %. У Німеччині ж рівень забур'яненості істотно не збільшувався при органічному землеробстві в порівнянні з інтегрованою системою. Більшість зарубіжних учених наголошують на важливості збереження

біорізноманіття, оскільки зниження різноманітності видів рослин означає втрату першої лінії захисту від шкідників і хвороб. Ми лише починаємо розуміти можливу корисну роль бур'янів як компонентів агроєкосистеми.

Отже, у сучасних агротехнологіях важливе значення має питання **регулювання чисельності бур'янів** за різних систем землеробства, які можна узагальнити в наступних положень:

- створення ущільнених багатокomпонентних посівів;
- формування інертної і живої мульчі;
- фітоценотичні прийоми контролювання бур'янів;
- дослідження стратегії онтогенезу різних видів бур'янів;
- вивчення процесів проростання насіння;
- дослідження механізмів виникнення мутацій і формування резистентних популяцій видів бур'янів до дії гербіцидів;
- моніторинг змін видового складу і структур забур'янення орних земель у різних ґрунтово-кліматичних умовах;
- динаміка потенційного засмічення орного шару, появи і карантину потенційно небезпечних видів бур'янів.

2.9. Шкідники та хвороби складові біотичної частини агротехнологій

Крім пандемії COVID-19, великий вплив на динаміку світової торгівлі та стан світової економіки мають кліматичні зміни. Вони вимагають активізації оперативного й періодичного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь в умовах інтенсифікації і застосування новітніх технологій вирощування сільськогосподарських культур. Одна з найважливіших проблем агробіологічного стану сільськогосподарських угідь – шкідники. Поточний стан агробіологічного моніторингу полів в Україні за відсутності накопичених даних про характеристики впливу шкідників (наприклад, стеблових кукурудзяних метеликів) на врожай не дозволяє застосовувати потужності нейромережевих методів (С. М. Bishop, 2006; U. Braga-Neto, 2020; T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, 2021). Тому автори запропонували використовувати патерни розпізнавання (Y. H. Hwang, 2018; G. Arorra, J. Chilberto, 2019; F. G. Pikus, 2019; K. Kolodiazny, 2020), ідентифікації та обрахунку шкідників з наступним аналізом їхнього можливого впливу на врожай.

Природні фітоценози не вимагають регулювання чисельності шкідників, хвороб і бур'янів, оскільки їхні захисні функції збалансовані. Людина, необережно втручаючись у ці екосистеми, порушує цю

рівновагу, що призводить до пошкодження культурних рослин. Закони природи вступають у дію для стабілізації ситуації та збереження динамічної рівноваги, але це може викликати небажані трофічні зв'язки і порушення між **продуцентами** (автотрофними рослинами) та **хемотрофними організмами** (бактеріями, грибами). Втручання також пригнічує редуцентів, які перетворюють органічну речовину в мінеральні сполуки, що знижує кількість корисної мікробіоти (наприклад, земляних черв'яків) і сприяє поширенню шкідників. Це явище пов'язане зі зменшенням чисельності корисних ентомофагів, які в природі контролюють поширення шкідників, порушуючи динамічну рівновагу між шкідниками рослин і їх паразитами. Тому, враховуючи конкретні умови, необхідно створювати або порушувати певні трофічні зв'язки в агрофітоценозах.

Рациональне регулювання **чисельності шкідників і поширення хвороб** є важливим фактором стабільного розвитку рослинництва та значним резервом для збільшення врожаїв сільськогосподарських культур.

Основні принципи формування і регулювання чисельності елементів біотичної системи агрофітоценозів (М. П. Лісовий, Г. М. Лісова, 2013):

1. *Економічна адресність* за розміщення культур передбачає диференційоване використання нерівномірно розподілених у просторі ґрунтових, топографічних і мікрокліматичних факторів. Від техногенного підходу слід перейти до створення агроєкосистем, де адаптивне використання екоресурсів базується на імітації принципів реальних екосистем. Важливою умовою адаптивної інтенсифікації сільськогосподарського виробництва є збільшення інвестицій у продукційний природоутворюючий процес усіх біологічних компонентів агробіоценозу поля (рослини, ґрунтова мікрофлора, ентомофауна тощо). Ефективні підходи до управління розвитком і еволюцією агробіоценозу передбачають використання селекції, агротехнологій та конструювання агроєкосистем.

2. Використання інтегрованого захисту потребує аналізу динаміки популяцій шкідливих організмів та умов навколишнього середовища. Для цього необхідний постійний моніторинг, який забезпечує регулярний контроль за структурою і мінливістю популяцій шкідників, умовами, що сприяють виникненню епіфітотій, та резистентністю популяцій до хімічних і біологічних засобів захисту. Багаторічні спостереження за структурою і динамікою популяцій дозволять

визначити не лише їх чисельність, але й встановити межі та просторову структуру, а також роль різних факторів середовища у формуванні та мінливості популяцій. Це сприятиме розробці методів управління популяціями шкідливих організмів у необхідному напрямку.

3. Підтримання чисельності популяції шкідників нижче порогового рівня шкодочинності є ключовим завданням. Захисні заходи слід здійснювати лише тоді, коли розвиток шкідників загрожує перевищити економічний поріг шкодочинності (ЕПШ). Повна ліквідація збудника хвороби чи шкідника є недоцільною як з економічної, так і з екологічної точки зору. Достатньо знизити їх чисельність до рівня економічного порогу шкодочинності.

4. Застосування методів захисту від комплексу шкідливих організмів є ефективним, коли застосовуються всі доступні засоби захисту рослин, включаючи стійкість сорту, агротехнології та інші методи.

Сьогодні існує розроблений алгоритм в середовищі Visual Studio мовою програмування с# для ідентифікації й розрахунку кількості шкідників. Робота програми побудована на графічному аналізі фотографій, на яких фіксуються шкідники. Після завантаження знімка на основі кольорових характеристик будується **патерн шкідника**, обирається розмір вікна для формування патерну, обирається метод ідентифікації шкідника (гістограма, середнє тощо). Після формування патерну (зразка) шкідника відбувається перевірка якості патерну та пошук і підрахунок аналогів на зображенні.

Результати використання даної програми показали високу вірогідність у підрахунку кількості стеблових кукурудзяних метеликів на один метр квадратний площі поля (О. Л. Зозуля та ін., 2023).

Важливим елементом захисту рослин є **стійкість сортів та гібридів** до збудників хвороб і шкідників. Однак частка стійких сортів і гібридів залишається дуже малою: сорти, стійкі до фітопатогенів, становлять не більше 15 %, а до шкідників – не більше 7 %. Більше того, багато сортів і гібридів мають однакові гени стійкості через використання генетично однотипного матеріалу в селекції.

Сівозміна серед агротехнічних прийомів залишається важливим заходом контролю шкідливих організмів, і вибір попередника повинен базуватися на прогнозуванні його впливу на розвиток шкідників і хвороб. Наприклад, поля, де попередниками були цукрові буряки або кукурудза, характеризуються підвищеною ураженістю пшениці фузаріозом і високим рівнем мікотоксинів у зерні. У той же час, попередники такі як пар, горох або трави значно покращують

фітосанітарний стан посівів пшениці.

Добрива є досить важливим фактором для стабільного функціонування агрофітоценозів. Вони не мають прямого впливу на збудників хвороб, але підвищують толерантність рослин до захворювань і сприяють збільшенню врожаю. На сьогоднішній день ця проблема не повністю досліджена і конкретних даних у цьому питанні немає, але важливість цього фактору в практиці не підлягає сумніву.

Повна відмова від пестицидів у сучасних умовах розвитку сільського господарства неможлива, але раціональне їх використання цілком реальне:

- внесення хімічних препаратів необхідно проводити залежно від стану посівів та враховуючи конкретну ситуацію;
- важливо враховувати особливості клімату зони і прогноз погодних умов вегетаційного періоду, оскільки у посушливі роки або за надлишку вологи хімічні обробки не завжди забезпечують очікуваний результат;
- важливо враховувати безпосередній вплив пестицидів на рослини, особливо тих, які впливають на процеси функціонування клітинних структур рослинного організму.

Особлива увага має бути зосереджена на максимальному використанні пестицидів **селективної дії**, які виключають шкоду нецільовим об'єктам і не порушують функціонування агроєкосистем. Зменшення побічних ефектів має забезпечуватися своєчасністю заходів, екологічною та економічною цілеспрямованістю, а також ступенем вибіркової дії препаратів. Особлива увага приділяється біологічним і мікробіологічним засобам захисту рослин, таким як біологічні препарати на основі нематод, бактерій, вірусів, грибів і їх метаболітів. Використання цих засобів у системах інтегрованого захисту є перспективним напрямом.

Застосування пестицидів у системі інтегрованого захисту рослин враховує можливу резистентність шкідливих організмів до них. За останнє десятиріччя ситуація з резистентністю значно загострилась, особливо через використання високоефективних засобів хімічного захисту з груп бензิมідазолів, дікарбоксимідів, реніламідів та інгібіторів синтезу ергостеролів.

Пріоритетним напрямом подальшого вдосконалення інтегрованого підходу в захисті рослин є вивчення впливу на урожай не лише окремих шкідливих організмів, але й їх комплексу. Оцінка комплексної шкодочинності показала, що існує тісна взаємодія між шкідочинністю окремих об'єктів або їх співвідношень, що впливає на збільшення або

зменшення шкідливого впливу кожного з них на продуктивність рослин. Тому для оцінки шкодочинності будь-якого рослинного організму необхідно враховувати наявність і ступінь розвитку хвороб, а також чисельність шкідників і бур'янів. Інакше можна невірно обґрунтувати комплексну шкодочинність кількох шкідливих об'єктів одному з них.

Питання для самоконтролю:

1. Поняття про фактори життя рослин та їх класифікація.
2. Біокліматичний потенціал та його значення в агротехнологіях.
3. Земельні ресурси та їх функції. Земельний фонд України.
4. Земельні ресурси України та земельно-ресурсний потенціал.
5. Інноваційна діяльність у технологіях вирощування польових культур.
6. Особливості біологічних інновацій.
7. Розораність сільськогосподарських угідь України та Світу.
8. Роль сучасних технологій вирощування рослинницької продукції у деградації ґрунтового покриву.
9. Едафічне середовище та його характеристика.
10. Орографічні фактори та форми рельєфу.
11. Якісний стан земель України. Ерозія ґрунту, масштаби поширення.
12. Оцінка екологічного стану сільськогосподарських земель України.
13. Кліматичні ресурси агротехнологій. Відношення рослин до умов освітлення.
14. Орієнтування листкової пластинки рослин до світла та продуктивність фотосинтезу.
15. Температурний стрес. Класифікація культур за строками сівби.
16. Відношення культурних рослин до тепла. Сума активних та позитивних температур.
17. Характеристика основних концепцій залежності часу розвитку від температурних реакцій.
18. Дихання ґрунту та його значення в житті рослин.
19. Значення транспіраційного коефіцієнту. Пойкілогідричні та гомойогідричні живі організми.
20. Регулювання водного режиму ґрунту.
21. Аерація ґрунту та її вплив на продуктивність фотосинтетичної діяльності рослин.
22. Вплив глобального потепління на зміну технологій вирощування

сільськогосподарських культур.

23. Біотична система та її значення в сучасних технологіях.

24. Ресурсний потенціал сучасних сортів та гібридів.

25. Біологічні особливості поширення бур'янів.

26. Моделювання сортів сільськогосподарських культур.

27. Фітоценотична значимість бур'янових угруповань в агроєкосистемах.

28. Основні методи регулювання чисельності бур'янового компонента агрофітоценозів.

29. Основні принципи формування і регулювання чисельності елементів біотичної системи агрофітоценозів.

30. Роль хімічних препаратів у інтегрованому захисті рослин від шкочочинних об'єктів.

РОЗДІЛ 3. ТРУДОВІ РЕСУРСИ ТА ЇХ РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ

Населення це група людей, які проживають на певній території, таких як материки, країни, міста, села та інші. Ці люди живуть у конкретному географічному середовищі і забезпечують виробництво різних матеріальних благ з використанням наявних природних ресурсів. Розвиток економіки будь-якої країни залежить від чисельності населення, яке здатне виробляти необхідні товари і послуги для задоволення потреб суспільства.

Чисельність населення країни взагалі і окремих її регіонів є результатом взаємодії різних процесів суспільного розвитку, особливо соціально-економічних і демографічних. Демографічні тенденції відіграють ключову роль у визначенні економічної і соціальної політики держави. Вивчення процесів народжуваності, смертності та міграції, особливо динаміки зміни чисельності населення, є важливим для налагодження механізмів взаємодії економічних і демографічних процесів. Знання точної чисельності населення на певний момент чи період дозволяє ефективно балансувати розвиток економіки та напрями демографічної політики.

Демографічна ситуація на нашій планеті характеризується швидким зростанням населення. За статистикою ООН:

- 1-й рік нашої ери – 200 млн.;
- 1830 рік – 1 млрд. (за 1830 років);
- 1930 рік – 2 млрд. (за 100 років);
- 1960 рік – 3 млрд. (за 30 років);
- 1976 рік – 4 млрд. (за 15 років);
- 1989 рік – 5 млрд. (за 13 років);
- 2000 рік – 6 млрд. (за 11 років);
- 2016 рік – 7,3 млрд. (за 16 років);
- початок 2024 року більше 8,0 млрд. (за 8 років)
- до 2050 року очікується 9,0 млрд.

За допомогою проведення демографічної політики держави міжнародні організації контролюють і регулюють демографічну ситуацію. **Демографічна політика** – це сукупність заходів держав і міжнародних організацій, спрямованих на стимулювання або скорочення народжуваності населення. В зв'язку з цим важливе значення має поділ населення Землі за сферами зайнятості та місцем

проживання.

1. В цілому у світі:

- у сільському господарстві зайнято 50 % населення;
- у промисловості – 20 % населення;
- у сфері послуг – 30 % населення.

2. В індустріальних країнах:

- у сільському господарстві зайнято 13 % населення;
- у промисловості – 36 % населення;
- у сфері послуг – 51 % населення.

3. У країнах, що розвиваються:

- у сільському господарстві зайнято 65 % населення;
- у промисловості – 15 % населення;
- у сфері послуг – 20 % населення.

Регіональна **вікова структура населення світу** є важливою рисою сучасної демографічної ситуації (табл. 10).

10. Регіональна вікова структура населення світу

(за статистикою ООН)

Регіони	Вікова структура населення, %		
	до 14 років	15-64 роки	старші за 65 років
Західна Європа	20	67	13
Африка	45	52	3
Азія	35	60	5
Україна	15	63	22
Всього у світі	34	60	6

У сучасному світі характерною рисою демографічної ситуації є співвідношення між населенням чоловічої та жіночої статі на всій планеті, включаючи різниці за територіальною ознакою.

Незважаючи на стрімкий розвиток міських районів, половина світового населення залишається проживати в сільській місцевості. Особливо велика кількість сільського населення спостерігається в країнах, таких як Індія, Бангладеш, Пакистан, Індонезія і Китай, де понад 70 % населення проживає в сільських районах. У багатьох країнах Африки ця частка навіть вища і може становити до 80 % від загальної чисельності населення.

В Україні станом на 1 січня 2022 року загальна чисельність населення становила 41167335 осіб, із них 28693708 осіб це міське населення та 12473627 осіб сільське населення, або 69,7 та 30,3 % (М. Тімоніна, 2022).

На сучасному етапі розвитку територіальної організації суспільства питання **сільського розселення** є дуже актуальним. Чисельність сільського населення в Україні постійно зменшується. Якщо в 1913 році його частка становила 81 % всього населення України, то в 2022 році – лише 30,3 %. Сільське населення переважає у Вінницькій (47,7 % або 719927 осіб), Закарпатській (62,8 % або 781115 осіб), Івано-Франківській (55,4 % або 749252 осіб), Рівненській (52,5 % або 599942 осіб), Тернопільській (53,9 % або 550354 осіб), Чернівецькій (56,7 % або 504485 осіб) областях, тобто в західному регіоні України та на Поділлі, де промисловість розвивалася повільніше, ніж на сході. Найменша частка сільського населення в Донецькій (9,0 % або 365922 осіб), Луганській (12,8 % або 269061 осіб), Дніпропетровській (15,8 % або 490406 осіб), Харківській (18,6 % або 483844 осіб) областях. Сільське населення живе в селах, загальна кількість яких зменшується (з 42229 у 1961 р. до 28388 у 2016 р., або майже в 1,5 рази). Половина сіл (54,8 %) зосереджена в Західній економічній зоні (М. Тімоніна, 2022)

За кількістю жителів села поділяють на **малі** (І тип – до 500 осіб) – 57,7 %, **середні** (II тип – 500-1000 осіб) – 22,4 % і **великі** (III тип – понад 1000 осіб) – 19,9%. Більшість сільського населення проживає в середніх і великих селах. Територіальні відмінності сільського розселення у різних природних зонах і районах України зумовлені природними, суспільно-економічними умовами та історичним минулим. Так, на Поліссі з його мозаїчними сільськогосподарськими угіддями села переважно невеликі за кількістю населення, хоча існують деякі відмінності між правобережним і лівобережним Поліссям. У Лісостепу густота сільського населення висока і багато сільських поселень, розміщених поблизу одне від одного; у Степу мережа сільських поселень зріджена, вони розміщені біля водотоків, густота сільського населення незначна.

Села в районах Закарпаття та Прикарпаття зазвичай великі, тоді як у Криму вони розміщені вздовж водотоків та на крутих гірських схилах.

Для прискорення будівництва та введення в експлуатацію об'єктів сфери послуг і соціально-економічної інфраструктури, українське село потребує додаткових ресурсів. Важливо також вжити заходів для зменшення відтоку населення, залишення молоді в сільській місцевості та **оптимізації маятникової міграції** до міста, а саме:

- покращення умов сільськогосподарської праці (впровадження комплексів сільськогосподарських машин, ресурсозберігаючих технологій тощо), суттєвого зменшення ручної праці;
- остаточного завершення приватизації землі, її роздержавлення та

паювання різних колективних організацій і підприємств, здебільшого нерентабельних;

- розширення в сільськогосподарських районах будівельної індустрії, збільшення послуг для будівництва й ремонту житлових будівель;

- збільшення обсягів будівництва водопровідних та газових мереж тощо.

Отже, необхідно визнати, що сільське розселення України зазнало змін через неправильну аграрну політику, диференціацію сіл на перспективні й неперспективні, геноцид, депортації, важкі умови життя та праці, а також відсталість сфери послуг і побуту. Ці фактори спричинили масові виїзди, особливо молоді, не лише з села, але й за межі країни, що призвело до знелюднення українських сіл, їх деградації, депопуляції, старіння населення та від'ємного природного приросту.

Наведені вище відомості про демографічну ситуацію необхідні для вивчення процесів відтворення трудових ресурсів визначення їх кількісної та якісної структури.

Термін **«трудові ресурси»** вперше запропонував академік С.Г. Струmilін. Вони складаються переважно з працездатного населення у працездатному віці. Нині нижня межа працездатного віку встановлена 16 років, а верхня – 60 років для жінок та 65 років для чоловіків. До трудових ресурсів належать також пенсіонери, зайняті в суспільному виробництві, а також підлітки віком 14-15 років, які з тих чи інших причин працюють у сфері матеріального виробництва або невиробничій сфері. З трудових ресурсів необхідно вилучити інвалідів праці або дитинства працездатного віку, які не зайняті в господарстві, а також незайнятих пенсіонерів працездатного віку. Зауважимо, що в розвинених країнах ринкової економіки замість терміну **«трудові ресурси»** використовується поняття **«економічно активне населення»**.

Залежно від здатності працювати розрізняють осіб працездатних і непрацездатних. Непрацездатні особи в працездатному віці – це інваліди 1-ї та 2-ї груп, а працездатні особи в непрацездатному віці – це підлітки і працюючі пенсіонери за віком.

До трудових ресурсів відноситься:

- населення в працездатному віці, крім непрацюючих інвалідів 1-ї і 2-ї груп та непрацюючих осіб, які отримують пенсію на пільгових умовах (жінки, які народили п'ять і більше дітей й виховують їх до восьми років, а також особи, що вийшли на пенсію раніше у зв'язку з важкими й шкідливими умовами праці);

- працюючі особи пенсійного віку;
- працюючі особи віком до 16 років.

Розмір трудових ресурсів визначається офіційно встановленими віковими межами працездатності, часткою працездатних осіб серед населення працездатного віку, а також чисельністю тих, хто бере участь у громадській праці та осіб, які перебувають за межами працездатного віку.

Вікові межі працездатності визначаються законодавством кожної країни. В Україні працездатний вік для чоловіків складає 16-65 років, а для жінок – 16-60 років. В інших країнах ці межі варіюються: у деяких нижня межа становить 14-15 років, а в окремих – 18 років. Верхня межа часто встановлюється на рівні 65 років для всіх або 65 років для чоловіків і 60-62 років для жінок.

Середня тривалість життя і вік виходу на пенсію в окремих країнах наведені в табл. 11.

11. Середня тривалість життя і вік виходу на пенсію в окремих країнах

Країна	Середня тривалість життя		Вік виходу на пенсію (загальний)	
	чоловіки	жінки	чоловіки	жінки
Україна	62,7	73,5	65	60
Росія	59,8	72,0	60	55
США	71,0	78,0	65	65
Німеччина	72,0	78,0	65	60
Великобританія	72,0	79,0	65	60
Австрія	72,0	79,0	65	60
Угорщина	65,0	74,0	60	55
Польща	67,0	76,0	65	60
Франція	72,0	81,0	60	60
Австралія	74,0	80,0	65	60
Швеція	80,0	83,7	65	65

Збільшити трудові ресурси можна шляхом покращення умов праці, техніки безпеки та охорони здоров'я, що знижує смертність і рівень інвалідності серед працездатного населення. Це також включає скорочення чисельності Збройних Сил або тривалості військової служби, а також скасування пільг для передчасного виходу на пенсію. Кількість трудових ресурсів значною мірою залежить від статевого складу населення. Збільшення чисельності чоловіків підвищує трудовий потенціал країни, оскільки вони виходять на пенсію на п'ять років пізніше, ніж жінки.

Трудовий потенціал – це система яка має просторову та часову орієнтацію, елементами якої виступають трудові ресурси з урахуванням усієї сукупності їхніх кількісних та якісних характеристик, зайнятості й робочих місць.

Кількісно трудовий потенціал країни визначається різноманітними демографічними чинниками, такими як природний приріст населення, стан здоров'я громадян, рівень міграції та інші фактори. Крім цього, велике значення мають потреби суспільного виробництва у робочій силі та можливості забезпечення працездатного населення робочими місцями.

Якість трудового потенціалу описується через показники якості працездатного населення, трудових ресурсів або окремих працівників. Ці якісні характеристики включають демографічні дані, стан здоров'я, професійні навички, соціальний статус, психофізичні якості та моральні цінності. Вони сприяють глибшому розумінню готовності та адаптивності працівників до викликів ринку праці та їх внеску у економічний процес.

Своєчасне виявлення тенденцій демографічного розвитку суспільства суттєво впливає на трудові ресурси. Відсутність урахування демографічної ситуації може призвести до деформацій у формуванні державних планів економічного і соціального розвитку країни.

Зміна кількості і складу населення за статтю та віком має великий вплив на використання національного доходу і співвідношення між попитом і пропозицією робочої сили. Також чисельність населення, його темпи росту і розподіл за територіями країни визначають можливості і терміни розвитку перспективних економічних районів.

Управління демографічними процесами є обов'язковим і реальним завданням. Аналіз специфіки демографічної ситуації в країні та вивчення основних тенденцій відтворення населення є ключовими для правильного соціально-економічного планування. Зміни у чисельності, структурі населення за віком і статтю, їх освітньому і професійному рівнях, а також величинах сімей впливають на потенційний приріст або зниження трудових ресурсів і формують обсяг і структуру споживчого попиту.

Необхідність впливу на демографічні процеси в сучасних умовах обумовлена інерційністю цих процесів щодо умов життєдіяльності людей і їх змін.

Демографічна політика, як складова загальної соціально-економічної політики країни, має на меті забезпечення довгострокового

відтворення населення з урахуванням регіональних особливостей розвитку.

Процес **відтворення трудових ресурсів**, як ключового елемента виробництва, включає формування молоді через освіту та професійну підготовку, відновлення і зміцнення через медичне обслуговування та соціальний захист, розподіл і перерозподіл на ринку праці, а також оптимізацію використання шляхом підвищення продуктивності та розвитку технологій.

Фаза формування та відшкодування людських ресурсів – включає відновлення населення, підготовку та перепідготовку кадрів, відшкодування фізичної та духовної здатності робітників.

Фаза розподілу та перерозподілу людських ресурсів – забезпечення найефективнішої зайнятості працездатного населення, оптимального розподілу та перерозподілу кваліфікованої робочої сили між галузями суспільного виробництва, а також між галузями світового господарства та різними регіонами.

Фаза оптимального використання людських ресурсів є поточною в процесі відновлення, оскільки в ній реалізується здатність людини до творчої праці, виробляються духовні та матеріальні блага, забезпечується збільшення виробництва та підвищення якості суспільної праці. А це перш за все залежить від розвитку новітніх та інноваційних технологій, підвищення продуктивності живої праці, запровадження наукової організації праці, вдосконалення соціального розвитку трудових колективів, використання ефективних форм та методів керування персоналом підприємств та організацій.

Основний вплив на здоров'я нації здійснює соціальний фактор, який охоплює такі аспекти, як бідність, голод, відчуття безнадійності щодо майбутнього, недоступність якісної медичної допомоги та ліків. Поліпшення здоров'я нації можливе лише за умови одночасних змін у державній політиці в даній області та покращення системи охорони здоров'я.

Найважливішими аспектами якісного складу населення, зокрема його працездатної частини, є **освітній рівень** та **професійна майстерність**. Людина використовує засоби виробництва для створення матеріальних благ. Чим вищий рівень особистісного розвитку, тим швидше та ефективніше використовується речовинний фактор виробництва.

У процесі відтворення робочої сили важлива роль належить системі підготовки кваліфікованих кадрів для всіх сфер економіки країни. Рівень

освіти визначається середньою тривалістю навчання, кількістю учнів і студентів, пропорцією фахівців з вищою освітою та іншими показниками, включаючи рівень грамотності населення.

Сучасні демографічні умови в світі, у різних регіонах і країнах, мають відмінності, які значно впливають на розвиток міжнародної міграції працівників.

Робоча сила, переїжджаючи з однієї країни до іншої, пропонує свої послуги і здійснює міжнародну трудову міграцію. **Міграція робочої сили** має своїми причинами як економічні, так і неекономічні. Вона ґрунтується на можливостях, умовах і бажанні економічно активного населення працювати в різних регіонах і країнах світу з метою задоволення своїх життєвих потреб.

Головними **причинами**, які викликають **міжнародну міграцію робочої сили**, є:

- стабільний, порівняно високий, рівень заробітної плати в основних імміграційних центрах (США, Західна Європа);
- незадовільні економічні умови життя працездатного населення в країнах еміграції (низький рівень заробітної плати, безробіття, низький життєвий рівень, зубожіння і т. д.);
- соціальні умови для більш повної реалізації своїх можливостей у країнах імміграції;
- порівняно вищий технічний рівень умов праці в країнах імміграції;
- природні катаклізми в країнах еміграції і вищий рівень охорони навколишнього середовища у країнах імміграції;
- політичні причини;
- військові причини;
- релігійні причини;
- національні причини;
- культурні причини.

Оснoву міжнародних потоків становлять робітники і меншою мірою службовці. Можна виділити **5 напрямів міжнародної міграції робочої сили**:

- міграція з країн, що розвиваються, до промислово розвинутих країн;
- міграція в межах промислово розвинутих країн;
- міграція робочої сили між країнами, що розвиваються;
- міграція робочої сили з колишніх соціалістичних країн у промислово розвинуті країни;
- міграція наукових працівників, кваліфікованих спеціалістів із

промислово розвинутих країн у країни, що розвиваються.

У промислово розвинених країнах наявність іноземної робочої сили з країн, що розвиваються, є критичною для забезпечення праці в ряді галузей та інфраструктурних служб. Ці працівники необхідні для нормального функціонування виробничих процесів. Наприклад, в Франції емігранти складають 25 % усіх працівників на будівництві і третину працівників у автомобілебудуванні. У Бельгії вони становлять половину усіх шахтарів, а в Швейцарії – 40 % будівельників.

Чисельність населення України постійно зменшується через від'ємний природний приріст, механічну рухомість населення та активний відтік молодих людей за кордон і сьогодні ще через військову агресію росії проти України. Це призводить до деформації вікової структури працездатного населення. В майбутньому очікується зниження приросту трудових ресурсів, що вплине на їхнє відтворення і зумовить необхідність впровадження енергозберігаючих технологій.

Впровадження орендних форм організації сільськогосподарського виробництва сприяє забезпеченню робочою силою. Сільське господарство може вивільнити певну частину працівників завдяки високим темпам росту продуктивності праці. Розвиток агропромислової інтеграції сприятиме ефективнішому використанню залишкової робочої сили. Особливо це важливо в сфері обслуговування, яка в сільських районах є недостатньо розвиненою.

Головними причинами еміграції населення з України є: низький життєвий рівень населення; незадоволеність роботою та умовами праці; недостатній рівень заробітної плати; національні причини (виїзд на історичну батьківщину, наприклад євреїв); екологічні причини; політичні причини; військова агресія росії.

Ці причини еміграції робочої сили відповідають загальним причинам міжнародної міграції робочої сили, але разом з тим мають деякі особливості. **Еміграцію робочої сили з України можна поділити на етапи:**

I етап – кінець XVIII ст. (1799 р.) – кінець XIX ст. (1899). Він характеризується виїздом переважно сільських мешканців із Західних регіонів України. Населення емігрувало через економічні труднощі. Головні напрямки еміграції: США – більше 200 тис. осіб, Південна Америка - 300 тис. осіб.

II етап – з 1899 р. по 1914 р. Основні особливості:

- еміграція селян, робітників, інтелігенції;
- напрямок еміграції – США, Канада, Південна Америка;

- кількість емігрантів – близько 400 тис. осіб.

III етап – з 1918 р. по 1939 р. Основні особливості:

- еміграція робочої сили в основному з політичних мотивів;
- високий рівень освіти емігрантів;
- напрямом еміграції – США, Канада, Західна Європа;
- різке скорочення кількості емігрантів – близько 40 тис. осіб.

IV етап – 1945-1960 рр. Основні особливості:

- мотиви еміграції в основному політичні;
- зростання частки висококваліфікованих емігрантів;
- напрямом еміграції: США – 80 тис. осіб, Канада – 50 тис, Західна Європа – 70 тис, Південна Америка – 120 тис, Австралія – 21 тис. осіб.

V етап – з 1960-2021 рр. Основні особливості:

- виїзд кваліфікованих кадрів – «відтік інтелекту»;
- напрямом еміграції: США – 52 тис. осіб (1990), Західна Європа – 146 тис, Ізраїль – 230 тис. осіб.

VI етап – з 2022 р по теперішній час. Основні особливості:

- виїзд кваліфікованих кадрів через бойові дії на території України;
- напрямом еміграції: Польща, США, Західна Європа, Канада, Ізраїль.

В цілому можна говорити про те, що поширення в Україні міжнародної міграції робочої сили, яка призводить до значного впливу трудових ресурсів, несприятливо впливає на розвиток трудових ресурсів нашої країни.

Питання для самоконтролю:

1. Населення, як трудовий ресурс агротехнологій.
2. Демографічна ситуація України та Світу.
3. Поняття «трудова ресурси».
4. Трудовий потенціал регіону та його характеристика.
5. Процес відтворення трудових ресурсів.
6. Міграція населення та її причини.
7. Головні причини та етапи еміграції населення з України.
8. Особливості використання трудових ресурсів в сучасних агротехнологіях.
9. Співвідношення вікових груп міського та сільського населення.
10. Відтворення трудових ресурсів України та світу.
11. Напями покращення демографічної ситуації в Україні.
12. Оптимальне значення працездатного населення задіяне а аграрному секторі України та країн Світу.

РОЗДІЛ 4. ПОНЯТТЯ ПРО ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

В сучасному сільському господарстві широко використовуються сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур, що забезпечує підвищення врожайності, поліпшення якості продукції і збільшення рентабельності галузі рослинництва. Наразі існує понад 30 видів таких технологій в аграрному секторі.

Технологія вирощування – це система агротехнічних прийомів і матеріально-технічних засобів, що спрямовані на виробництво рослинницької продукції, одержання прибутку та відновлення родючості ґрунту. Вона історично змінювалася разом із розвитком цивілізації, продуктивних сил, знань та науково-технічного прогресу. Розробка технологічної схеми (**технології вирощування** запрограмованого врожаю як основи технологічної карти, або технологічного проекту) вирощування культури передбачає визначення технологічних операцій (приймів) вирощування, складу агрегату, строків проведення робіт, агротехнічні вимоги та примітки.

Протягом останніх десятиліть у світовій агрономії відбуваються кардинальні зміни у технологіях вирощування рослинницької продукції. Тому надзвичайно важливо для кожного виробника рослинницької продукції належним чином оцінити сучасний стан і використати досвід минулих років у виборі оптимальної технологічної схеми.

За оцінками деяких вчених, впровадження лише інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур може призвести до того, що енергетичний потенціал ґрунту, зокрема гумусу, буде вичерпано протягом наступних 30 років. Це означає, що для заміни енергетичних технологій необхідно розробляти абсолютно нові економічні підходи до землеробства.

Сучасні технології, з точки зору інженерної направленості, – це високопродуктивна та ресурсощадна лінійка машин придатних для якісного обробітку ґрунту на основі класичного, мінімального, або нульового обробітку ґрунту, що забезпечують формування насінневого ложа на точно задану глибину, розпушуючи при цьому верхній покривний шар ґрунту із сформованою системою капілярів; це сівалки точного висіву, спроможні рівномірно висіяти конкретну норму висіву на задану глибину; це високопродуктивні обприскувачі, що максимально швидко (в агрономічно доцільні строки) здатні захистити

посіви; це збиральні комбайни, що максимально швидко з найменшими втратами збирають вирощений врожай.

Сучасні технології вирощування рослинницької продукції базуються на таких принципах:

1) екологізація технологій вирощування сільськогосподарських культур, диференціація їх відповідно до конкретних категорій агроландшафтів;

2) адаптування технологій стосовно різного рівня інтенсифікації агропромислового виробництва, виробничо-ресурсного потенціалу товаровиробника;

3) альтернативність, можливість вибору різних технологій, побудованих за принципом послідовного подолання природних факторів, що лімітують вирощування сільськогосподарських культур;

4) адаптування технологій стосовно багатокладності господарювання, різних форм організації праці (особистих, родинних, колективних, фермерських та ін.);

5) знаннях біологічних особливостей вирощуваних культур.

У цілому характер *технології визначається:*

1) рівнем розвитку продуктивних сил;

2) рівнем знань;

3) характером соціально-економічних відносин у суспільстві.

Враховуючи багатокладність економіки аграрного сектору, різний економічний, соціальний стан суб'єктів виробництва, демографічну ситуацію, виробництво рослинницької продукції проводиться за різними технологіями. Виробництво рослинницької продукції здійснюється за різними технологіями, проте єдиним для всіх є завдання виробництва загальної продукції для задоволення соціальних і економічних потреб населення. Таким чином, технології як засіб виробництва мають забезпечувати потрібний обсяг продукції та досягнення прибутку.

Різні поєднання факторів та інтенсивність їх прояву визначають набір технологічних операцій, що здійснюються різними засобами як в просторовому, так і часовому вимірах.

4.1. Проектування нових технологій вирощування сільськогосподарських культур

Для одержання високого і якісного врожаю сільськогосподарських культур необхідно використовувати сучасні технології вирощування, які включають своєчасне виконання всіх операцій технологічного процесу.

Застосування інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур в країнах Європи переконливо демонструє ефективність і доцільність їх широкого впровадження. За впровадження європейського та світового досвіду вирощування сільськогосподарських культур важливо враховувати кліматичні умови, розміри господарств і соціально-економічні умови кожної конкретної місцевості. В умовах даних технологій господарства використовують високопродуктивну техніку, яка здатна проводити декілька операцій за один прохід.

Сучасні технології передбачають всебічний контроль за рослинами спеціалістами агрономічної служби. Вони здійснюють спостереження за рослинами на всіх етапах їх росту і розвитку, а у разі виявлення перших ознак порушення нормального розвитку приймаються рішення щодо застосування заходів для усунення цих проблем.

При впровадженні сучасних технологій особливо важливо правильно підібрати енергетичні засоби, такі як трактори, сільськогосподарські машини та автомобілі, оскільки вони є великою частиною витрат на експлуатацію. Обрані трактори повинні відповідати потребам за потужністю та мати оптимальні виробничі та економічні характеристики.

Під час вибору типів тракторів важливо враховувати умови роботи та комплектування їх відповідними сільськогосподарськими машинами. Трактори повинні мати достатнє тягове зусилля для ефективної роботи з сільськогосподарськими машинами, що вимагають певного рівня тягового опору, що забезпечує максимальну продуктивність і економічність роботи. Наприклад, для операцій з низьким тяговим опором сільськогосподарської техніки рекомендується використовувати трактори з тяговими класами 1,4 і 2, тоді як для важких робіт з високим тяговим опором належить використовувати трактори з класами 3 і вище.

Глибоке розуміння взаємодії людини, техніки та природи в агропромисловому комплексі приводить до висновку про відсутність «золотої» ланки, яка б вирішувала всі завдання практичного землеробства в сучасному розвитку. На сьогоднішній день, загальна методологічна схема землеробської системи – «ґрунт (сільськогосподарське середовище) – робочий орган – енергія (що використовується в технологічному процесі)» – має враховувати і **рослини та умови їх розвитку** з одного боку, і з іншого боку, **екологічні аспекти** – збереження балансу агробіоценозу в умовах техногенного впливу на ґрунт і навколишнє середовище.

Ігнорування екологічних аспектів технологій вирощування в 60-70-х роках минулого століття, а також застосування непродуманих систем зрошення призвело до поширення водної та вітрової ерозії, появи пилових бур, засолення і підтоплення сотень тисяч гектарів орних земель. Крім того, необґрунтований антропогенний вплив на природу спричиняє глобальне потепління клімату.

Біологічні та біохімічні особливості сільськогосподарських екосистем є ключовими для розробки технологій вирощування сільськогосподарської продукції. Відрив землеробства від його біологічних основ неминуче призведе до катастрофічних і суперечливих ситуацій.

Сьогодні, як ніколи раніше, ми повинні розвивати біологічну свідомість не лише у науковців, але й у товаровиробників. Усвідомлення ролі природних чинників у житті та виробництві має стати невід'ємною частиною світогляду кожної людини.

Саме біологічна свідомість, а не просто знання біології, є ключовим, оскільки навіть у сільськогосподарських науках часто не усвідомлюється, що **грунт є живим організмом**. Це розуміння має бути вирішальним у створенні систем землеробства та розробці сільськогосподарської техніки.

Останнім часом у нас і за кордоном активно обговорюється проблема **біоетики** як філософської категорії. Наразі загальноприйнятим є те, що «людство може вибратися з катастрофи звужуючого кільця глобальних проблем, лише радикально перебудувавши етичні основи свого життя, поширивши етичні норми на природу». Проте, щоб це побажання стало нормою життя, необхідно визнати природу, зокрема землю, суверенним суб'єктом.

Іншою важливою складовою мислення людини XXI століття є «**біосферне мислення**». На жаль, основи цього мислення поширюються повільно. Проте сьогодні «нове покоління» починає усвідомлювати, що в природі все взаємозв'язано, і кожній ситуації передують певний вплив на навколишнє середовище.

Усвідомлення **взаємозалежності** є відносно новим феноменом. Для багатьох сучасних учених, техніків, політиків, бізнесменів і військових – **довкілля** досі сприймається як одновимірний горизонтальний площини, складена з пасивної матерії, яку можна привласнювати і експлуатувати без наслідків. «Механістична» свідомість розглядає природу через такі ньютонівські поняття, як частини, фрагменти або окремі ресурси, а не як взаємодіючі процеси.

Крім того за високого темпу розвитку людства (зараз на планеті проживає близько 8,0 млрд. осіб станом на 1 січня 2024 року), виробництво продовольства не може розглядатися без врахування впливу на біосферні процеси в глобальному розумінні.

Процес виробництва продовольства для людства пов'язаний з використанням не лише біосферних ресурсів, а й із залученням значних геологічних ресурсів, таких як мінеральні добрива, ґрунтові меліоранти та рідке паливо. Це порушує природну рівновагу кругообігу речовин, що впливає на біосферні процеси. Тому концепції продовольчої безпеки не можуть існувати поза концепцією біосферної безпеки. **Біосферний підхід** до аналізу систем землеробства вимагає глибокого осмислення того, наскільки вони відповідають або суперечать основним законам природи. На першому етапі необхідно дослідити, наскільки сучасні системи землеробства відповідають глобальним природним законам, таким як **кругообіг речовин у природі** (особливо малий кругообіг, що забезпечує стійкість розвитку живих організмів в екологічній системі), збереження циклічності трофічних ланцюгів та біорізноманітність як основу стійкості екологічної рівноваги.

Системи землеробства, які відповідають основним законам природи називаються «**органічними системами землеробства**».

У цьому контексті поняття «органічні» має особливе значення: ці системи органічно пов'язані з природою, тобто їх розвиток не суперечить законам природи. На нашу думку, «**органічне землеробство**» – це не лише заміна мінеральних добрив на органічні та синтетичних речовин на біологічні, а насамперед **адаптація** основ землеробства до законів природи.

Сьогодні досить істотний антропогенний вплив спостерігається на ґрунт, особливо в контексті сучасних землеробських систем. Згідно з визначенням В.І. Вернадського, ґрунт є підсистемою біосфери, тому будь-які механічні, фізичні, хімічні та біологічні впливи на нього мають бути серйозно розглянуті не лише сільськогосподарськими виробниками, а й у контексті прогнозування майбутньої життєздатності людства на Землі.

Питанню вибору технології обробітку ґрунту відводиться сьогодні величезна увага. Відбуваються широкі дискусії про переваги і недоліки відвального і безвідвального, глибокого і мілкого, поверхневого обробітку ґрунту та нової енергозберігаючої технології «прямого посіву» (no-till).

Виділимо в категоріях наступні поняття, що мають пряме

відношення до обробітку ґрунту:

- оптимальна щільність ґрунту;
- рівноважна щільність ґрунту;
- урожай (частина біологічної продукції вирощена в полі);
- гумус;
- орний горизонт.

Щільність ґрунту є ключовим показником його стану, оскільки вона визначає умови для розвитку ґрунтової біоти і формування кореневої системи рослин.

Введення фундаментальності в поняття «рівноважна щільність» і «оптимальна щільність» дозволяє детально підійти до визначення вибору методів обробітку і глибини обробітку ґрунту.

Рівноважна щільність ґрунту визначається як щільність, яку ґрунт набуває через певний час після механічного впливу, за умови дії природних (внутрішніх) хімічних, фізичних і біологічних зв'язків та їх взаємодії. Це стан природного самоорганізованого типу ґрунту, який здатний до саморегулювання. Саморегулювання ґрунту залежить від вмісту біологічних компонентів, зокрема від гумусу в ньому.

Оптимальна щільність ґрунту – це щільність, яка забезпечує найбільш продуктивний розвиток вирощуваної культури і відповідає фізіологічним особливостям цих рослин, а також їх вимогам до ґрунтових умов. Це можна розглядати як «генетичну» пам'ять рослин щодо ґрунтових умов, необхідних для їх існування і нормального функціонування.

Рівноважна щільність ґрунту і оптимальна щільність можуть відрізнятися, тому головна мета обробітку ґрунту – на час вегетації рослин змінити реальну щільність ґрунту, щоб наблизити її до оптимальної для кожної сільськогосподарської культури. Недостатність експериментальних даних у науковій літературі щодо оптимальної щільності ґрунту для різних культур ускладнює надання однозначних висновків. Це питання може залежати від типу ґрунту і фізіологічних особливостей кожної конкретної сільськогосподарської культури. Тому для досягнення оптимальних результатів у сільському господарстві важливо проводити додаткові дослідження та експерименти, щоб зрозуміти вплив різної щільності ґрунту на розвиток культур і визначити оптимальні умови для їх вирощування.

Діапазон **оптимальної щільності ґрунту** для більшості сільськогосподарських культур знаходиться в межах 1,0-1,25 г/см³.

Природний (рівноважний) розподіл щільності ґрунту

визначається типовим розподілом параметрів ґрунту на певній території поля, який відображає стан біогеоценозу в рівноважному стані. Цей розподіл є результатом природних факторів, які впливають на формування ґрунту і включають питому вагу, пористість, структуру часток тощо. Він характеризує природний стан ґрунту, який не зазнав впливу антропогенних чинників, і служить важливим еталоном для вивчення природної біорізноманітності та впливу людської діяльності на навколишнє середовище.

У природі для рослин-«аборигенів» рівноважна щільність і оптимальна щільність ґрунту співпадають, що забезпечує стійкість агробіоценозу в екологічній ніші. Тобто, ці рослини розвиваються оптимально за щільності ґрунту, яка є характерною для даного природного середовища і відповідає умовам їхнього розвитку без значних відхилень від природного стану ґрунту.

Рівноважна щільність ґрунту, яка перевищує оптимальну межу через історичні та природні умови й техногенний вплив. Ущільнений ґрунт може призводити до зменшення пористості ґрунту, погіршення доступу повітря, води та поживних речовин до кореневої системи рослин, а також збільшувати ризик водної ерозії та затоплення. Недостатня аерація ґрунту впливає на процеси кореневої дихання та мікробіологічну активність, що ускладнює розклад органічних матеріалів і забезпечення ґрунту необхідними поживними речовинами, загрожуючи родючості ґрунту та стабільності екосистеми.

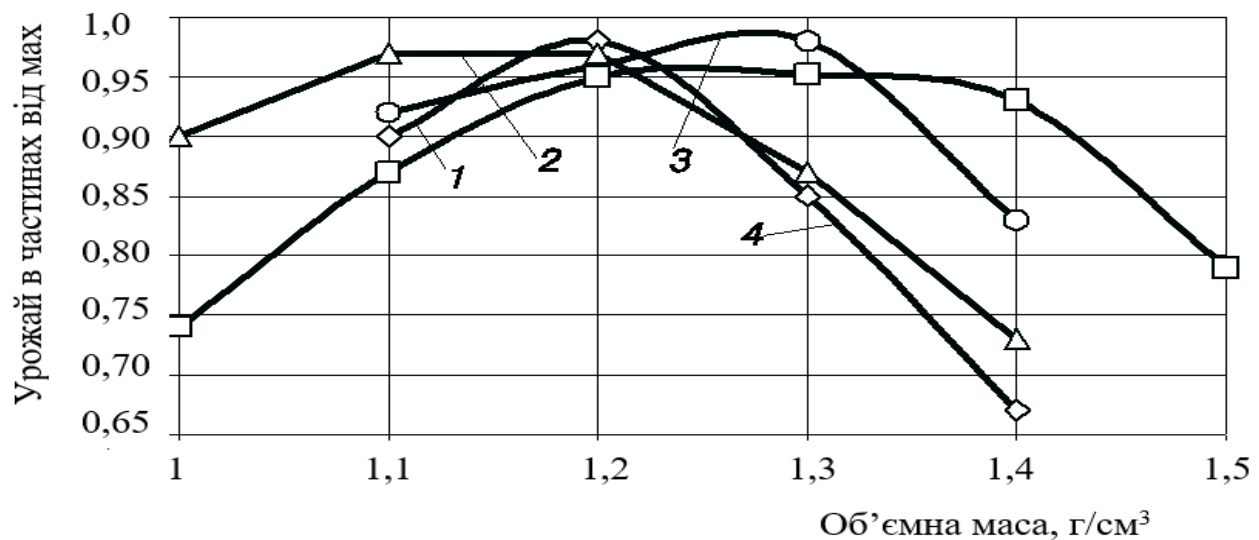


Рис. 2. Вплив щільності ґрунту на урожайність сільськогосподарських культур: цукровий буряк (1), кукурудзу (2), пшеницю озиму (3), сіно (люцерни) (4).

Результатами багатьох досліджень щодо впливу щільності ґрунту на урожай сільськогосподарських культур (у інтернет-ресурсах за ключовими словами «щільність ґрунту – урожай» знайдено 28 тис. джерел і по «bulk density and yeld» – 425 тис. джерел) встановлено, що існує стійка залежність між щільністю ґрунту і урожаєм сільськогосподарських культур.

Зменшення або збільшення щільності ґрунту, в порівнянні з оптимальною для культури на 0,1-0,3 г/см³ викликає зниження урожайності на 20-40 %. На рис. 2 приведений вплив щільності ґрунту на урожайність деяких сільськогосподарських культур.

Особливо негативний вплив щільності ґрунту має на продуктивність цукрового буряку.

Факт існування максимуму врожайності за оптимальної щільності ґрунту, а на графіці – точки перегину, дозволяє апроксимувати залежність функції «урожай-щільність» поліномом другого порядку в першому наближенні:

$$Q = 1 - [a(\rho_0 - \rho)^2 + b(\rho_0 - \rho)]$$

де: ρ_0 – оптимальна щільність ґрунту, г/см³;

ρ – фактичне значення щільності ґрунту, г/см³;

Q – фактичний урожай (у відсотках від максимального, який може бути отриманий за оптимальної щільності ґрунту);

a і b – емпіричні коефіцієнти, що характеризують особливості впливу щільності на фізіологію розвитку сільськогосподарських культур.

Якщо визнати фактор впливу **щільності** на **урожай** і необхідність приведення щільності ґрунту до оптимального рівня шляхом механічного обробітку, то виникають, такі запитання:

– яка реальна (рівноважна) щільність ґрунту поля, яке ми збираємося використовувати під посів тієї або іншої культури?

– як розподіляється щільність ґрунту за глибиною?

– яку щільність ми повинні забезпечити механізованим обробітком ґрунту?

На жаль, під час обґрунтування системи обробітку ґрунту чомусь ці корінні питання не піднімаються або не читаються навіть між рядків.

Тим часом, дослідження розподілу щільності ґрунту дають нам основу для роздумів щодо вибору способу і глибини обробітку. Практичний розподіл щільності за глибиною оброблюваного шару може знаходитися лише в одному з чотирьох типів стану ґрунту.

Перший тип. Щільність ґрунту в оброблюваному шарі (або як ми часто називаємо – в орному горизонті) вища оптимальної (рис. 3). Зрозуміло, що такі ґрунти потрібно в усьому орному шарі приводити до стану оптимальної щільності.

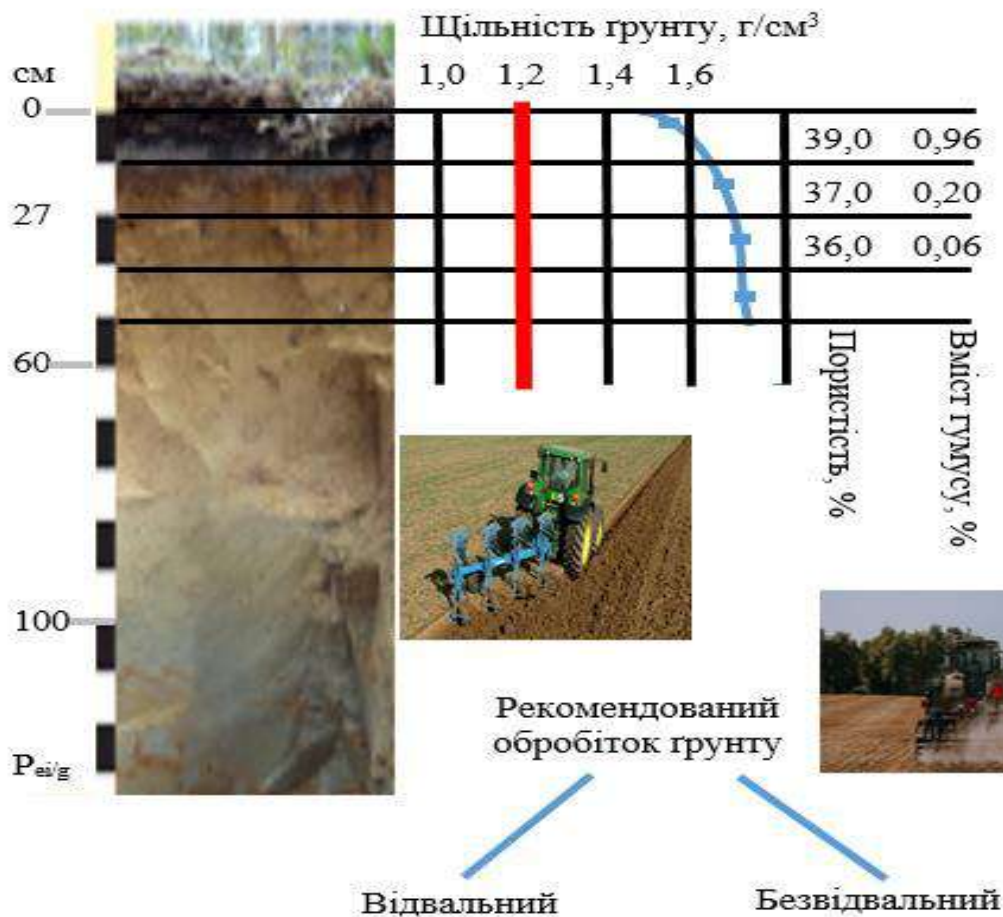


Рис. 3. Особливості формування фізичних властивостей дерново-підзолистих ґрунтів

Для цього застосовують знаряддя суцільного розпушення ґрунту – відвальні і безвідвальні. Більш того, необхідно розпушувати підорні горизонти, щоб зменшити щільність підорного горизонту для залучення його у виробництво урожаю сільськогосподарських культур (спостерігається маса фактів, коли глибоке розпушення приводить до істотного збільшення урожаю сільськогосподарських культур).

Такі ґрунти в Україні поширені в зоні Полісся, і застосування «нульового обробітку» на таких ґрунтах не має виробничої необхідності.

Другий тип. Щільність ґрунту в орному і підорному горизонті знаходиться в оптимальному значенні (рис. 4).

Дані ґрунти уже від природи характеризуються сприятливою

рівноважною щільністю, тому механічного обробітку такі ґрунти не потребують. На ґрунтах з таким розподілом щільності ефективно може використовуватися технологія no-till. В такому стані знаходиться більшість чорноземних ґрунтів України.



Рис. 4. Особливості формування фізичних властивостей чорноземів типових суглинкових

Третій тип. Верхній шар ґрунту переущільнений, проте нижні шари ґрунтового профілю знаходяться в стані оптимальної щільності (рис. 5). Можливо такий розподіл щільності є результатом не стільки природного розвитку ґрунту, скільки результатом техногенної дії на верхній шар – ущільнення ходовими системами техніки, розпилення верхнього шару ґрунтообробними знаряддями і великими поливними нормами води.

На полях з таким типом ґрунтів розподілом щільності необхідно доводити лише верхній переущільнений шар до оптимальної щільності. Глибина обробітку залежить від величини переущільненого шару. Ці ґрунти і є полігоном для поверхневого і мінімального обробітку ґрунту.

Четвертий тип. Верхня частина орного горизонту знаходиться в стані оптимальної щільності, нижня частина ущільнена (рис. 6).

Тут необхідно доводити ущільнений орний шар ґрунту до стану оптимальної щільності, причому основний механічний вплив має здійснюватись лише на нижній ущільнений шар, і не варто застосовувати суцільний механічний обробіток всього орного горизонту.

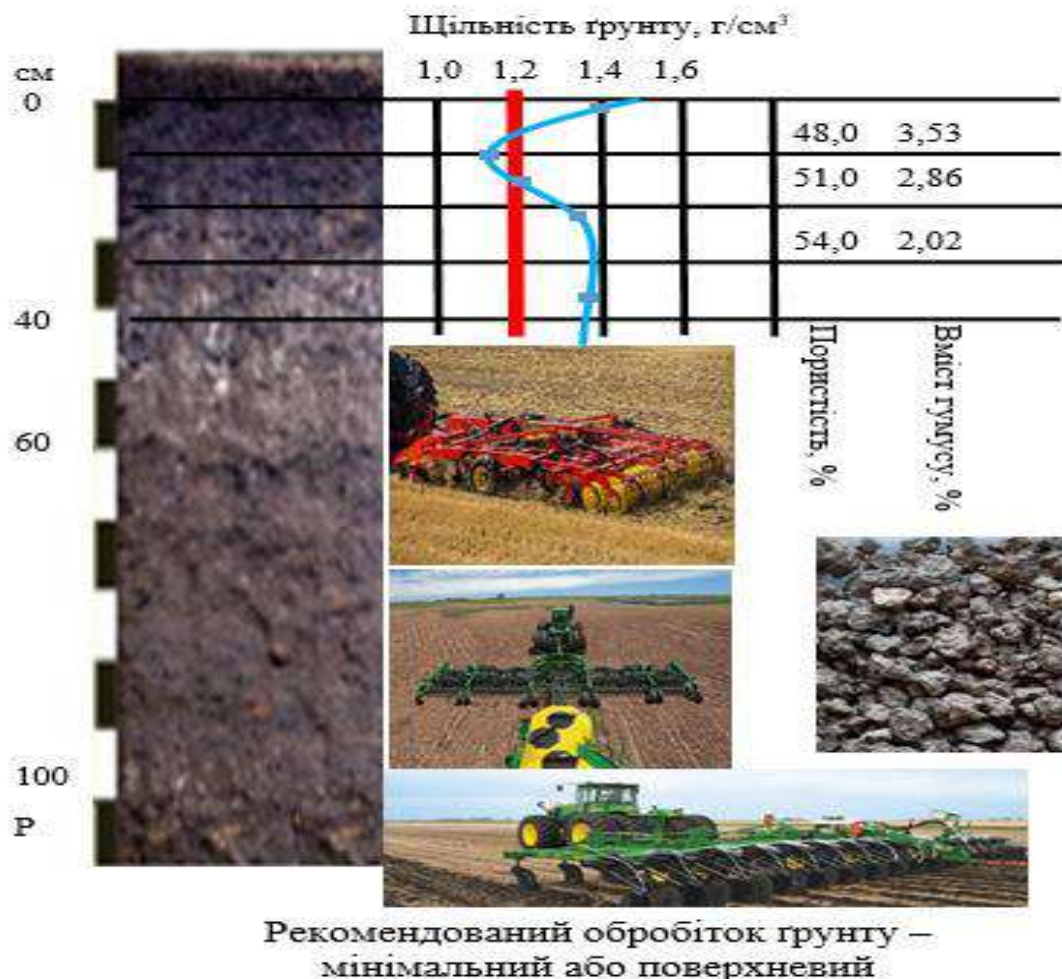


Рис. 5. Особливості формування фізичних властивостей чорноземів на лесі

Такий вид обробітку ґрунту якісно забезпечують чизельні розпушувачі. До такого розподілу щільності за глибиною схильні темно-і світло-каштанові ґрунти.

Орієнтовне співвідношення площі ґрунтів України за розподілом рівноважної щільності в ґрунтовому профілі за глибиною, залежно від зонального поширення ґрунтових відмін в межах країни, буде наступним:

ґрунти I типу складають 19 %;

грунти II типу – 49,9 %;
 ґрунти III типу – 20,7 %;
 ґрунти IV типу – 10,4 %.

Через це необхідно сказати, що в аграрному секторі України ефективне застосування всього асортименту ґрунтообробних інструментів – плугів, плоскорізів, культиваторів, чизельних знарядь, комбінованих агрегатів та знарядь для прямого посіву – визначається розподілом рівноважної щільності ґрунту на різних глибинах ґрунтового профілю.

Впровадження технології No-till на ґрунтах II типу розподілу щільності дозволяє досягти значної економії палива, що становить 18-20 кг/га. Відповідно, на ґрунтах III типу розподілу щільності мінімальний (поверхневий) обробіток також забезпечує економію палива на рівні 8-10 кг/га.

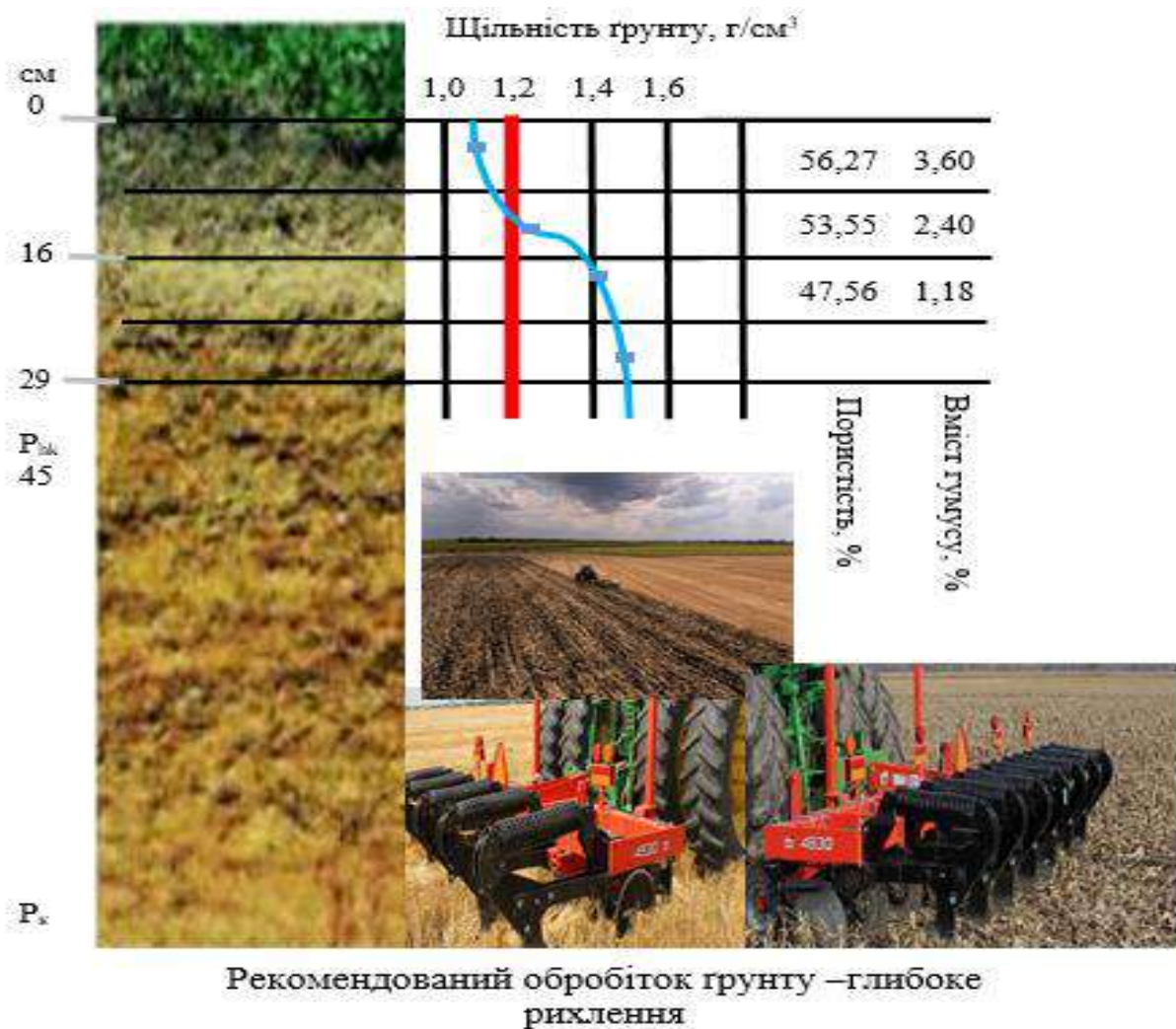


Рис. 6. Особливості формування фізичних властивостей каштанових ґрунтів

Часто в процесі вибору систем обробітку ґрунту не враховується оцінка щільності ґрунту на різних глибинах. Це призводить до непотрібного розпушення ґрунту, що вимагає великих енергетичних витрат.

Проводячи порівняння чотирьох проведених способів обробітку чорноземного типу ґрунту (рис. 7), в якого початкова щільність становила $1,2 \text{ г/см}^3$, ми бачимо зміну даного показника впродовж певного часу. Якщо після оранки чорноземних ґрунтів досягаємо щільності $0,65 \text{ г/см}^3$, то за безвідвального обробітку формується щільність ґрунту на рівні $0,85 \text{ г/см}^3$.

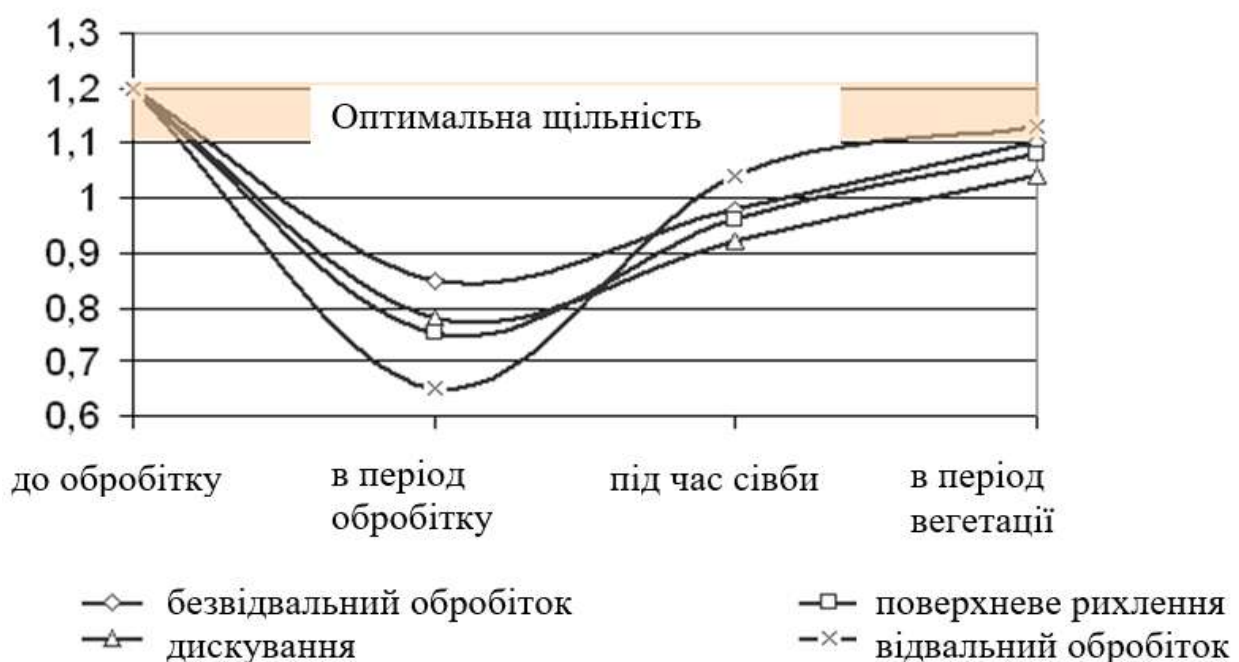


Рис. 7. Зміна щільності впродовж вегетаційного періоду за різних способів обробітку

До моменту посіву природні процеси частково або повністю відновлюють рівноважні зв'язки в ґрунті. Тому щільність ґрунту практично не змінюється від способу обробітку, однак витрати палива на цей процес можуть значно варіюватись за майже однакової врожайності.

Оцінка стану рівноважної щільності за глибиною є ключовою для повної інформації про потенційні резерви економії палива під час обробітку ґрунту, а також для розробки енергозберігаючих технологій.

Визначення характеру розподілу щільності ґрунту за глибиною (профілем) вимагає трудомістких досліджень. У 80-і роки минулого століття прослідковувалися істотні напрацювання в методичному напрямі – створення приладів визначення щільності ґрунту

радіоізотопним методом (РПП-2).

Варто відмітити, що вибір системи обробітку ґрунту досить суттєво залежить від вмісту гумусу в ґрунті. Оскільки органічна речовина (гумус) інакше формує структуру ґрунту, ніж частки піску, глини і мулу. І саме вміст гумусу визначає усі агрономічно-цінні властивості ґрунтів (Я. Г. Цицюра, М. І. Поліщук, Л. Ф. Броннікова, 2020).

Високий вміст гумусу, як будівельного матеріалу при формуванні ґрунтів із ґрунтотворних порід приводить до утворення оптимальної щільності (табл. 12).

12. Кореляційні зв'язки між вмістом гумусу в ґрунті та агрономічно-цінними властивостями

№ з/п	Показники	Коефіцієнт кореляції
1	Морфо-генетичні	0,89.....0,95
2	Хімічні	0,74.....0,97
3	Фізико-хімічні	0,70.....0,98
4	Агрохімічні	0,56.....0,97
5	Водні	0,51.....0,98
6	Фізичні	0,52.....0,97

На рисунку 8 наведена регресійна залежність між щільністю ґрунту і вмістом в ньому гумусу.

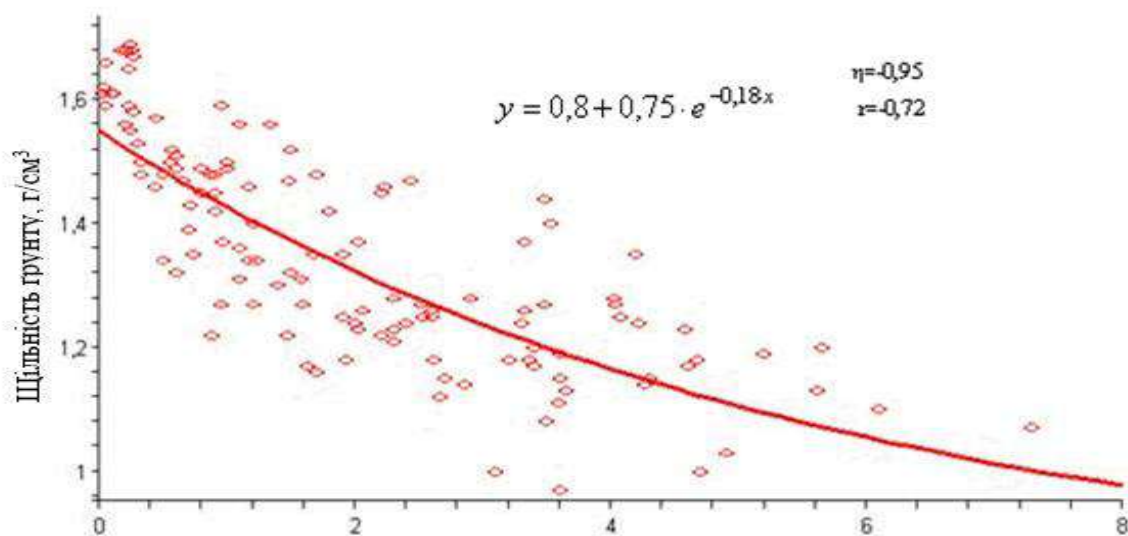


Рис. 8. Залежність «щільність ґрунту (г/см³)-вміст гумусу (%)»

Звичайно високої лінійної кореляції очікувати не варто, через те що навіть «чистий» гумус має певну конкретну щільність. А ось коефіцієнт детермінації даних показників отриманий більш ніж високий – ($\eta = -0,95$).

Зміна вмісту гумусу супроводжується зміною щільності ґрунтів (див. рис. 8), зменшення вмісту гумусу в ґрунті веде до пропорційного збільшення його щільності.

Просте збільшення кількості однакових ґрунтоутворюючих мінеральних частин супроводжується лінійним нагромадженням інформації, повторенням існуючих в системі детермінованих зв'язків.

Вміст органічної речовини сприяє формуванню цінних ґрунтових агрегатів, які є важливими структурними утвореннями в ґрунті. Цей процес є переходом на новий якісний рівень, що сприяє прогресивному збільшенню інформації, формуванню нових зв'язків та властивостей, а також розширенню функціональних можливостей ґрунтів.

Втрати гумусу в ґрунті, які на сьогоднішній день прогресують в Україні, призводять до дезагрегації ґрунтів та зниження інформаційних зв'язків, що, як наслідок, впливає на низький рівень системної рівноваги та втрату ґрунтової родючості. Це призводить до погіршення водно-повітряного режиму і збільшення рівноважної щільності ґрунту в орному шарі, що при оранці призводить до утворення брилуватої структури. Для подальшого обробітку ріллі необхідно використовувати додаткові прийоми руйнування брил, що вимагають додаткових витрат енергоносіїв.

Погіршення фундаментальних властивостей ґрунту часто вимагає компенсації за допомогою збільшених доз добрив, зрошування та інтенсивного обробітку, що тимчасово приховують процеси деградації ґрунтів. Ці заходи порушують відновлення ґрунтової родючості.

Наявність стійкого зв'язку між вмістом гумусу і щільністю ґрунту дозволяє підбирати системи обробітку та землекористування. Зокрема ґрунти, які мають більше 3,5-4,0 % гумусу практично знаходяться в стані оптимальної щільності. Для таких ґрунтів рівноважна і оптимальна щільність однакові. Тому важливо у процесі використання таких ґрунтів використовувати системи землеробства як не ведуть до втрат гумусу.

Сьогодні з'явилася можливість обґрунтування системи обробітку ґрунту залежно від розподілу вмісту гумусу за глибиною орного і підорного горизонтів, що дає змогу використовувати не лише енергозберігаючі прийоми обробітку ґрунту, але й підтримувати стійкість клімату, так як природний гумус в результаті втрат за вирощування сільськогосподарських культур (а сьогодні ґрунти України втратили десятки мільярдів тон гумусу) поповнює атмосферу вуглекислим газом, збільшуючи парниковий ефект.

Освоєння енергозберігаючих технологій на ґрунтах II та III типу

забезпечує не лише економію ресурсів, але й, головне, сприяє оздоровленню ґрунтів і відновленню природної рівноваги біогеоценозів в екологічних нішах.

4.2. Нульові технології вирощування (No-till) або технології прямого посіву

Сучасна наукова література активно обговорює застосування раціональних методів вирощування, зокрема **прямий посів** (no-tillage, без оранки).

У світі понад 95 мільйонів гектарів землі обробляються за системою прямого посіву. Значна частина цих земель – 47 % – знаходиться в Латинській Америці, 39 % – у США та Канаді, 9 % – в Австралії, а лише 4 % – в Європі. Прогнозуючи майбутній розвиток, в Центральній Європі очікується зростання частки прямого посіву до 40-50 % за умови позитивних сівозмін і підтримки державних програм, що може призвести до витіснення традиційної системи обробітку ґрунту.

Прямий посів вважається єдиною системою вирощування, яка забезпечує можливість ефективного і стабільного обробітку ґрунту в умовах тропічного і субтропічного клімату.

Багато фермерів Європи відносяться з певним песимізмом до раціональних систем землеробства (**No-till**) через очікуване зниження врожайності у перші роки після переходу, а також потребу ретельного контролю за виконанням всіх елементів технології. Це пояснюється тим, що в Іспанії площа земель на яких застосовується No-till становить лише близько 300 тис. га, у Франції – 150 тис. га, а в Китаї – 100 тис. га.

В Україні також є значна кількість прикладів успішного застосування технології прямої сівби. Так, зокрема, досвід застосування No-till компанією «Агромир» забезпечує:

- 1) зниження собівартості вирощеної продукції;
- 2) зниження ризиків і забезпечення стабільного прибутку;
- 3) покращення навколишнього середовища;
- 4) гарантію раціонального використання ґрунту.

Вперше в Україні на технологію No-till в 2002 році перейшла корпорація АТЗТ «Агро-Союз», що в Дніпропетровській області.

Прямий посів (no-tillage, без оранки) передбачає сівбу насіння в ґрунт, який попередньо необроблений. Сошник сівалки прямого посіву утворює в ґрунті борозну, в яку висівається насіння, часто разом із добривами. При цьому переміщається не більше 50 відсотків поверхні.

Хоча, і сьогодні, навколо цього напрямку вирощування продукції рослинництва точиться чимало дискусій.

Прихильник нульового обробітку ґрунту І. Є. Овсінський (1899) вказував на те, що Крупп своїми знаряддями військового руйнування не завдав стільки шкоди людству, скільки фабрика плугів для глибокої оранки.

Едвард Фолкнер говорив, що плуг врятував людство: він розігнав голод, як перша керосинова лампа розігнала темряву. Але що відбудеться, якщо фітіль вище керосину обрізати, а потім знову зшити в декілька швів? Світло зразу ж померкне. Дещо подібне відбувається і з ґрунтом.

Технологія нульового обробітку ґрунту забезпечує:

1) накопичення і збереження рослинних залишток на поверхні ґрунту; 2) відновлення родючості, збереження фауни ґрунту і ґрунтового пріфелю; 3) відмову від попереднього обробітку ґрунту, тим самим економію енергоносіїв; 4) безпосереднє розміщення насіння із мінімальним пошкодженням структури ґрунту; 5) зменшення амортизації техніки та ремонтних витрат; 6) покращення прохідності техніки на ґрунті завдяки більш стабільній структурі ґрунту; 7) зменшення ущільнення ґрунту, за рахунок зменшення періоду часу коли важка техніка рухається на ньому, здійснюючи на ґрунт несуче навантаження; 8) зменшення розвитку ерозії ґрунту; 9) підвищення інфільтрації води щоб вона не застоювалася біля плужної підшви; 10) збільшення накопичення вуглекислого газу за рахунок збільшення гумусу.

По суті, в даній технології всі агротехнічні заходи, крім сівби і збирання, замінено хімічними. В структурі даної технології необхідно: після збирання попередника, замість механічного обробітку ґрунту, внести гербіцид суцільної дії і в оптимальні строки висіяти культуру стерньовою сівалкою.

На думку прихильників нульового обробітку ґрунту чим далі відходить у часі момент, коли оберталася скиба, тим вища ефективна родючість ґрунту, тобто тим вищий урожай. Таких перехідних рубежів існує три.

Перший – після 4-5 років застосування ґрунтозахисних технологій (період після «шокового» стану ґрунту). В цей час, як би ми не поліпшували культуру землеробства, прирости врожаю, порівняно з традиційною технологією, становлять 0,45-0,7 т/га зернових одиниць.

Другий – після 4-5 років впровадження ґрунтозахисних технологій,

коли ґрунт значною мірою відновить статус природного тіла, прирости врожаю за тих же витрат, що й раніше, будуть 1,2-2,0 т/га, порівняно з вихідними даними або з традиційними технологіями.

Третій – через 8-9 років використання технологій, ґрунт майже повністю відновлює свою природну структуру і його продуктивність менше залежить від стихійних сил природи (посухи, перезволоження та ін.), а середні прирости врожаю у цей період становлять 2,0-2,5 т/га до вихідних. Після 15 років систематичного застосування ґрунтозахисних технологій, за природним статусом ґрунт наближається до цілинних аналогів, він меншою мірою залежить від стихійних факторів ризику і здатний подвоїти врожай порівняно з вихідним аналогом.

Для застосування такої технології в господарстві необхідно:

- 1) кваліфіковані спеціалісти;
- 2) відповідна сучасна техніка;
- 3) засоби захисту рослин та посівний матеріал.

За даними багаторічних досліджень бразильських, південно-американських і німецьких вчених, а також компанії «Агромир» (Україна) економічна віддача від застосування технології нульового обробітку ґрунту достатньо суттєва. **Цьому сприяє:** скорочення кількості операцій в полі, об'ємів використання палива, зменшення парку техніки, зменшення впливу людського фактору.

У разі правильного виконає господарством всіх технологічних операцій за No-till можливо навіть у перший рік отримати значну економію ресурсів та зниження собівартості продукції. Особливо це стосується господарств, які знаходяться в регіонах із недостатнім зволоженням. У регіонах із достатнім зволоженням господарства виграють за рахунок зниження собівартості та зменшення водної ерозії на полях, що розташовані на схилах.

Застосування No-till технологій для вирощування польових культур дозволяє зекономити до 60 л дизпалива на 1 га, тому що за цією технологією аграрій здійснює лише три-чотири операції:

- 1) посів (затрати палива 5-6 л/га);
- 2) обприскування (до 4 л/га);
- 3) внесення мінеральних добрив шляхом розкидання (2 л/га) і збір врожаю (12 л/га) в залежності від урожайності.

Варто відзначити, що незважаючи на значне поширення у виробничих умовах, забезпечення високих економічних показників та можливість виконувати величезні обсяги посівних робіт у стислі терміни нульовий обробіток може створює багато проблем.

Частина науковців України та країн Західної Європи дещо обережно підходить до масового впровадження No-till, оскільки це **«найбрудніша»** технологія, яка по своїй суті передбачає використання значної кількості пестицидів. Зрештою, існує думка, що такі технології створювалися на кошти фірм – виробників пестицидів для збільшення обсягів їхнього продажу.

Вчені відмічають, що економія коштів на основному обробітку ґрунту перекриється затратами на додаткові агрохімікати, особливо якщо не дотримуватися сівозміни, тому не можна сказати що такі технології є енергоощадними.

На думку В. В. Лихочвора та В. Ф. Петриченка (2006), перехід до нульового обробітку – це не **«технологічний прорив»** у науці, не стрибок на вищий рівень знань і технологій, а всього-на-всього тимчасовий вихід з критичної ситуації. Нульові технології мають певну ваду: відсутність оранки може зменшити глибину верхнього шару ґрунту і глибину проникнення коренів рослин. Якщо корені не можуть проникнути і оживити глибші шари ґрунту, то потенціал ґрунтових ресурсів використовується не повністю.

Виділилися такі негативні сторони застосування No-till технологій:

- відсутність перемішування шарів ґрунту, що створює дефіцит елементів живлення в певних шарах ґрунтового профілю;
- високовартісна техніка, особливо сівалок;
- не можливість загортання в ґрунт органічних та мінеральних добрив в основне удобрення;
- висока потенційна забур'яненість полів;
- збільшення кількості хімічних обробок;
- зниження урожайності сільськогосподарських культур в перехідний період;
- обмежена можливість застосування даної технології під всі культури, особливо при вирощуванні цукрових буряків;
- підвищена тривалість розкладу рослинних залишків, особливо нерівномірно розподілених на поверхні поля;
- суттєве поширення збудників хвороб та шкідників;
- залежність даної технології від родючості ґрунтів, особливо вмісту гумусу.

Перехід до нульової технології вимагає значних фінансових вкладень для придбання дорогої та складної спеціальної сівалки для прямого посіву, пестицидів та навчання персоналу. Також виникає

проблема внесення добрив: лише невелику їх кількість можна внести в рядки під час сівби, тоді як решту розкидають на поверхні ґрунту, що знижує ефективність фосфорних і калійних добрив.

Нульові технології (No-till) сприяють поширенню шкідливих організмів, створюючи ідеальні умови для розвитку бур'янів, шкідників і хвороб. Розрахунки показують, що витрати на придбання пестицидів для боротьби з цими проблемами не менші, ніж затрати на оранку та дві-три культивації.

Нульова технологія не пропонує жодних рішень екологічних проблем, які неминуче постануть у майбутньому. Жоден пестицид не є нешкідливим, вони, як зазначив В. М. Федоров, перетворюють ґрунт на «мертвого рихляка», спричиняють захворювання людей і можуть викликати безліч непередбачених проблем.

Нарешті, перед початком застосування нульової технології необхідно виконати кротове, дренажне та підґрунтове глибоке розпушування ґрунту. Виконання всіх цих агрозаходів ускладнює досягнення енергоощадності. Таким чином, ця технологія підходить лише для багатих господарств із високою культурою землеробства.

4.3. Ґрунтозберігаючі технології (Mini-till) вирощування в умовах схилів земель України

За ґрунтозберігаючого землеробства сівба сільськогосподарських культур може проводитися за один прохід, після одного або декількох проходів із лущенням, або після глибокого рихлення. Ґрунтозахисні технології включають розширене відновлення родючості ґрунту.

Ці технології ґрунтуються на мінімальному обробітку ґрунту без перевертання пласта (Mini-till) і включають використання для відновлення родючості ґрунту не лише традиційних органічних добрив (гною), але й побічної продукції (соломи, стебел кукурудзи, соняшнику, бадилля), сидеральних добрив та біостимуляторів росту і розвитку рослин.

Розрізняють екстенсивний (low disturbance, неглибоке розпушування) та інтенсивний (high disturbance, глибоке рихлення) мульчуючий посів.

Екстенсивний мульчуючий посів (low disturbance, неглибоке розпушування) передбачає обробіток стерні плоскорізами на глибину не більше 10 см між збиранням та посівом. Висів насіння здійснюється за допомогою універсальної рядкової сівалки.

Інтенсивний мульчуючий посів включає обробіток стерні плоскорізами на глибину до 10 см після збирання врожаю, що допомагає контролювати бур'яни і зберігати вологу, а також глибоке рихлення ґрунту до 30 см для покращення його структури та аерації. Насіння висівається універсальною рядковою сівалкою, забезпечуючи рівномірний розподіл і оптимальні умови для росту рослин, що сприяє зменшенню ерозії, покращенню дренажу та підвищенню врожайності.

Поверхневі рослинні залишки, які можуть бути у 4-5 разів більшими за кореневі, значно впливають на роботу сільськогосподарських машин, часто забиваючи їх робочі органи через купи соломи, незібрані або полегли рослини, та велику кількість рослинної маси. Техніка, зокрема плуги-луцильники і обертові плуги загального призначення, забезпечують задовільне загортання рослинних залишків до 3,0 т/га (95-98 %), проте за збільшення маси залишків у 2-3 рази вони стають неефективними, і лише ярусні плуги здатні впоратися з таким навантаженням.

Високий рівень деградації українських ґрунтів, як відзначають вітчизняні експерти, є прямим наслідком недосконалості сучасних технологій сільськогосподарського виробництва і структури використання земельних ресурсів. Ця проблема вимагає перегляду стратегій і тактик у галузі ґрунтознавства та землеробства з екологічної перспективи. В деяких ґрунтах відбуваються незворотні зміни, які позначились на складні ґрунтових мікроорганізмів. Відновлення деградованих земель є складним завданням, а в деяких випадках навіть неможливим через втрату природної родючості, що пов'язана з порушенням ряду процесів і явищ. Ці процеси включають взаємодію рослин, характеристики ґрунту та мікроорганізмів, які його населяють.

Традиційні технології вирощування сільськогосподарських культур на схилі землях ґрунтуються на використанні полицевих знарядь для обробітку ґрунту, що включають заорювання післяжнивних решток. Ця практика сприяє утворенню переуцільненого підорного горизонту та призводить до погіршення протиерозійної стійкості поверхні ґрунту, значно знижує його здатність поглинати воду, тим самим створюючи умови для активного розвитку водоерозійних і дефляційних процесів.

Ґрунтозахисні технології вирощування культур на основі мінімального обробітку ґрунту глибиною 4-5 см (параметри плоскоріза для суцільного мілкового обробітку глибиною 5-16 см та глибокого – 30-45 см), підходять для всіх культур сівозміни, включаючи цукрові буряки, кукурудзу, соняшник та інші. Такі технології передбачають біологізацію

землеробства, використання нетоварної частини врожаю в якості органічних добрив, мульчування поверхні ґрунту післязбивними рештками та широке застосування сидератів. Використання мінімального обробітку сповільнює мінералізацію гумусу і зменшує його втрати.

Впровадження у виробничих умовах таких технологій забезпечує значну економію палива – в 2-4 рази, мінеральних добрив – у 10 разів (компенсується лише азотна недостатність – 10 кг д. р. азоту на тону залишених у полі соломи та інших рослинних залишків), пестицидів у 8 разів (обробляється лише насіння), часу на обробіток ґрунту – в 3 рази, металу на один метр захвату ґрунтообробних машин – у 2-3 рази і вологозберігаючий ефект до 50 мм продуктивної вологи порівняно з технологіями, які базуються на оранці. В той же час ці технології значно підвищують урожайність сільськогосподарських культур: перші п'ять років – на 0,45-0,70 т/га зернових одиниць; в наступні роки – на 1,2-3,0 т/га.

Дані технології досить ефективні в умовах дефіциту палива, мінеральних добрив та засобів захисту рослин.

При обертанні скиби теоретично обґрунтований «**шоковий**» стан ґрунту виникає через порушення біологічної активності: аеробна біота з верхнього шару опиняється в анаеробних умовах глибше, де гине від відсутності кисню, тоді як анаеробна біота з глибоких шарів, вивернута на поверхню, гине від надмірного кисню. Цей «шоковий» стан може бути подоланий після 4-5 років застосування ґрунтозахисних технологій, що сприяє відновленню біологічної активності ґрунту і значному зростанню врожайності (М.К. Шикіла, 2000).

Для зменшення руйнування структури ґрунту і розчинення органічних речовин, покращення розвитку кореневої системи, за технологією мінімального обробітку ґрунту необхідно підвищувати пористість ґрунту без змішування шарів (щільнюванням, глибоким розрихлюванням).

Відмова від обертання пласта і використання соломи як органічного добрива сприяє покращенню процесів нітрифікації (фіксації азоту в ґрунті), що в свою чергу зменшує вимивання нітратів в зимовий період, сповільнює процеси денітрифікації й втрати мінерального азоту. У той же час, варто враховувати, що заорювання соломи викликає анаеробний процес бродіння, з утворенням важких органічних кислот – пропіонової, масляної, оцтової, які токсичні для вищих рослин.

На полях із мінімальним обробітком ґрунту фіксація атмосферного

азоту азотобактеріями та іншими мікроорганізмами, що вільно живуть у ґрунті (асоціативні), відбувається інтенсивніше порівняно з полем на якому застосовувалась оранка. Внесення соломи в ґрунт стимулює мікрофлору ґрунту, оскільки солома являє собою джерело вуглецю.

Для прискорення розкладу рослинних залишків необхідне додаткове внесення азотних добрив на рівні 1 % від маси рослинних залишків, що приблизно дорівнює 10 кг мінерального азоту на 1 тону соломи. Відсутність цього компенсуючого заходу може призвести до зниження врожаю через дефіцит азоту, оскільки біологічний розклад рослинних залишків не сприятиме гуміфікації, а замість цього призведе до утворення вільної вуглекислоти. Для цього ефективно використовують аміачну селітру, яка вноситься під обробіток ґрунту дисковою бороною, або аміачну воду чи безводний аміак, якіносять під час першої культивуації за допомогою культиваторів підживлювачів.

У разі залишення стерні, на кожні 10 см її висоти перед обробіткомносять до 10 кг діючої речовини азоту на 1 га. Додаткове внесення азотних добрив не лише усуває депресивну дію в перший рік після заорювання стерні, але й підвищує загальну ефективність удобрення. В господарствах з розвинутим тваринництвом, замість азотних добрив із соломою, доцільно використовувати рідкий гній із розрахунку 6-8 т на 1 т соломи.

За рахунок використання технологій мінімального обробітку ґрунту відбувається покращення агрофізичних властивостей, зокрема структура ґрунтових агрегатів, щільність, аерація ґрунту, водопроникність і вбирна здатність, на поверхні не утворюється ґрунтова кірка, а карбонати ґрунту близько підходять до верхнього горизонту, зростає протиерозійна стійкість ґрунтів.

Наявність мульчі з післяжнивних решток на поверхні ґрунту сприяє регуляції температурного режиму. Вона підвищує температуру ґрунту в холодний період і знижує її у літню спеку, досягаючи оптимального теплового режиму, що дозволяє зменшити невиробничі втрати вологи через випаровування. Мульча також сприяє утворенню конденсаційної вологи в ґрунті під час посух, коли вода пароподібно переміщується за температурним градієнтом і згущується внутрішньо ґрунтовою рососою на твердому посівному ложі, що розташоване близько до поверхні ґрунту.

Регулярне застосування ґрунтозахисних технологій забезпечує підвищення врожайності сільськогосподарських культур і поліпшення їхньої якості. Наприклад, вміст білка й клейковини в зерні озимої пшениці значно зростає, що підвищує її цінність, коренеплоди цукрових

буряків, а також помідори, кавуни, дині та інші овочі мають вищий вміст цукру, що сприяє поліпшенню їх смакових якостей.

Солома є важливим джерелом вуглецю, і при її розкладанні в ґрунт вивільнюється значна кількість вуглекислого газу, який може становити до 25 % від загальної маси соломи. Цей газ вступає в реакцію з водою, утворюючи вуглекислу кислоту, яка розчиняє деякі компоненти соломи, зокрема важливі поживні елементи, необхідні для росту рослин. Одночасно солома сприяє поліпшенню кореневого та повітряного живлення рослин.

Для боротьби з бур'янами на полях із внесенням соломи раціональнішим є післясходове застосування гербіцидів. Нерівномірний розподіл соломи на поверхні ґрунту викликає погіршення якості посівів, фітосанітарних умов тощо.

При впровадженні ґрунтозберігаючих технологій в конкретному регіоні та господарстві необхідно також урахувати біологічні особливості культур, які будуть вирощуватися за цією технологією. Так, зокрема, вирощування кукурудзи в умовах Лісостепу із використанням безпліцевого обробітку збільшує забур'яненість, знижує запаси продуктивної вологи, що призводить до збільшення кількості уражених хворобами рослин та зменшує врожайність. Згідно досліджень, проведених у мережі дослідних станцій Інституту зернового господарства НААН основний обробіток ґрунту значно впливає на ріст і розвиток рослин гібридів кукурудзи.

Під впливом мілкового обробітку ґрунту маса коренів кукурудзи поступово зменшується з верхніх до нижніх шарів. Заміна оранки мілким обробітком призводить до значного зниження врожайності кукурудзи (Ю. М. Пащенко, В. М. Борисов, О. Ю. Шишкіна, 2009).

Для ефективного впровадження ґрунтозахисних технологій доцільно **враховувати такі ризики:**

1) відносна азотна недостатність, яка проявляється на низьких агрохімічних фонах у перші 2-3 роки після переходу на безплужний обробіток, для її запобігання необхідно на фонах нижче N_{45} вносити додатково N_{15-20} , краще – навесні;

2) небезпека збільшення кількості шкідників і хвороб, що спостерігається при порушенні технологій вирощування культур та сівозмін;

3) небезпека підвищення забур'яненості полів, яка буває в перші роки, внаслідок значної засміченості орного шару насінням бур'янів;

4) несистемність виконання технологічних операцій, порушення

виникають, коли в традиційних технологіях 1-2 технологічні операції замінюють на нові, а інші залишаються від старої технології, тоді різко знижується її ефективність, оскільки вона в повному наборі технологічних операцій не застосовувалася;

5) некомплектність машин і знарядь;

6) психологічна невідповідність спеціалістів до новітніх технологій пояснюється консервативністю землеробства.

4.4. Strip-till (смугова, комбінована) – технологія

В сільському господарстві існує багато різних методів підготовки ґрунту, кожен з яких може бути оптимальним для конкретних умов і місцевості.

Технологія strip-till, яка походить з Сполучених Штатів, вперше з'явилася із технології прямого посіву (no-till), через зміни умов навколишнього середовища. Вона зародилася у 1965 році і на сьогоднішній день є успішним методом вирощування просапних культур серед фермерів у США, Німеччині та деяких регіонів Канади.

Strip till (стріп-тілл або смугова оранка) – це система обробітку ґрунту, яка зводиться до мінімального втручання в ґрунт. Вона поєднує в собі переваги звичайного обробітку, такі як підсушування та прогрівання ґрунту, з можливістю захисту ґрунтів від пересихання, оскільки обробляється лише обмежена смуга, в яку висівається насіння.

Історія свідчить, що ще багато років тому трипільці розробили ефективний метод обробітку землі: замість активного внесення добрив вони давали ґрунту можливість відпочити. Однак у сучасних умовах економіки та обмеженості ресурсів лише малому колу людей пощастило би мати можливість на практиці дотримуватися цього підходу. Тому для вирощування продукції використовують максимум доступних земельних площ і часто застосовують добрива, які можуть негативно впливати на екологію навколишнього середовища.

У сучасних умовах господарювання технологія strip-till стає не просто модним захопленням для аграріїв, а вагомим аргументом збільшення ефективності та прибутковості. Дану технологію вже досить широко застосовують у багатьох країнах Європи та в цілому в усьому світі, що пов'язано з багатьма перевагами, необхідними в певних умовах виробництва.

Сьогодні обробіток ґрунту є досить затратним елементом технології, що вимагає значних витрат праці і енергії, особливо в умовах

зростаючих цін на паливо. Часто товаровиробники намагаються зменшити витрати, включаючи витрати на удобрення і оранку землі, що може негативно позначатися на урожайності, проте сприяє зниженню ерозійних процесів.

За технології «стрип-тілл» проводиться обробіток лише вузької смуги сівби (15-25 см), з утворенням невеликого гребня, а близько двох третин поля залишається необробленим. До основних переваг технології strip-till належить відсутність перехідного періоду, який у no-till складає від 3 до 5 років, що обумовлюється особливостями технології та специфікою використання ґрунтів, що значно знижує економічну ефективність використання такої технології, особливо, у перші роки. Такий обробіток сприяє скороченню витрат на вирощування в 2-3 рази, порівняно із традиційною технологією із застосуванням оранки. В основному дана технологія застосовується для вирощування просапних культур (кукурудзи, соняшнику, буряків), а також сої. В США за технологією strip-tillage вирощується також бавовник, картопля, томати, капуста і багато інших овочевих культур. Причому сівба може здійснюватися звичайними (не стерньовими) сівалками у розпушені смуги.

Strip-till технологія формується на основі:

- отримання оптимальної структури ґрунту перед посівом за рахунок вирівнювання поверхні поля із застосуванням прикочуючих катків;
- створення оптимально сформованого простору в місці формування кореневої системи рослин за рахунок розрихлення ґрунту і забирання з місця майбутньої смуги післяжнивних решток та відсутності зворотного ущільнення ґрунту;
- економії за рахунок зменшення кількості проведених агротехнічних заходів та використання потужної техніки для оранки і т. д.;
- забезпечення доступу рослин до ґрунтової вологи за рахунок збереження капілярності ґрунту, особливо в міжряддях, де руйнування ґрунтової структури не відбувається, а також під смугою за відповідного зворотного ущільнення;
- захисту від водної та вітрової ерозії, за рахунок покращення структури ґрунту, попередження появи дуже мілкого шару ґрунту на поверхні поля, а також утримуючих властивостей рослинних решток у міжряддях;
- ефективного прикореневого підживлення рослин на різних глибинах із використанням навіть деяких окремо внесених видів добрив.

За допомогою різних робочих органів «стрип-тілл» (strip-till) технологій, для подрібнення і закладання рослинних залишків, глибокого розпушування ґрунту, формування борозни і ущільнення ґрунту за один прохід (зазвичай восени).

Технологію «стрип-тілл» можна успішно застосовувати як при традиційному, так і при мінімальному обробітку ґрунту. Наприклад, восени можна проводити не глибоке (на 5-6 см) суцільне дискування ґрунту, а весною виконувати смуговий обробіток на глибину 15-25 см одночасно з внесенням добрив і сівбою насіння.



Рис. 9. Приклад смугового обробітку

Strip-till це технологія обробітку ґрунту для вирощування широкорядкових культур лише смугами в рядах сівби, для створення сприятливих умов для росту та розвитку рослин, зокрема щільності ґрунту – 1,0-1,3 г/см³.

Для забезпечення даних умов розроблені відповідної класифікації робочі органи з урахуванням важкості їх роботи та руйнування структури ґрунту. Через це робочі органи, які використовуються в технології strip-till класифікують залежно від послідовності їх роботи та навантаження на ґрунт (табл. 13).

13. Склад обладнання для виконання технологічних операцій з технології Strip-till

Склад обладнання для Strip-till				
ріжучий пристрій	виконавчий робочий орган	секція для внесення мінеральних добрив	секція для сівби с.-г. культур	секція вирівнювання ґрунту

Метою технології Strip-till є створення оптимального простору для формування кореневої системи рослин, насамперед, з стрижневим типом кореня завдяки цілеспрямованому розпушенню саме в місці поширення кореневої системи і видалення поживних решток з поверхні поля над рядком, залишаючи при цьому міжряддя, захищені соломою.

Технологія strip-till включає такі операції: нарізання стрічок, осіннє внесення добрив, весняне внесення добрив та сівбу. Деякі технологічні операції можливо поєднувати в одному проході агрегату. Так, наприклад, нарізання смуг, як правило, поєднують з осіннім внесенням добрив, весною одночасно з внесенням добрив проводять сівбу.

В **овочівництві** технологію **strip till**, досить якісно забезпечує використання культиваторів для точного міжрядного обробітку типу Kress, які у поєднанні із автопілотом повністю автоматизовані (рис. 10). Таке поєднання дозволяє розпізнавати рослини за допомогою камери, підключеної до комп'ютера. Комп'ютер, в свою чергу, керує гідравлічним управлінням просапного культиватора. Система здійснює



дуже точне управління просапної машиною, тим самим підвищуючи ефективність боротьби з бур'янами. Робочі механізми просапного культиватора видаляють бур'яни точніше, ніж це відбувається за ручного пропонування.

Рис. 10. Культиватор для міжрядного обробітку овочевих культур Kress.

Обладнання для дотримання технології strip-till можна розділити на три основні категорії: легкі, середні і важкі, залежно від ваги секцій і глибини обробітку (або ступеня обробітку ґрунту). Причому, його класифікують за ступенем дії робочого органу на ґрунт.

Залежно від ступеня впливу на ґрунт **агрегати strip-till** діляться на дві **основні групи**:

1. Весняні (легкі).
2. Осінні:
 - а) середні;
 - б) важкі (глибокі).

Весняні агрегати для strip-till переважно призначені для очищення рядків від рослинних решток та рівномірного поверхневого розпушування ґрунту, одночасно можливо вносити мінеральні добрива на глибину розпушування. Через 1-2 години після обробітку, за умови незначного просихання ґрунту, рекомендується здійснювати сівбу.

Для осіннього варіанту Strip-till на секції для смугового обробітку обов'язково є стійка для інтенсивного розпушення ґрунту: а) середня для глибини 20-30 см; б) важка – для глибини обробітку 30-50 см (рис. 11).



Рис. 11. Схема внесення мінеральних добрив на два рівні.

В системі **осіннього strip-till** обов'язково здійснюють інтенсивне розпушування ґрунту:

а) середніми агрегатами на глибину 20-30 см;

б) важкими знаряддями на

глибину 30-50 см.

Для реалізації таких технологічних операцій необхідно використовувати різні робочі органи, які за мінімальних енергетичних затратах дають можливість реалізувати увесь комплекс запланованих заходів. З цією метою проведемо класифікація складу обладнання для виконання технологічних операції (табл. 14).

14. Класифікація робочих органів для технології strip-till

Пасивні робочі органи:		Активні робочі органи
жорстко закріплені	самообертові	
- розпушувальна лапа; - підживлювальний ніж; - однобічні плоскорізні лапи; - стрілчасті плоскорізні лапи; - щілиноріз; - стрілчасті універсальні лапи; - розпушувальні долотоподібні лапи; - оборотна розпушувальна лапа; - широкозахватна плоскорізна лапа; - чизель та чизельний ніж; - одностороння розпушувальна лапи; - пружинні зуби та лапи-полочки.	- ротаційна борона; - голчасті диски; - дисковий ніж; - коток зубчастий.	- ротор прополювальний; - фрезерний культиватор.

Технологію strip-till можна застосовувати за традиційного або мінімального обробітку ґрунту, наприклад, проводячи восени неглибоке (на 5-6 см) суцільне дискування ґрунту, а весною – смуговий обробіток глибиною 15-25 см одночасно з сівбою.

Найважливішим фактором впровадження технології strip-till є скорочення витрат на обробіток ґрунту, оскільки велика частина поля не обробляється. Застосування на агрегатах для strip-till комбінації різних робочих органів, які розрізають і заробляють рослинні залишки, проводять глибоке розпушення і подрібнення ґрунту, утворюють борозну, дозволяє виконувати ці операції за один прохід.

Завдяки можливості смугового обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив в зону кореневої системи рослин, з'являються нові перспективи ефективного використання мінеральних добрив.

Функціональне призначення обладнання для забезпечення технології strip-till (рис. 12):

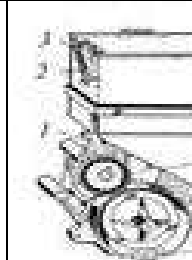
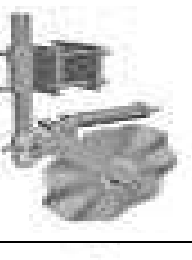
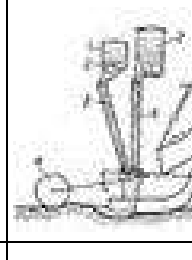
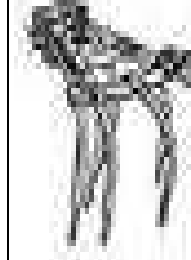
Ріжучий пристрій	Виконавчий робочий орган	Секція для внесення мінеральних добрив	Секція для сівби с.-г. культур	Секція вирівнювання ґрунту
				
				
				

Рис. 12. Перелік обладнання для strip-till

- *різальний пристрій* – призначений для формування обробленої смуги, подрібнення післяжнивних решток. До складу різального пристрою входить: дисковий ніж, хвилеподібний дисковий ніж, списоподібний ніж, стрілчасті універсальні лапи, розпушувальні долотоподібні лапи, оборотні та односторонні розпушувальні лапи, борознонарізальний корпус, ротаційна борона;

- *виконавчий робочий орган* – призначений для обробітку створюваної смуги, підрізання бур'янів, розпушування, передпосівного обробітку ґрунту, створення умов для ефективного внесення добрив, росту та розвитку насіння.

До виконавчого робочого органу належать: стрілчасті плоскорізнні лапи, штанговий робочий орган, голчасті диски, лапи-полічки, підгортальний корпус з решітчастою полицею, підгортальні корпуси. Фрезерний барабан приводиться в рух від ВВП трактора, частота обертання фрезерного барабана – 430 об/хв. Під час руху культиватора ножі фрезерних барабанів, обертаючись, відрізають стрічку ґрунту і відкидають їх назад. Вдаряючись в кожух, ґрунт подрібнюється і падає в міжряддя. Фартух розрівнює ґрунт. Пасивний ніж розпушує смугу ґрунту під корпусом секції. Глибину обробітку регулюють гвинтовим механізмом опорних коліс і центрального тягою начіпного механізму трактора.

- *секція для внесення мінеральних добрив* – призначена для внесення мінеральних добрив. До неї відноситься також підживлювальний ніж.

- *секція для сівби сільськогосподарських культур* включає різні конструкції сівалок для сівби сільськогосподарських культур (пневматичні, котушко-штифтові тощо).

- *секція для вирівнювання ґрунту* – призначена для вирівнювання поля, загортання насіння та добрив, створення умов для подальшого розвитку рослин шляхом ущільнення або розпушування. До неї відносяться: пружинні зуби, підгортальні корпуси.

Варто сказати, що в процесі вибору робочих органів, необхідно враховувати структуру ґрунту. Так, на піщаних ґрунтах доцільно використовувати пристрої, які обробляють поверхню ґрунту за допомогою пластичної деформації, а на глинистих ґрунтах – більше різальні пристрої.

Для цього розроблено пристосування для агрегування з лінійним розпушувачем та просапною сівалкою, а також комплексний агрегат, який, крім можливостей агрегування з просапною сівалкою, дозволяє одночасно вносити рідкі або сипкі мінеральні добрива на глибину 10-

20 см (під насіння), у тому числі на два рівні (див. рис. 12).

Агрегати для **осіннього середнього strip-till** та обробітку на глибину 20-30 см найбільш поширені. Класичним прикладом таких знарядь є 1tRiPr (ORThman), Gladiator (Krause), Till-n-Plant (Schlagel), 7600 (Sanflower).

В екстремальних умовах, наприклад в умовах посухи, застосовують **важкі агрегати**, які здатні проводити осінній обробіток глибиною 40-50 см (щілерізи), глибокорозпушувачі, на яких встановлені додаткові органи для очищення рядка і формування борозни. Прикладами таких комбінованих агрегатів є Ripper-Stripper (UM) і лінійний розпушувач 357 (Wil-Rich). Особливість їх у тому, що це, перш за все глибокорозпушувачі, які можуть застосовуватися за прямим своїм призначенням.

Оброблений ґрунт швидше прогрівається і просихає, що дозволяє починати сівбу раніше, зменшує ризик перезволоження і покращує дренаж. Це особливо важливо для північних зон з суворими кліматичними умовами, де короткий вегетаційний період і важливо використовувати кожен день для ранньої сівби і подальшого росту рослин.

Внесення добрив на глибину нижчу загортання насіння дозволяє отримувати живлення рослин тоді, коли це її найбільш необхідно, в період активного росту та формування потужної кореневої системи і коли закладається врожай.

Збереження капілярної сітки на міжряддях, які не зазнають механічного обробітку, сприяє підвищенню доступності ґрунтової вологи і скорочення втрат вологи ніж у процесі перевертання ґрунту і його висихання. **Мульчуючий шар на поверхні міжряддя** знижує випаровування цінної вологи, і сприяє кращому утриманню постійних ґрунтових температур, попереджаючи, перш за все, різкі перепади денних і нічних температур, і є важливим механізмом у запобіганні розвитку як водної, так і вітрової ерозії.

Поряд зі створенням сприятливих умов для росту і розвитку окремих культур шляхом покращення розвитку кореневої системи технологія Strip-till дозволяє якісно проводити прикореневе підживлення рослин із застосуванням як мінеральних, так і органічних добрив за використання відповідної техніки.

Технологія **Strip-till** може виконуватися в *двох варіантах*: **поступово**, коли смуговий обробіток рядків і сам процес посіву проводиться в різний час, і **комбіновано**, коли розпушування рядків і

сівба здійснюються за одну робочу операцію. Вибрати кращий з варіантів для роботи на відповідній місцевості дозволяє аналіз складу ґрунту та інших супутніх умов. Так, на місцевості із середнім і високим вмістом глинистої фракції ґрунту кращого ефекту досягає поступовий Strip-till, коли розпушування рядків проводиться попереднього року восени перед посівом. На ґрунтах з невеликим вмістом глини і великою кількістю пісчаної фракції краще зарекомендував себе комбінований варіант Strip-till з одночасним розпушуванням і посівом навесні.

Під час розпушування ґрунту з одночасним внесенням стрічки концентрованих добрив, необхідно пам'ятати про можливий перерозподіл добрива в глибокі шари в легких ґрунтах і можливої фіксації поживних речовин глинистими елементами і гумусом.

Техніка, яка використовується в технології Strip-till, має ряд важливих особливостей. **За типом будови агрегати для Strip-till** можуть бути як навісними, так і причіпними і обладнуватися як дисковими, так і анкерними робочими органами. Вибираючи **форму сошників для глибокого розпушування** дуже важливо звертати увагу на якість ґрунтів і використовувати основний принцип – чим важче ґрунт і чим глибше проводиться розпушування, тим вужчими повинні бути робочі органи. Що сприятиме кращому руйнуванню плужної підшви, яка на багатьох полях закладалася на одному і тому ж рівні протягом багатьох років, сприяючи формуванню майже непроникного для коренів рослин і вологи ущільненого шару ґрунту, так і заощадженню енергоносіїв через зменшення опору агрегату під час його просування і відповідно зменшення зносу основних конструктивних елементів. Крім того, слід пам'ятати про можливість проведення глибокого розпушування лише добре просушених ґрунтів, що дозволить ощадно використовувати техніку та економити паливо, але і є передумовою попередження утворення ущільнення ґрунтів на нижніх горизонтах, які практично не можна обробляти.

Підвищення ефективності **Strip-till технологій** можна досягти шляхом поєднання їх із системою точного землеробства, шляхом точного знаходження попередньо оброблених рядів використовуючи системи позиціонування з високою точністю. Висока точність повторного знаходження вже сформованого рядка дозволяє ефективно вирощувати на вже підготовлених ділянках проміжні культури. Збереження за технологією Strip-till вологи забезпечує можливість економного використання її для основної культури. При вирощування проміжних культур за технологією Strip-till, покращується екологічний

стан ґрунтів, збагачується запас поживних речовин і зменшуються ерозійні процеси.

Технологія Strip-till може застосовуватися як з попередньою обробкою стерні, так і без неї. У цьому випадку важливе значення має якість стерні, яка залишилася після попередника, її кількість і, найважливіше рівномірність розподілу її на поверхні ґрунту. Часто за великої маси поживних решток, особливо за їх нерівномірного розподілу в результаті неякісної роботи подрібнювача і розподільника поживних залишків на комбайні, виникає потреба перш, ніж перейти до підготовки ґрунту, пустити на поле сітчасту борону. Фактично, даний захід дозволить покращити розподіл соломи на полі, але усунути всі помилки навіть він не в змозі.

Досвід Німеччини щодо застосування технології **смугового обробітку (strip-till)**. З поширенням в землеробських господарствах навігаційних систем і підрулюючих пристроїв перед фермерами відкрилися нові можливості обробітку ґрунту, за яких можна максимально ефективно використовувати переваги технологій Strip-till.

Технологія Strip-till забезпечує відмінні результати вирощування просапних культур, таких як кукурудза, соняшник, цукрові буряки та соя. В рамках даної технології здійснюється лише розпушення смуги (20-30 % поверхні ґрунту), в яку потім висівається насіння культурних рослин, а близько двох третин поля залишається необробленими.

Фахівці німецької компанії Amazone, для визначення потенціалу та особливостей використання технології Strip till, провели ряд польових дослідів біля міста Пазевальке. Для забезпечення універсальності в різних умовах місцевості, з самого початку випробувань було прийнято рішення щодо використання ступінчастого методу. Тобто обробіток ґрунту і розпушування зміщуються за часом і передують самому посіву. У цьому випадку проміжок часу між обробітком ґрунту і посівом використовується по-різному, залежно від умов місцевості.

При виборі посівної техніки було вирішено застосувати пунктирний, а не звичайний рядовий посів, для цього використовували сівалки Amazone модельного ряду EDX. За допомогою цієї сівалки був проведений пунктирний посів класичних просапних культур, таких як кукурудза і буряк, а також озимого ріпаку та пшениці.

Технологія смугового обробітку передбачає агрегатування трактора, оснащеного високоточною системою рульового управління RTK-GPS, що дозволяє точно знаходити попередньо оброблені смуги. Посів проводиться у **вузьку розпушену смугу**, за рахунок використання

точності системи рульового управління. В інших випадках укладання насіння може здійснюватись поруч із розпушеною смугою, в результаті чого польова схожість даного насіння буде знижуватись.

Обробіток ґрунту з внесенням добрив. Смуговий обробіток ґрунту із розпушуванням проводиться за допомогою причіпного трьох балочного культиватора на робочу ширину 6 метрів. Ширину сліду можна варіювати шляхом заміни стійок, що дозволяє змінювати міжряддя від 37,5 см до 75 см. Для різних типів ґрунтів і глибини обробітку потрібні різні системи сошників. Головна умова при цьому – наконечник сошника повинен мати якомога більш видовжену форму, цим забезпечується якісне проникнення в ґрунт і мінімальне порушення його структури.

Характерно, що солома майже повністю забирається зі смуги, що покращує польову схожість висіяного насіння. Бічні диски обмежують обсяг викидання землі, що збільшує швидкість руху. Регульований задній прикочуючий ролик сприяє коткуванню в обробленій смузі. Якщо при вирощуванні кукурудзи основний обробіток ґрунту проводиться восени, то можна повністю відмовитися від прикочування («гребенистий зяб»).

Добрива на задану глибину в технології смугового обробітку ґрунту можна вносити за допомогою культиватора оснащеного інтегрованим пристроєм для внесення. За глибокого внесення добрив можна попередити такий процес, який має місце за зберігаючого обробітку ґрунту – накопичення поживних речовин у верхньому шарі ґрунту за одночасного виснаження більш глибоких його шарів. Особливо якщо цей верхній шар (менше 10 см) висихає, суттєво знижується забезпечення рослин фосфором і калієм.

Перспективи strip tillage. Технології strip tillage мають значну перспективність, як для класичних просапних культур, таких як кукурудза і буряк, так і культур суцільного посіву, таких як ріпак і зернові. Смуговий обробіток ґрунту забезпечує вирішення проблем, пов'язаних із сівозміною, таких як, наприклад, проростання падаличного ріпаку або розповсюдження лисохвосту польового. Дана технологія придатна не для всіх типів ґрунтів. Основним обмежуючим фактором застосування даної технології, особливо комбінованої, є важкі або вологі на момент проведення посівних робіт ґрунти.

Переваги strip-till технології порівняно із іншими технологіями обробітку ґрунту:

- 1) дозволяє підвищувати продуктивність (на 15-20 %) та якість

сільськогосподарських культур, за зменшення кількості операцій і проходів техніки;

2) скорочення витрат на обслуговування техніки, за рахунок зменшення зносу робочих органів сільськогосподарських машин;

3) зменшення затрат робочого часу та паливо-мастильних матеріалів;

4) підвищення ефективності протиерозійних заходів;

5) проведення в оптимальні строки основних весняно-польових робіт за рахунок наявності на поверхні ґрунту рослинних залишків та покращення водно-фізичних властивостей ґрунтів;

6) можливість одночасного із обробітком ґрунту та посівом внесення мінеральних та органічних добрив на різну глибину, завдяки застосуванню елементів точного землеробства – систем навігації та підрулюючих пристроїв;

7) покращення водного балансу ґрунту, за рахунок кращої інфільтрації води за одночасного захисту від випаровування за рахунок мульчі із рослинних решток, крім того покращення доступності ґрунтової вологи за рахунок збереження капілярної сітки на необроблених міжряддях робить і скорочення її витрати на випаровування та пересихання ґрунту;

8) збереження природної родючості ґрунтів за рахунок рослинних залишків;

9) покращення розкладання органічних решток у смузі за рахунок змішування рослинних решток із ґрунтом в якому містяться аеробні мікроорганізми;

10) покращення розвитку та глибини проникнення кореневої системи (особливо стержневої) культурних рослин, за рахунок отримання добре розрихленого насіннєвого ложе;

11) покращення рівномірності загортання насіння та дотримання норми висіву за рахунок формування насіннєвого ложе та легкого проникнення у ґрунт сошника сівалки;

12) регулювання температури ґрунту, яка впливає на утворення твердих частинок та ущільнення.

До недоліків застосування смугового і нульового обробки ґрунту (strip till – no till) відноситься:

1) в умовах обмеженого комплексу агротехнічних заходів з обробітку ґрунту, знищення бур'янів може бути ускладнене і вимагає збільшення гербіцидного навантаження;

2) відсутність можливості смугового обробітку ґрунту за появи

ранніх заморозків;

3) обмежена ширина (20-25 см) обробленої смуги вимагає точного дотримання посіву та внесення добрив в оброблену ділянку, тому вся техніка повинна бути обладнана системами GPS, автопілотами та пристроями паралельного водіння;

4) для застосування агрегатів в strip till технологіях потрібні трактори із високим показником тягового класу. Так зокрема на рівнинній місцевості не досить потужний трактор може без проблем тягнути комбінований агрегат, однак, в місцевостях з невеликими або крутими схилами, трактору може не вистачити потужності. Це може бути проблематичним для невеликих фермерських господарств, які не мають дорогих потужних тракторів;

5) для внесення добрив важливу роль відіграють дозатори, датчики та індикатори, в системі strip till потрібно набагато більше точності, тому що фермер буде обробляти землю спеціалізованим обладнанням, працюючи в смузі шириною 20-25 см, закладаючи при цьому одночасно хімікати або добрива, якщо індикатор вимірювання кількості хімікатів або добрив не горить, фермер не зможе внести точну кількість хімічних речовин, а це в свою чергу може призвести до збільшення витрат або зниження ефективності системи удобрення або захисту.

4.5. Вертикальний обробіток ґрунту (Verti-till) та його характеристика

Для сільгоспвиробників півдня України останнім часом дефіцит ґрунтової вологи у вегетаційний період став **головним фактором**, який зменшує врожайність сільськогосподарських культур. Останніми роками змінюється характер опадів, а саме збільшується кількість малоефективних сильних злив, які часто після тривалих сухих періодів завдають більше шкоди, ніж користі.

На крайньому півдні (південні райони Херсонської, Миколаївської, Одеської та Запорізької областей) з'явилася термічна зона із сумою температур більше 3400-3700 °С. Це райони, де цілком достатньо тепла для вирощування рису, бавовнику та інших дуже теплолюбних культур.

Родючі ґрунти – безцінне багатство України та світу, які останні декілька десятиліть істотно знизили родючість та зазнали деградації.

В зв'язку із цим виникає потреба пошуку ефективних систем основного обробітку ґрунту для даних регіонів, що будуть забезпечувати економію та накопичення ґрунтової вологи. Тому **поряд із традиційною**

технологією обробітку ґрунту, аграрії шукають інші, більш раціональні із застосуванням комбінованих ґрунтообробних агрегатів, що забезпечують виконання кількох технологічних операцій (сівба, культивування, фрезерування, прикочування, внесення добрив, гербіцидів, підсіву трав) або використання мінімального обробітку, що зумовлює економію витрат основних ресурсів – часу (термінів виконання робіт), енергії та праці, паливно-мастильних матеріалів (приблизно 30 %); збереження природних і екологічних характеристик ґрунту (рівня вологи); створення найбільш сприятливих умов для посіву (однорідний за щільністю посівний шар ґрунту).

Сьогодні в Україні застосовують низку технологій обробітку ґрунту, які мають як позитивні, так і негативні сторони. Так, поряд із відомим для більшості аграріїв традиційним обробітком ґрунту українські аграрії використовують й інші технології, такі як міні-тілл, ноу-тілл, стрип-тілл. Проте це не повний їхній перелік. Сьогодні все більше аграріїв говорять про технологію так званого вертикального обробітку ґрунту (*verti-till*).

Вертикальний обробіток ґрунту або Verti-till це відносно новий вид технології обробітку ґрунту, який має великі перспективи у майбутньому. Технологія **Verti-till** з'явилась в світі на початку XXI ст. у США і Канаді, коли у 2003 році був представлений новий ґрунтообробний агрегат RTS від компанії Salford. І вже в 2013 році провідне видання *Farm Equipment* констатувало функціонування 26 виробництв так званих агрегатів *vertical tillage*. Такий агрегат поєднав у собі кращі якості культиватора та дискової борони, він працює із різними рослинними рештками, не забиваючи робочі органи, а також обробляє пересушений, перезволожений і мерзлий ґрунт.

Головна ідея технології **verty-till**, або вертикального обробітку ґрунту – це боротьба з ущільненням ґрунтів, створення умов для вертикального розвитку кореневої системи, щоб вона мала доступ до вологи та поживних речовин. Ця технологія також націлена на відновлення родючості – за рахунок прискорення перетворення (перегнівання) рослинних решток, тобто їх мінералізації. Адже **verty-till** передбачає загортання рослинних решток неглибоко в ґрунт, на оптимальну глибину 5-6 см, де якраз багато різних бактерій та більше кисню. Окрім вказаних вище переваг, *verty-till*, завдяки наявності рослинних решток на поверхні ґрунту, локалізує водну та вітрову його ерозію, а також скорочує експлуатаційні витрати на обробіток.

Технологія вертикального обробітку ґрунту (Verti-till) дозволяє здійснювати основний і передпосівний обробіток, поєднує в собі кращі

якості культиватора та дискової борони, може працювати з різними рослинними рештками, не забиваючи робочі органи, а також обробляти пересушений, перезволожений і мерзлий ґрунт, обробляти більш глибокі й щільніші шари ґрунту, подрібнюючи його і залишаючи мікротріщини, що дає можливість повітрю, волозі й корінню проникати в ґрунт, досягати якісного подрібнення й розміщення рослинних решток у верхніх шарах ґрунту до 4 см, що забезпечує його насичення поживними рештками, за рахунок яких зменшується випаровування вологи й активізується робота мікроорганізмів.

Проблема ущільнення ґрунтів досить гостро стоїть у всьому світі, а для України ця проблема може стати вирішальною в агровиробництві. На сьогодні близько 67 % усіх ґрунтів в Україні переущільнені. До проблеми ущільнення додається ще посуха, яка також не сприяє оздоровленню ґрунтів, а також не завжди раціональне управління сільгоспвиробництвом. Ущільнення ґрунтів щорічно забирає 15-25 % продуктивності сільськогосподарських культур.

Завдання для аграріїв полягає у правильному виборі відповідного типу робочих агрегатів, здатних розпушити верхній шар ґрунту, поліпшити його водо- і повітропроникність та не створювати ущільненої плужної підшви. Оскільки, за різними оцінками вчених, недобір врожаю на полях із проявом плужної підшви може становити до 30-40 %.

Концепція вертикального обробітку (Verti-till) полягає у запобіганні формування глибоких надмірно ущільнених шарів ґрунту, які погіршують капілярність ґрунтів та обмін вологи і розвиток кореневої системи. В результаті коріння культурних рослин не може активно розвиватися вглиб та отримувати достатню кількість вологи.

Під час **розпушування пласта землі** не перевертається, тож уся **біота**, що лежить на поверхні, залишається живою. Тоді як під час глибокої оранки пласт перевертається, біота потрапляє на глибину 30 см і гине.

Використання No-till технологій в таких умовах сильно ускладнюється перехідним періодом у 4-5 років і економічними труднощами протягом даного періоду, особливо з урахуванням відкриття ринку землі.

В південних регіонах України спостерігається тенденція переходу товаровиробників на технології No-till, Strip-till, Verti-till, адже це інструменти, які дозволяють аграріям перестрахуватися одночасно в плані збереження вологи та економії.

Людство давно шукає способи ідеального обробітку ґрунту. Зокрема, спочатку була класична технологія із використанням плугів, пізніше безвідвальна (не обертаючи пласти ґрунту) з використанням глибокорозпушувачів, наступним кроком була відмова від деяких обробітків – No-till, але вона також не скрізь прижилась. Більш сучасним можна назвати Strip-till та Mini-till. Велика кількість технологій основного обробітку ґрунту дозволяє підбирати ідеальну для конкретного господарства та конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Для початку розглянемо основні технологічні процеси, які відбуваються за використання традиційної, мінімальної та вертикальної технологій обробітку ґрунту.

Незамінним при технології обробітку ґрунту Verti-till – культиватор Exceleator, який здійснює вертикальний обробіток ґрунту та дає можливість максимально зберігати вологу і залишати пожнивні решки на його поверхні. Він може працювати як восени після збору врожаю для розкладання мульчі, так і для підготовки посівного ложа, одночасно вирішуючи кілька проблем: збільшує швидкість робіт на 20 %, забезпечує зберігання вологи, подрібнює рослинні рештки.

Флагманами застосування технології No-till та verty-till є ПрАТ «Агрофорт», МХП, Агросоюз.

Мінімальний обробіток та глибоке рихлення гармонійно можуть бути включені до диференційованої системи обробітку. Виходячи з потреб сівозміни та стану конкретного поля, можна на 1/3 площі провести глибоке рихлення, на 1/3 оранку та 1/3 лишити під мінімальний обробіток. Ці системи мають свої сильні та слабкі сторони, тож розумно чергуючи їх, можна досягти оптимального результату.

Мінімальний обробіток створює найкращі умови для швидкої мінералізації пожнивних решток, коштує недорого, однак може бути застосований лише за доброї структури у глибших шарах ґрунту.

Під час **традиційного обробітку ґрунту** пласт землі перевертається та розкришується. У результаті отримуємо відмінне загортання пожнивних решток, насіння бур'янів на глибину обробітку та чисте поле. До **негативних наслідків** слід віднести утворення плужної підшви (у разі щорічного проведення оранки), небажане руйнування структури ґрунту, що призводить до вітрової та водної ерозій ґрунту.

Зокрема, на думку багатьох фахівців, сьогодні система обробітку з **оранкою** – це єдина система, яка забезпечує сталий прогнозований врожай. Зі зменшенням рівня опадів потреба у відкритті ґрунту для акумуляції стає ще важливішою.

Обробіток ґрунту **дисковими знаряддями** сприяє загортанню пожнивних решток на глибину обробітку. Проте випукла форма дисків утворює певне ущільнення на глибині обробітку.

Загалом же **переваг у технології no-till багато**, але кожен аграрій знаходить для себе якусь одну головну перевагу, а решта йдуть бонусом. Для когось – це 5 працівників на 2000 га, для когось – вища врожайність у зоні недостатнього зволоження, для когось – відновлення природної родючості ґрунту та збільшення вмісту гумусу. Інші зменшують витрати на виробництво й таким чином виживають, не втрачаючи господарство. Дехто зупиняє ерозію на своїх полях завдяки no-till. Для когось це – технологія, де можна значно більше часу витратити на життя, а не на роботу в полі. А для прагматичного господаря – це просто значно ефективніша бізнес-модель рослинництва.

Також технологія **verty-till** має низку переваг з агрономічної точки зору: відновлюється ґрунт, формується його однорідна структура, створюються умови для кращого накопичення в ньому вологи.

Але є і певні **особливості**, під час переходу на цю технологію, необхідно детально вивчити стан ґрунту на кожному полі та визначитися, чи доцільно проводити глибоке рихлення.

Про поширення технології вертикального обробітку ґрунту говорить наявність практично у кожного американського виробника сільгосптехніки в асортименті продукції хоча б однієї моделі, призначеної для верті-тілл, тобто існує попит на дану техніку. Мало того, обсяги виробництва техніки vertical tillage у них зростають. Приміром, завод Kuhn Krause в США виробляє зараз 10 типів ґрунтообробної техніки (класичні культиватори, традиційні дискові борони, комбіновані глибокорозпушувачі і т.д.), але на агрегати для вертикального обробітку ґрунту вже перепадає 30 % виробництва цього підприємства, і з кожним роком їх частка збільшується.

Сьогодні, за підрахунками AgroDay, агрегати для вертикального обробітку ґрунту виробляють щонайменше 30 відомих машинобудівних компаній світу. В Україні хоч якось представлена продукція близько 10 з них, переважна більшість її – від американських виробників, зокрема агрегати торгових марок Salford та Great Plains.

Загальноприйнятого визначення технології вертикального обробітку ґрунту нема, наприклад Євростат визначає лише, що vertical tillage – це різновид консервативної системи обробітку ґрунту, за якої орна земля не перевертається, у ґрунті утворюються малі ущільнення, а його поверхня залишається гарно вкритою рослинними рештками.

За використання обробітку ґрунту за **типом *verti-till***, верхній шар ґрунту розпушується, а пожнивні рештки (30-90 %) залишаються на поверхні поля. Крім того, завдяки оригінальній конструкції робочих органів плужна підшва не утворюється. Ножі агрегату для *verti-till* мають спеціальні канавки, до того ж вони встановлені практично під прямим кутом до поверхні ґрунту. Ці конструкційні особливості забезпечують відмінне розпушування поверхні поля, якісне подрібнення ґрунту з утворенням у ньому вертикальних розломів. Завдяки максимальній концентрації притискного зусилля на вістрі леза диска, що в поєднанні з функцією підривання ґрунту вгору (досягається завдяки спеціальній його конструкції без бокового зміщення) вдається уникнути утворення плужної підшви.

Агрегати для вертикального обробітку ґрунту являють собою зазвичай два ряди дисків, розташованих один за одним на відстані декількох метрів і закріплених на масивній рамі. В кожному ряду – від 1 до 5 секцій дисків, загальною шириною від 3 м до 18 м. Найбільш поширені – 3-секційні агрегати.

Диски, як правило, плоскі, з хвилястою кромкою, рифлені, з міцної сталі завтовшки 5-6 мм. Діаметр дисків – від 51 до 61 см (в залежності від виробника та моделі). Встановлюються диски, як правило, вертикально. Відстань між дисками в ряду – 19-25 см, другий ряд дисків розташовують, зазвичай, зі зміщенням на половину кроку першого ряду.

Робоча глибина проникнення дисків вертикальних агрегатів у ґрунт зазвичай – до 8-10 см. Для рівномірності розпушування ґрунту по всій ширині агрегату останнім часом чимало виробників передбачають гідравлічне, автоматичне управління розподілом ваги рами, зокрема перерозподілом ваги центральної частини рами на бокові секції.



Рис. 13. Мульчуючий шар з ґрунту і подрібнених решток кукурудзи

Для більш якісної підготовки ґрунту до сівби позаду дискових блоків до рами зазвичай монтують ще й борони та котки. За конструкцією борони бувають різними – циліндричні, голкові, сітчасті і т.д.

Таким чином система обробітку ґрунту ***verti-till*** забезпечує

однорідну структуру ґрунту без плужної підшви на глибині обробітку. Крім того, після проходження агрегату полем ґрунтова поверхня завжди вкрита шаром пожнивних решток. А це – захист ґрунту від впливу вітру, води та сонця. Тобто під час випадання дощу та наступного випаровування вологи поживні рештки запобігають утворенню ґрунтової кірки. Це в свою чергою, сприяє кращому проникненню вологи в нижчі горизонти ґрунту та зменшенню її випаровування та дає змогу корінню рослин легше проникати в глибші горизонти. Даний фактор сприяє кращому вологозабезпеченню вирощуваної культури впродовж вегетації та підвищує її стійкість до вилягання.

Наступним позитивним моментом *verti-till* є те, що агрегати, створені спеціально для виконання такого виду **передпосівних робіт**, здатні ефективно працювати з великою кількістю пожнивних решток.

Здебільшого на таких машинах встановлюють звичайні **колтери** («п'яні» диски) на підпружиненій стійці. Вони мають виконувати якісний обробіток ґрунту. Основна мета якого залишити на поверхні поля максимально можливу кількість пожнивних решток та виконати за таких умов якісний обробіток ґрунту на глибину висівання (або, за потреби, й глибше) більшості сільськогосподарських культур. Саме для цього й створено спеціальні машини для вертикального обробітку ґрунту, які за обсягом та характером виконання робіт можна по праву віднести до універсальних машин.

У агрегатів *Excelerator* для більш інтенсивного подрібнення рослинних решток та змішування їх з ґрунтом кінцівки голок на боронах виготовлені у формі загнутих лапок. Такі «зірочки» (ще їх називають «їжачками») прискорюють повне розкладання рослинних решток у ґрунті, особливо у випадках надмірної кількості залишків кукурудзи або соняшнику. Вони також запобігають знесенню з поля корисних рослинних решток сильним вітром та змиванню їх дощами.

Дискові хвилясті ножі, які встановлені на індивідуальній пружинній стійці, працюють на високих швидкостях із високими навантаженнями. Особливість култерів у тому, що вони створюють постійну вібрацію, яка поширюється на більш глибокі і щільніші шари ґрунту, нагадуючи принцип відбійного молотка, подрібнюючи ґрунт навколо оброблювальної зони і залишаючи в ньому мікротріщини, це дає можливість повітрю, волозі і корінню краще проникати у ґрунт.

Задня частина такого агрегату складається із важкої пружинної зубової борони і вичісуючого пластинчасто-ребристого котка, який завершує роботу култерів. У завершенні використання даного агрегату

забезпечується якісне подрібнення і розміщення рослинних решток у верхніх шарах ґрунту до 4 см. На відміну від класичного обробітку, де іде обертання пласта, пошарове ущільнення, і вигляд чистого поля без рослинних решток.

Головна **відмінність Excelerator** від дискового лушпильника та дискової борони полягає в конструкції дисків та куті їхньої атаки. Максимальне значення останнього становить 5°, а мінімальне – 1°. Ці робочі органи заглиблюються в ґрунт практично під прямим кутом. До того ж увігнутість диска набагато менша, ніж у будь-якого іншого агрегату, наявного на світовому ринку.

Попри конструктивні особливості та мінімальне значення кута атаки дисків, ми все ж таки маємо відмінне підрізання коренів рослин та якісно підготовлене посівне ложе.

Саме поняття «**verti-till**» прийшло до нас зі США. Головна ідея конструкторів, які створювали цей агрегат – уникнення такого негативного явища для ґрунту, як його переущільнення. Це непросте на перший погляд завдання має досить просте рішення. Конструктори створили машину, робочі органи якої входять у ґрунт під прямим кутом, що запобігає його бічному зсуву і як наслідок – ущільненню.

Використання технології вертикального обробітку ґрунту передбачає зменшення витрати палива майже удвічі порівняно із традиційними технологіями (6-7 л). Також потрібно відмітити, що агрегат працює за середньої швидкості 15 км/год, та може обробляти до 180 га/добу. Таким агрегатом можна працювати із ранньої весни і до морозів.

Робоча швидкість агрегату для ґрунтообробного знаряддя становить 12-16 км/год. Під час руху полем хвиля ґрунту, яка підіймається переднім рядом дисків, не потрапляє на опорні колеса. У разі роботи по перезволоженому полю це унеможливорює налипання землі на їхню поверхню і не впливає на стабільність роботи агрегату та зміну глибини обробітку. Навіть на максимальній швидкості агрегату ґрунт падає не на колеса, а перед ними.



Рис. 14. Подрібнення грудок та притискання пожнивних решток до ґрунту чавунними зірочками

Крім основного обробітку,

такою машиною можна проводити передпосівний обробіток, що забезпечує ідеально рівне ложе, при цьому ґрунт не перемішується, тобто вологий нижче і сухий на поверхні не змішується (не висушується), що гарантує якісні та дружні сходи рослин.

Наступною особливістю машини є використання ексклюзивної системи Star Wheel. Вона подрібнює грудки землі, розрівнює гребні й рівномірно загортає рослинні рештки. Крім того, додатково виконує механічне руйнування структури твердо-стеблових решток кукурудзи та соняшнику для кращого перемішування їх із ґрунтом, що прискорює процес їхнього розкладання.

Завершальним етапом обробітку ґрунту є якісне коткування посіву, що забезпечує прикочувальний коток, завдяки якому досягається добре вирівнювання поверхні поля та додаткове його зворотне ущільнення.

Варто відмітити що робота даного ґрунтообробного агрегату досить ефективна в посушливі роки на по пожнивних рештках ріпаку, озимого ячменю, пшениці, кукурудзи, соняшнику та гороху.

При цьому агрегат без проблем справляється із їх загортанням на встановлену глибину, навіть на 10-12 см. Також досить високий результат забезпечує даний агрегат на цілих землях, які не були в обробітку упродовж 20 років.

Даний тип обробітку ґрунту можна використовувати в технологіях вирощування кукурудзи разом з плугами та глибокорозпушувачами. Також вона вписується в операції, що необхідні до і після основного обробітку ґрунту, а також допомагає керувати рослинними рештками.

Щороку площа посіву кукурудзи в Україні зростає, і товаровиробники постійно стикаємося з проблемою загортання великої кількості пожнивних решток та підготовкою поля під посів наступної культури. Необхідно відмітити що даний агрегат не просто загортає пожнивні рештки, а ще й ретельно та якісно їх подрібнює на невеликі шматочки. Вже після одного проходження агрегату полем можна якісно виконувати посів або наступні технологічні операції з обробітку ґрунту.

Після збирання зернових культур можна використовувати обробіток ґрунту Excelsator, а вже потім запускати плуги або глибокорозпушувач. У результаті отримуємо рівномірно оброблений на однакову глибину шар ґрунту з дрібно-грудкуватою структурою.

Агрегат є незамінним для тих підприємств, які використовують глибоке розпушення як основний обробіток ґрунту. У той час коли глибокорозпушувач вивертає на поверхню великі брили, даний агрегат

формує вирівняне поле з добре подрібненим ґрунтом та заробленими на належну глибину пожнивними рештками і сформованим посівним ложем.

Особливістю Verti-till є відсутність горизонтальних зміщень ґрунту при обробітку, відсутність перевертання скиби та ущільнення. Також відбувається подрібнення та розподілення пожнивних решток по поверхні поля, утворюючи шар мульчі, який дозволяє зберігати вологу.

Агрегат для verti-till повинен мати:

- диски великого діаметра;
- значну масу – для створення відповідного зусилля на диск;
- гострі диски впродовж усього терміну експлуатації (функція самозаточування);
- високий кліренс машини;
- просту та надійну конструкцію рами.

Застосування вертикального обробітку дозволить зберегти та підвищити якість ґрунту. Проводити поверхневий обробіток ґрунту вертикальними агрегатами щорічно, а раз на 4-6 років виконувати обробіток глибокорозпушувачами на глибину не менше 40 см.

Серед **недоліків** такого типу обробітку ґрунту є відсутність можливості внесення основної частини добрив, тому що їх не можливо розкидати і заорати. У даному випадку найкращим буде використання спеціального агрегату і внесення їх стрічково за допомогою навігації.

4.6. Характеристика технологій із різним рівнем інтенсифікації виробництва

За рівнем ресурсного забезпечення, використання засобів, шляхів виробництва, застосування ручної праці, технології в рослинництві умовно можна розділити на **примітивні** або **екстенсивні**, **індустріальні**, **інтенсивні** та **проміжні**, або **інтегровані** крім того значне поширення мають **ресурсоощадні**, **біологічні** й **нульові (No-till) технології**.

Виходячи із залежності урожайності від забезпеченості засобами інтенсифікації, доцільно орієнтувати розробку технологій на декілька рівнів інтенсифікації, якість яких залежить від біокліматичного потенціалу.

Продуктивність сільськогосподарських культур має залежність від значної кількості чинників. Частина з них, такі як температурний режим, сонячна радіація, **не регулюються людиною** у відкритому ґрунті, але

враховуються в практиці, шляхом вибору строків сівби, густоти стояння рослин, напрямку рядків і т.д. Інші фактори забезпечуються **виробничою діяльністю людини** – наявність вологи в ґрунті, забезпеченість рослин елементами живлення, сорт, якість насіння, захист посівів від шкідників, хвороб і бур'янів, регулювання росту, збирання врожаю.

Найвища продуктивність досягається за сукупності оптимальних умов росту і розвитку рослин. Випадання, навіть часткове, лише одного з цих факторів, викликає значне зниження продуктивності.

4.6.1. Інтенсивні та індустріальні технології вирощування

Інтенсивні технології – це технології, які передбачають максимальне зосередження засобів інтенсифікації на одиниці площі та відмову від застосування ручної праці та кінної тяги. Особливе поширення в нашій країні інтенсивні технології набули у 80-ті роки минулого століття.

Інтенсивні технології базуються на: розміщенні посівів після найкращих попередників у системі сівозмін; вирощуванні високоврожайних сортів інтенсивного типу з гарною якістю зерна; оптимальному забезпеченні рослин елементами живлення, з урахуванням їх вмісту в ґрунті; дробному застосуванні азотних добрив у період вегетації, відповідно до даних ґрунтової і рослинної діагностики; інтегрованій системі захисту рослин від шкідників, хвороб і бур'янів; застосуванні ретардантів; своєчасному та якісному виконанні всіх технологічних прийомів, спрямованих на захист ґрунтів від ерозії; накопиченні вологи. Вони забезпечують найвищу врожайність: зернові культури – 10,0-12,0 т/га, цукрові буряки – 50-70 т/га, озимий ріпак – 3,8-5,5 т/га та найкращі економічні показники. В останні роки інтенсивні технології стрімко поширюються і в багатьох господарствах України.

Основою **впровадження інтенсивної технології** в конкретному господарстві має бути:

- 1) оцінка земельного банку господарства;
- 2) корегування структури посівів;
- 3) розробка технологічних карт під вирощування кожної культури;
- 4) забезпечення засобами інтенсифікації;
- 5) залучення висококваліфікованих спеціалістів агрономічної служби.

Високий рівень застосування хімічних засобів, механізація і

меліорація призводять до забруднення біосфери, засолення ґрунтів, розвитку ерозійних процесів, збільшення витрат на одиницю продукції, росту цін на засоби виробництва, дефіциту водних і енергетичних ресурсів.

Науковими співробітниками Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків (м. Київ) і Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН розроблені **індустріальні технології вирощування цукрових буряків (українська та зарубіжна).**

Відрізняються вони тим, що зарубіжна передбачає використання дражованого насіння гібридів цукрових буряків іноземної селекції, підживленням азотними добривами урожай без заробки їх в ґрунт, відсутністю міжрядних рихлень, використанням комплексу машин іноземного виробництва.

Індустріальні та інтенсивні технології передбачають:

- 1) концентрацію енергетичних, матеріальних і фінансових вкладень на одиниці площі;
- 2) застосування ефективних засобів виробництва – нові сорти, гібриди, агрохімікати, машини і механізми;
- 3) використання більш ефективних технологічних процесів та застосування передових методів організації праці, новітніх досягнень науки і техніки.

4.6.2. Екстенсивні технології у рослинництві

Екстенсивні технології – це технології, які передбачають мінімальне використання засобів інтенсифікації на одиниці площі та максимальне використання ручної праці та кінної тяги.

Екстенсивні технології орієнтовані на використання природної родючості ґрунтів, без використання добрив та інших хімічних засобів або на дуже обмежене їх застосування.

Екстенсивні (примітивні) технології ґрунтуються на:

- 1) максимальному обмеженні енергетичних, матеріальних і ресурсних вкладень;
- 2) відмові від застосування агрохімікатів;
- 3) максимальному обмеженні застосування механізмів;
- 4) використанні ручної праці, кінної тяги, екстенсивних сортів низьких репродукцій, а часто й знеособленого насіння, частково органічних добрив.

Названі технології, порівняно з індустріальними, інтенсивними,

забезпечують економію енергетичних, матеріальних, фінансових ресурсів та гарантоване одержання прибутку за невисокої урожайності сільськогосподарських культур.

Недоліками даних технологій є:

- 1) зниження продуктивності культур у 2-3 рази;
- 2) різко негативний баланс елементів живлення в системі «грунт-рослина», деградація ґрунтів, втрата родючості ґрунту;
- 3) істотна залежність від факторів зовнішнього середовища.

4.6.3. Проміжні, або інтегровані технології

Проміжні технології – це технології, які передбачають використання засобів інтенсифікації, як і інтенсивні технології та до 25 % технологічних операцій, що виконуються за допомогою ручної праці та кінної тяги.

Проміжні або інтегровані технології включають:

- 1) обмеження енергетичних і ресурсних вкладень, порівняно з інтенсивними на 20-30 %, максимальне використання адаптивного потенціалу агроєкосистем;
- 2) поєднання застосування як новітніх засобів виробництва, технічних засобів, шляхів регулювання родючості ґрунту, захисту культур від шкочинних об'єктів, так і біологічних методів, придатних для екстенсивних технологій, включаючи ручну працю.

4.6.4. Ресурсощадні технології

В умовах зниження світових цін на зерно та зростання вимог до охорони навколишнього середовища, необхідно розширювати застосування інтегрованих **ресурсозберігаючих** та **ресурсощадних** технологій.

Сільське господарство України споживає значну кількість енергетичних ресурсів, що істотно підвищує собівартість виробленої продукції, через це **енергозбереження** для нього має велике значення.

Традиційна технологія вирощування культур, в основі якої є оранка, в середньому використовує 100-120 кг паливно-мастильних матеріалів на гектар за рік. Якщо взяти площу ріллі сільськогосподарських підприємств в Україні (без присадибних ділянок) за 30 млн. га, то загальні витрати паливно-мастильних матеріалів складуть 3,0-3,6 млн. тонн на рік. Однак фактичні витрати є меншими, через що порушується

агротехніка і частина ріллі переводиться в переліг. Через брак палива господарства спрощують технології вирощування, ігнорують найбільш енергоємні технологічні операції, що негативно впливає на врожайність та валове виробництво культур.

Ресурсоощадні технології – досить наукоємні та передбачають зменшення наполовину обсягів застосування агрохімікатів. Для їхньої реалізації обов'язково необхідно освоїти сівозміну, яка передбачає поле багаторічних бобових трав. Це дозволяє знизити на 30-50 % норми внесення мінеральних добрив та певною мірою обсяги використання засобів захисту рослин. Урожайність за цих технологій майже не зменшується, порівняно з інтенсивними, поширені так технології в Австрії, Швейцарії, Швеції та ін. Оскільки сівозміни зруйновано, як в Україні, так і в Європі (у США це зробили ще в 50-ті роки), то масового поширення цих технологій очікувати важко.

Ресурсозберігаючі технології вирощування характеризуються комплексністю дії факторів інтенсифікації на продуктивність культур. Суть їх полягає в тому, що найвища ефективність досягається за комплексного застосування високоврожайних сортів або гібридів, поєднанні агротехнічних і хімічних методів боротьби з бур'янами, інкрустації насіння, проведенні в єдиному технологічному процесі підживлення мінеральними добривами та хімічному захисті від шкідників і хвороб, використанні побічної продукції та мінеральних добрив, застосуванні штамів азотфіксуючих та фосфорбілізуючих бактерій відповідно до сорту для зернобобових культур, що забезпечує підвищення врожайності на 0,15-0,5 т/га, зниження енергетичних і трудових затрат у два рази.

Особливостями таких технологій є:

- 1) підготовка ґрунту до посівного стану для ярих культур з осені, з внесенням органічних та мінеральних добрив, у залежності від типу і родючості ґрунтів та запланованого рівня врожайності з наступним коригуванням;
- 2) ранній посів;
- 3) оптимальна глибина загортання насіння;
- 4) післяпосівне ущільнення ґрунту водоналивними котками;
- 5) збільшення оптимальної густоти стояння рослин на одиниці площі.

Відпрацьовані на сьогодні **енерго-** та **ресурсоощадні технології** вирощування кукурудзи, що передбачають зменшення виробничих витрат, використання новітніх досягнень науки і техніки, застосування

науково-обґрунтованих і економічно-доцільних систем сівозмін, способів обробітку ґрунту, зменшення доз добрив, використання мульчі. Такі технології включають низку агротехнічних прийомів, спрямованих на підвищення теплопровідності, поліпшення температурного режиму та збільшення вологості верхнього шару ґрунту, що дає можливість висівати насіння раніше оптимальних строків (В. Д. Паламарчук, В. А. Мазур, О. Л. Зозуля, 2009).

4.7. Нанотехнології у рослинництві

У сучасних умовах при застосуванні добрив широко застосовують технології, які є нешкідливі для людини й захищають екосистему від шкідливого впливу. Важливим елементом ресурсозбереження є розробка та впровадження в аграрне виробництво нового покоління мікродобрив та протруйників, що створюються на основі нанотехнологій. Під терміном «**нанотехнології**» розуміють можливість регулювання надходженням факторів життя рослин за використання препаратів, що включають компоненти з розмірами менше ніж 100 нм. У рослинництві застосування нанопрепаратів у якості мікродобрив забезпечує підвищення стійкості до несприятливих погодних умов та збільшення врожайності майже всіх культур.

Очікується, що до 2050 року населення планети перевищить 9 млрд. А це означає, що потрібно буде нагодувати ще більше людей (рис. 15).



Рис. 15. Площа орних земель в світі в порівнянні з чисельністю населення, млрд

Нанотехнології в сільському господарстві створять абсолютно

новий клас їжі – «нанопродукти», які із часом витіснять з ринку ГМО-шні.

Нанотехнології – це технології на рівні атомів молекул: де за допомогою маніпуляцій з елементами, з яких складається речовина, можна досліджувати і переробляти продукти з потрібною вам атомною структурою. Сьогодні наночастинки використовують і в рослинництві, і в тваринництві, і додають в продукти харчування та інші товари. Нанотехнології – перспективний спосіб стимулювання росту і розвитку рослин. Ефект тут досягається завдяки тому, що наночастинки розміром із атом, легше потрапляють у ґрунт та рослини. Вони запобігають нераціональному використанню добрив.

Фермери вносять добрива у ґрунт, розчиняючи у воді для поливу рослин. При цьому основна частина добрив марно втрачається в навколишньому середовищі і забруднює екосистему. Використання добрив у всьому світі збільшується разом із зростанням світового населення. Фермери використовують близько 85 % від загального фосфору у світі в якості добрива, хоча рослини поглинають лише 42 %. А надлишок утворюючи хімічні зв'язки з іншими елементами обмежує кореневе живлення рослин, забруднюючи водойми.

Нанотехнології сприяють росту і розвитку рослин, вносячи наночастинки добрив, можна домогтися високої точності в їх кількості. Адже так добриво потрапляє безпосередньо в місце призначення – клітини рослини, воно не втрачається у ґрунті і не забруднює його.

Наночастинки можуть збільшувати швидкість фотосинтезу рослин і дають їм можливість поглинути більше поживних речовин. Всі ми звикли до традиційних мікро- та мікроелементів, але не менш важливе значення для життя рослин мають і набагато менш поширені елементи живлення, зокрема ультрамікроелементи. До ультрамікроелементів належить кобальт, йод, хлор титан, кремній та інші.

Застосування **кремнеорганічних біостимуляторів** в рослинництві дозволяє підвищити стійкість до холоду, спеки та посухи, допомагає рослинам вдало вийти з таких стресових погодних умов, як заморозки і різкі перепади температури, а також покращує захист від хвороб та шкідників.

Вивчення впливу нанотехнологій все ще перебуває на ранній стадії, але швидко розвивається. Розглянемо для прикладу застосування нанодобрива Nano-GroTM у рослинництві при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Nano-GroTM (діюча речовина: сульфати Al (0,000000286 г в 1 кг

готового продукту міститься Ni (0,000000286 г/кг), Mg (0,000000286 г/кг), Fe (0,000000286 г/кг), Agro) – нанотехнологічний препарат, що являє собою органічний стимулятор росту та засіб захисту рослин, випускається у гранулах. Особливості застосування даного препарату наведені в таблиці 15.

15. Особливості застосування Nano-Gro™

Культура	Nano-Gro™ гранул	Кількість води, л	Витрати роб. розчину, л/т	Засіб застосування
Пшениця, жито, ячмінь, овес	24	10	10	протруєння насіння
Кукурудза, рис	24	10	10	протруєння насіння
Картопля	10	10	100	замочування на 30 с.
Соняшник	10	10	10	протруєння насіння
Ріпак	12	10	10	протруєння насіння
Горох, соя, боби	24	10	10	протруєння насіння

Nano-Gro™ випробуваний в США, Ізраїлі, країнах Європейського Союзу, Росії, Китаї, Молдові, Україні на зернових і овочевих культурах.

Даний препарат підвищує урожайність сільськогосподарських культур на 15-20 %. Крім того препарат Nano-Gro™ випробовувався, як засіб захисту рослин проти грибкових і вірусних захворювань, таких як фузаріоз та сіра гниль.

Згідно даних виробника, при застосуванні Nano-Gro™ на кукурудзі збільшується біомаса рослин на 40 %, маса коренів на 9 %, врожайність на 20 %. На пшениці приріст врожаю складає більше 17 %, томатах, цибулі, моркві – до 67 %, селері – 80 %.

4.8. MASTech технології в рослинництві

MAStech – це технології, що базуються на розумінні природних механізмів взаємодії рослини, ґрунту та навколишнього середовища і дозволяють значно знизити ризики сучасних тенденцій та отримувати стабільні високі врожаї за незначних фінансових витрат.

Мікробіологічні Аграрні Системні технології (MAStech) були розроблені науковцями НДІ ведучих аграрних вузів України та ЄС і адаптовані спеціалістами компанії «Ензим-Агро» та впроваджені відділом R&D компанії ЕНЗИМ, на основі аналізу багаторічного досвіду в країнах ЄС, Південної Америки, США та Австралії в тісній співпраці з науковцями провідних міжнародних науково-дослідних інститутів. **Мікробіологічні**

Аграрні Системні технології розроблені виключно з використанням препаратів ENZIM Agro (табл. 16).

Максимальне збільшення виробництва сільськогосподарських культур, за одночасної мінімізації використання природних та інших ресурсів, є найважливішим завданням, що забезпечує світову продовольчу безпеку в контексті глобальних змін і потреб.

16. Порівняльна характеристика ефективності технології MAStech® з традиційною

Попередник 2014 р.:	Ріпак оз. 3,0 т/га		ТОВ «Рапсодія», с. Струтинка, Липовецький р-н, Вінницька обл.		
Посів 2014 р.:	Пшениця оз. Наталка - посів 250 кг/га		Технологія - інтенсивна. Удобрення, інсектициди, гербіциди - однакові		
Технологія MAStech®, 10 га			Традиційна технологія, 31 га		
Препарат	Доза, л.кг/га.т	Вартість, грн	Препарат	Доза, л.к/га.т	Вартість грн
Обробка пожнивних рештків попередника					
Комплекс «MAStech-ГРУНТ»		200			
	3 л/га				0
Сульфат амонію	5	34			
Разом грн/га		234	Разом грн/га		0
Передпосівне протруювання насіння					
Комплекс – «MAStech-старт»		484	Протруйник Кінто Дуо		584
	5 л/га			2,5 л/га	
Разом грн/т		484	Разом грн/т		584
Разом грн/га		121	Разом грн/га		146
1-й фунгіцидний захист, фаза кінець кушення					
Дерозал 0,5 л/га+ Імпакт 0,5 л/га		273	Дерозал 0,5 л/га+ Імпакт 0,5 л/га		273
2-й фунгіцидний захист, фаза вихід прапорцевого листа					
Комплекс «MAStech-ЛИСТ» - 4,0 л/га		406	ф. Акула 0,8 л/га		441
3-й фунгіцидний захист, фаза початок колосіння					
ф. Аякс 0,6 л/га		346	ф. Аякс 0,6 л/га		346
Всього, витрати за період, грн/га		1380	Всього, витрати за період, грн/га		1206
Додаткові витрати, грн/га		174			
Результат, економіка					
урожайність Наталка, т/га		8,3	урожайність Наталка, т/га		7,4
Вартість зерна, грн/т (2 кл)		3250	Вартість зерна, грн/т (2 кл)		3250
Дохід з 1 га, грн		26975	Дохід з 1 га, грн		24050

Основні світові втрати врожаю зумовлені змінами біологічної

структурної та складової ґрунту. Збалансований склад та біорізноманіття функціонально важливих ґрунтових мікроорганізмів та активність їх взаємодії з рослиною є фундаментальним компонентом здорового функціонування ґрунтового біому аграрних систем.

Рівень впливу **ризосфери рослин** на текстуру мікробних угруповань має певну диференціацію залежно від біотичних взаємодій, оскільки він може бути тривалим, пролонгованим (навіть довшим, ніж термін життя відповідних організмів). В цьому сенсі **коренева система рослин** розглядається як природний екологічний інженерінг, а рослини як агенти взаємодії з певними складовими мікробних угруповань ґрунту для захисту від інфекцій, патогенів.

Здатність культур до контролю за формуванням у ризосфері специфічного (в тому числі антагоністичного) **пулу мікроорганізмів** дає широкі перспективи до біотехнологічного використання в рослинництві, як це можна продемонструвати на прикладі формування системної стійкості рослин до патогенних мікроорганізмів.

На основі природних та біотехнологічно сформованих генотипів рослин спрямована селекція сільськогосподарських культур за рахунок **ексудації**, алелопатичних рослинно-мікробних систем із підвищеною здатністю до взаємодії з конкретними функціональними мікробними генотипами є потужним ефективним засобом для підвищення стійкості/опору сільськогосподарських культур до хвороб і, врешті-решт, буде мати позитивний екологічний та продуктивний ефекти.

Подальший **розвиток селекції культурних сортів**, який проводиться в напрямі формування ефективної рослинно-мікробної асоційованої взаємодії, дасть можливість збільшити поліморфізм і кількість варіантів селекції та критерії їх відбору. Однак це потребує розробки відповідних концепцій їх отримання, яка враховувала б оцінку ліній рослинного матеріалу на фоні підвищеної взаємодії з **ґрунтовим мікробіомом**. Слід зазначити, що для цього необхідно багато об'єднаних зусиль вчених біотехнологів, селекціонерів, генетиків, мікробіологів та екологів для дослідження механізмів формування та функціонування цих взаємодій.

На сьогодні цілісний **біологічний підхід** є кращою стратегією для ефективного технологічного контролю ґрунтових біологічних ресурсів через комплексну інтеграцію біотехнологічних, хімічних, фізичних підходів і технологій на основі їх управління. Практично весь ґрунтовий біом має природні механізми, що здатні обмежувати розвиток хвороб, фітопатогенів.

Біотехнологічний контроль ризосфери є невід’ємною частиною стадії проектування систем вирощування сільськогосподарських культур і, в першу чергу, повинен базуватися на поєднанні поліфункціональної різнорівневої рослинно-мікробної взаємодії. Конструкція цих систем здатна на рівні самоорганізації функціонально регулювати стадії поширення та пригнічувати патогени, а також ґрунтуватися на принципах мобілізації і регуляції екологічних процесів (стимуляція росту посівного матеріалу, індукція системного імунітету рослин, біозахист ризосфери тощо).

Розробка наукоємних біотехнологій для контролю у системі ризосфери патогенних мікроорганізмів дає можливість ініціювати природні механізми («**природна інженерія**») і, таким чином, впливати на формування складу ризосферних мікробних угруповань. Перспективним вважається активізація молекулярно-біологічних досліджень за маркерними і сигнальними ознаками локусів генів інтересу, що впливають на їх формування, і від яких функціонально залежать рослинно-мікробні системи.

Виробництво сільськогосподарських культур в умовах сучасного світу вимагає використання **рістрегуляторів** для отримання заданої якості і кількості продукції. Застосування регуляторів росту рослин є обов’язковим агротехнічним прийомом в рослинництві, овочівництві, плодівництві та декоративному садівництві. В сільськогосподарській практиці багатьох країн здійснюються спроби використання **бактерій-продуцентів гормонів**, які стимулюють ріст рослин, а також чистих фітогормонів – продуктів мікробіологічного синтезу.

Використання **природних фітогормонів** мікробного походження в рослинництві досить перспективне через простоту їх отримання, дешевизну, високу здатність їх до детоксикації в рослинному організмі, а також здатності легко зв’язуватись в клітині і катабілізувати.

Ринок **біорегуляторів** стрімко розвивається із врахуванням сучасних досягнень біології, хімії та біотехнології. Основними складовими цього ринку є синтетичні рістрегулятори. В останні роки на основі передових наукових досягнень розроблені регулятори росту рослин, що володіють широким спектром фізіологічної активності та є безпечними для людини і навколишнього середовища. Прикладами таких біорегуляторів синтетичного походження є «Мівал-агро», «Енергія М» (триетаноламонієва сіль ортокрезоксиоцтової кислоти), «Мелафен» (меламінова сіль біс(оксиметил)фосфінової кислоти), «Авібіф» (пиролідинійхлориди), «Агростимулін» (2,6-диметилпіридин N-оксид +

продукт метаболізму симбіотного гриба *Cylindrocarpon magnusianum*), які виконують не лише роль стимуляторів росту, а також захисні функції рослин від несприятливого впливу абіотичних і антропогенних факторів і хвороб.

Застосування таких регуляторів росту рослин значно підвищує адаптивні властивості і імунітет сільськогосподарських культур, збільшуючи їх продуктивність і якість продукції.

Застосування **молочнокислих бактерій** для стимуляції росту рослин є більш відомим у випадку комерційних полівидових сумішей мікроорганізмів ЕМ (Effective Microorganisms), запропонованих ще у 80-х роках ХХ століття японськими вченими Higa et Kinjo (1989).

Фітостимуляційна активність саме культур *Lactobacillus plantarum* досліджується рідше, хоча відомі чисельні успішні випадки застосування лактобацил для стимуляції росту сільськогосподарських рослин. Переваги лактобацил перед іншими мікроорганізмами – це статус GRAS (Generally Recognized As Safe), тобто абсолютна безпечність для здоров'я людини і тварин. Здатність *L. plantarum* до синтезу фітогормонів або їх попередників забезпечує фітостимуляційні властивості цих бактерій.

Крім того за допомогою мікроорганізмів можна отримати фітогормональні сполуки із структурою відмінною від структури комерційних препаратів, але які володіють більш високою біологічною активністю, які складно отримати шляхом хімічного синтезу.

На разі актуальним завданням є пошук ефективних екологічно безпечних **засобів захисту рослин від патогенів**, що буде сприяти екологізації сільського господарства та зменшенню використання пестицидів.

Інтенсивна зміна клімату (глобальне потепління), коливання температури із порушенням сівозмін в останні роки призвели до значного збільшення **фітосанітарного навантаження в агроценозах** України. Різко змінилася роль окремих патогенів, шкідників і їх співвідношення в агроecosистемах.

Використання **бактеріальних препаратів** в боротьбі із різними шкідниками та хворобами представляє особливий інтерес в сільському господарстві. Деякі із найбільш актуальних препаратів з фітопатогенною активністю отримують із бактерій, що відносяться до родів *Bacillus* і *Pseudomonas*.

На сьогодні залишається відкритим питання стосовно механізмів взаємодії клітин патогенних бактерій між собою та з рослинними

клітинами, а також наявності та функцій біогенних магнітних наночастинок у бактерій.

Основними властивостями бацил (*Bacillus subtilis*), які створюють привабливим їх застосування в якості біологічного контролю фітопатогенів є висока здатність до швидкого росту і формування ендоспор, відносна безпечність для людини і тварин.

Стимулюючі ріст і розвиток рослин бактерії (PGPR) - це сапробіонтні мікроорганізми, що поширені в ризосфері і позитивно впливають на рослини, стимулюючи їх енергію проростання, схожість, онтогенетичний розвиток в цілому.

Фітостимуляція, що спостерігається при цьому, може бути пов'язана з підвищенням доступності органічних речовин (зокрема, фосфор- і азотвмісних) для рослин, що відбувається завдяки їх трансформації відповідно фосфатмобілізуючими або діазотрофними бактеріями.

Роль фосфору в мінеральному живленні рослин надзвичайно важлива. В той же час, завдяки високій хімічній активності сполук фосфору, ефективність його засвоєння і використання рослинами складає близько 20-25 %. Решта сполук фосфору трансформується у ґрунті в орґано- та мінералофосфати, що практично не доступні рослинам в якості елемента живлення (аніонів ортофосфорної кислоти).

Відомо, що в рослинних тканинах надлишковий пул фосфору зберігається у вигляді фітину (Ca^{2+} , Mg^{2+} солей інозитфосфорної кислоти). **Фітин** містить біля 36 % органічно зв'язаної ортофосфорної кислоти. Відомо, що фосфатази PGPR-бактерій не здатні гідролізувати фітат, проте деякі ризосферні мікроорганізми мають інші ферментні системи – фітази, що здатні метаболізувати фосфор з фітину рослин. Також слід зауважити, що у ссавців і людини, зокрема, цей фермент відсутній.

В останній час в Україні стрімко зростає кількість сертифікованих господарств, що виробляють **орґанічну рослинну продукцію**, тому постійно ведеться пошук нових заходів підвищення родючості ґрунту і продуктивності сільськогосподарських культур. З огляду на дефіцит якісних органічних добрив, що відповідають вимогам органічного землеробства, і низького ресурсного забезпечення сільського господарства взагалі, особливої актуальності набуває застосування агрозаходів, спрямованих на активізацію позитивних мікробіологічних процесів у прикореневій зоні рослин, оптимізацію мінерального живлення рослин, що дозволить підвищити урожайність та покращити

якість рослинницької продукції, одночасно заощаджуючи сировинні та енергетичні ресурси.

Відмова від синтетичних мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин в органічному землеробстві призводить до зниження врожаїв сільськогосподарських культур порівняно з традиційними інтенсивними системами землеробства, що спонукає до пошуку альтернативних засобів поліпшення живлення рослин і боротьби з хворобами й шкідниками.

У зв'язку з цим, нагальним питанням є розробка біологічних методів захисту рослин, актуальною проблемою є також визначення найбільш ефективних способів застосування **біопестицидів** та поєднання їх із препаратами удобрювальної дії. Відомо, що інтродукований в ризосферу рослин мікроорганізм вступає у взаємодію з аборигенними мікроорганізмами, а у разі одночасного застосування двох мікробних препаратів різного призначення, наприклад, удобрювальної і фунгицидної дії, ще й між собою.

Недооцінка фактору взаємного впливу мікроорганізмів може призвести до втрати позитивного ефекту від біопрепаратів. Використання біологічних засобів захисту рослин у поєднанні з мікробними препаратами удобрювальної дії може бути ефективним лише за умов урахування їх впливу на склад мікробних угруповань ґрунту прикореневої зони рослин, зокрема патогенних мікроорганізмів, взаємовідносин, який складаються між аборигенними та інтродукованими мікроорганізмами, а також, ґрунтово-кліматичних умов.

Біологічний (в тому числі мікробіологічний) контроль агроценозів відіграє провідну роль у вирішенні проблем, які виникають в результаті пестицидного навантаження. Концепція такого фітозахисту базується на класичних моделях біологічної регуляції, тобто використанні живих організмів або продуктів їх метаболізму проти компонентів агроценозу, а також методів, спрямованих на управління, в першу чергу, природними (біотичними) факторами середовища, які здатні обмежувати чисельність і шкідливість організмів.

Мова йде саме про управління та контроль за чисельністю видів фітофагів, фітопатогенів, а не про їх повне знищення, оскільки так званий «шкідник» є насправді всього лиш одним із елементів середовища, котрий інтенсивно розмножується через порушення **біологічної рівноваги**.

Сучасна концепція створення **фітосанітарних технологій** враховує

основний спектр багатфакторної залежності в досягненні гарантованого захисту врожаю та екологічної безпеки. На сьогодні актуальними, пріоритетними стають питання підсилення природних механізмів гомеостазу триотрофної системи «рослина-грунт-мікроорганізм», спрямоване та кероване застосування біоагентів та екологічно вивірені інтегровані системи захисту рослин.

Ефекти **спороентомотоксичного** комплексу бактерій *Bacillus thuringiensis* різних типів, як складових мікробних препаратів, складаються з різних параметрів, обумовлених взаємодією патоген-господар (спектр прямих і послідовних дій ентомопатогена на цільовий об'єкт).

Біологічна ефективність мікробних препаратів на основі ентомопатогенів *Bacillus thuringiensis* у контролі чисельності комах з рядів Diptera, Coleoptera, Lepidoptera на різних сільськогосподарських культурах складає від 80,0 до 100 %, при цьому титр життєздатних і активних спор і ентомотоксичних метаболітів (наприклад, δ -ендотоксинів) зберігається тривалий час у рідких ентомоцидних препаратах (оптимум від 3,0-4,0 млрд./мл культуральної рідини).

Доведено, що найчутливішими до дії бактеріального спорокристалічного комплексу *Bacillus thuringiensis* є передімагінальні стадії розвитку (переважно личинки молодшого віку) фітофагів та виявлено пряму залежність загибелі особин від інфекційного навантаження. Так, загибель личинок колорадського жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. молодшого віку (L1-2) в польових умовах на десяту добу обліку в варіантах з мікробними препаративними формами *Bacillus thuringiensis* склала 96-100 %. При цьому на оброблених рослинах личинки вже в перші три доби втрачали активність.

Оцінка антифідантного ефекту рідких препаративних форм *Bacillus thuringiensis*, який проявляється контактено через смакові рецептори особин, в польових дослідках показала, що личинки споживають незначну частину листової поверхні рослин (у порівнянні з контрольними неінфікованими), помітно відстаючи у рості та розвитку. За ступенем пошкодження листової поверхні рослин зафіксовано 19-23 %, що за бальною шкалою склало не більше 2 балів.

Використання мікробних препаратів на основі нових штамів *Bacillus thuringiensis* не має негативного впливу на корисну ентомофауну, не призводить до забруднення агроценозів, у тому числі рослин, ґрунту та водоймищ. Тому біологічний контроль фітофагів з використанням природних агентів *Bacillus thuringiensis* є екологічно і

соціально безпечною ланкою з точки зору збалансованості та стабільності функціонування агроєкосистем.

В сучасних умовах ведення рослинництва, особливої уваги заслуговує обґрунтування механізмів **самоуправління ентомокомплексів** у нових польових сівозмінах із забезпеченням якісного контролю розвитку і розмноження видів, формувань популяцій, а також отримання стабільного прибутку.

Заслуговує на увагу розширення посівних площ вирощування окремих польових культур із застосуванням нових методів контролю комплексу фітофагів на основних етапах органогенезу рослин. При цьому, у технологіях вирощування і виробництва органічної продукції нагальним, є застосування моніторингу шкідливих видів організмів із оцінкою їх впливу на якісні та кількісні показники агроценозів. Відмічено, що збільшення частки технічних або зернових культур в органічному виробництві вимагає системного підходу щодо захисту посівів від комплексу шкідників із визначенням їх фізіологічного та стану.

4.9. Smart-технологія як чинник інноваційного розвитку рослинництва України

Нині багато господарств використовують сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур, що підвищує врожайність, поліпшує якість продукції та робить галузь рослинництва рентабельною. У сучасному аграрному секторі існує понад 30 версій назв технологій.

Пітер Ферндинанд Друкер – американський вчений австрійського походження; економіст, публіцист, педагог, один з найвпливовіших теоретиків менеджменту XX століття. Саме він в 1954 році ввів аббревіатуру **SMART**.

Інноваційний розвиток сільського господарства України базується на проведенні інвестиційної та державної політики, яка спрямовується на реалізацію нововведень, як важливої складової в підвищенні конкурентоспроможності на рівні країни. Також створення відповідних умов для реалізації вітчизняними сільськогосподарськими підприємствами для забезпечення стратегії на зовнішніх ринках, підтримки конструктивної конкуренції на внутрішньому ринку для стимулювання аграрних формувань в інноваційній діяльності з метою забезпечення тісної інтеграції виробництва і науки для сприяння випереджальному розвитку науково-технологічної сфери.

Термін «SMART» має англійське походження та в перекладі означає «розумний» або «технологічний» (табл. 17).

Smart технологія – комплексний інтегратор технологій у рослинництві, що надає повний спектр послуг з управління земельним банком та підвищення ефективності сільськогосподарських операцій. Оцифровуючи агробізнес ми робимо його більш рентабельним та конкурентоздатним.

17. Цікавим є тлумачення аббревіатури «SMART»:

S	Self Directed	Самокерований
M	Motivated	Мотивований
A	Adaptive	Адаптивний
R	Resource-enriched	Ресурсозбагачений
T	Time-bound	Обмеженість у часі

В основі **Smart-суспільства** лежить розвиток «суспільства знань», цифрових технологій, цифрового суспільства – усього того, що має назву **цифрової ери розвитку цивілізації**.

Розвиток **SMART-технологій** веде до нової креативної форми ведення рослинництва, де сам товаровиробник зацікавлений у пошуку інформації в будь-який час. Упровадження нових технологій у галузь рослинництва веде до переходу від старої схеми отримання рівня продуктивності сільськогосподарськими культурами, до нової креативної форми яка ґрунтується в більшій мірі на діджиталізацію усього процесу вирощування (більш детально зупинимося в наступних розділах підручника).

Накопичення товаровиробниками технологій роботи з інформацією в перспективі зумовить появу нової якості, яку нині називають Smart, де технології базуються на взаємодії та знаннях.

Визначення смарт технологій дуже різноманітне, враховуючи, що галузь розумних технологій розвивається невпинними темпами, що робить інновації застарілими майже так само швидко, як вони з'являються.

Слово «SMART» відноситься до «технології самоконтролю, аналізу та звітності». В цілому **смарт технології** – це технології, які використовують штучний інтелект, машинне навчання та аналіз великих даних, щоб забезпечити когнітивну обізнаність об'єктів, які в минулому вважалися неживими.

Важливість застосування машинного навчання викликана складністю завдання аналізу полів і прогнозування можливого врожаю,

на який впливають багато чинників: характеристика ґрунту, сорти / гібриди культури, кліматичні умови, шкідники, хвороби, добрива тощо (Г. М. Гнатієнко, В. Є. Снитюк, 2008; Н. Hnatiienko, N. Tmienova, A. Kruglov, 2020).

Розумні технології можна розділити на три види:

1) Пристрої Інтернету (IoT). Мережа пристроїв, які використовують датчики, чіпи, програмне забезпечення, онлайн-з'єднання, аналітику та програми для оживлення статичних фізичних об'єктів. Ці пристрої створюють значну вартість, і вони футуристичні, масштабовані та автоматизовані. Деякі яскраві приклади смарт технологій в цій сфері включають розумні міста, розумні будинки, розумні фабрики та розумні агроєкосистеми.

2) Розумні підключені пристрої. Керовані за допомогою пульта дистанційного керування та підключені через Інтернет або Bluetooth, смарт підключені пристрої можуть запропонувати індивідуальний досвід, але ними потрібно керувати, оскільки вони не адаптуються так, як пристрої IoT. Розумні камери безпеки, розумні лампочки та смартфони – це деякі приклади що таке смарт технології в сфері розумних підключених пристроїв.

3) Розумні пристрої. Завдяки обмеженій автоматизації, відсутності потреби в підключенні до Інтернету та програмованості розумні пристрої, наприклад, розумні кавоварки, надають певні персоналізовані послуги в певний час.

Давайте розглянемо основні переваги смарт технологій (розумних технологій):

1) зручність – ніколи не можна було виконувати так багато завдань одночасно з мінімальними зусиллями, наприклад, просто використовуючи голос, завдяки розумним технологіям, регулювання освітлення кімнати, управління виробничим процесом, охорона посівних площ або замовлення улюбленої їжі онлайн, смарт технології доступні за вашим бажанням;

2) смарт технології забезпечують стійкість та сталий розвиток, у зв'язку з нагальною потребою «озеленити» та зберегти планету Земля, а також уникнути високих витрат на енергію, промислові та побутові сектори наполегливо намагаються розвинути смарт технології, які можуть регулювати та автоматизувати використання енергії, наприклад, вимикаючи або регулюючи освітлення, опалювальні та охолоджувальні прилади, коли вони не використовуються, або коли були досягнуті необхідні умови;

3) безпека, смарт технології забезпечують більш надійний захист, ніж традиційні системи безпеки з ручним керуванням, окрім оповіщення власників, вони також інформують правоохоронні органи та вживають захисні заходи.

4) ефективність, смарт технології використовують дані, щоб зрозуміти, як і що можна покращити, вони відстежують та аналізують те, що відбувається, щоб забезпечити кращі результати в майбутньому.

5) економія, розумна технологія автоматизує повторювані роботи та запобігає втраті часу та коштів.

На разі також існує поняття **Smart-економіка** – це енергозберігаючі, чисті, «зелені» (біологічні) технології, які надають можливість зберегти природне середовище проживання людини, і більш раціонально та ефективно використовувати існуючі ресурси.

Не новиною є те, що агропромисловий комплекс вимагає постійного вдосконалення, впровадження **новітніх технологій**, що дасть змогу збільшити та покращити виробництво з додатковою вартістю.

Врожайність сільськогосподарської культури на різних ділянках одного й того ж поля не буває однаковою. Є **низка різних факторів**, які впливає на врожайність культур. Наприклад: **якість ґрунту**, а саме: кислотність та родючість; дози й види добрив, які вносяться перед та після посіву культур; топографія місцевості; наявність лісосмуг; технологія посіву, вирощування сільськогосподарської культури та збирання врожаю; первинна якість насіння; хвороби, шкідники рослин; кліматичні та погодні умови.

Порівнюючи ті чи інші характеристики полів з **картами врожайності**, фахівці господарства можуть виявляти причини нерівномірної врожайності сільськогосподарської культури на полі, а саме визначити які з ділянок найпродуктивніші і навпаки, і після цього вживати необхідні заходи, використовуючи сучасні прилади та обладнання, наприклад: **приймачі-антени** глобальних позиційних систем (GPS), встановлені на будь-якому об'єкті (машині, агрегаті і т. д.), вони пеленгують сигнали із супутників, які перебувають в зоні прийому інформації; **географічні інформаційні системи** (GIS) - програмне забезпечення, яке дозволяє обробляти й показувати просторову інформацію, комп'ютеризувати і створювати електронні карти; **датчики** для дистанційних вимірів і бортові датчики для приведення в дію різних частин машинного агрегату, що робить значний внесок у ведення аграрної справи, розвиток електронної комерції;

Smart-технології – це технології, які змінюють світ, полегшуючи

будь-які справи, будь яку діяльність. Розглянемо таку **smart-розробку, як дрон**. Ми все більше звикаємо до гаджетів і вважаємо їх невід'ємною частиною життя. В наш час такі трансформації в галузі аграрної промисловості можуть в рази ефективніше та швидше спостерігати за роботою підприємства, робити фотозйомку, яка дозволяє аналізувати стан культур, прогнозувати врожайність, виявляти мало продуктивні ділянки полів. Якщо ж до дрони обладнати спеціальними датчиками, то можна буде ідентифікувати, наприклад, проблемні ділянки землі, надлишок або нестачу добрив та низку інших суттєвих показників.

Агросектор Ізраїлю є одним з найпродуктивніших і передових у світі майже за всіма показниками. Цього країна домоглася за допомогою сучасних інноваційних технологій і **смарт рішень** в сільському господарстві, які впроваджуються в агрогалузь практично щорічно.

Для вирішення проблем українського сільськогосподарського сектора економіки дуже важливо досліджувати і переймати міжнародний досвід впровадження **системи розумного землеробства**.

Феномен ізраїльського сільського господарства полягає в тому, що низький природний потенціал компенсується високою інтенсивністю і ефективністю впровадження нових технологій. В умовах глобальної нестачі продовольства і води ізраїльські компанії більш ніж зацікавлені в розробці інноваційних проектів для сільського господарства. **Найбільш продуктивними в Ізраїлі є:**

1. Компанія Sensilize винайшла унікальні датчики, здатні збирати інформацію про земельну ділянку, і за допомогою отриманих даних фермери можуть адаптувати сільськогосподарські культури до умов ґрунту, тим самим скорочуючи витрати і збільшуючи врожай.

2. Компанія BioBee розмножує різні види павуків, бджіл і мух, які знищують шкідливих комах, така технологія дозволяє скоротити або взагалі виключити використання пестицидів, допомагаючи фермерам експортувати свою продукцію в розвинені країни, оскільки міжнародні правила обмежують торгівлю зерном, із залишковими кількостями хімічних речовин.

3. Компанія MiRobot розробила доїльну роботизовану систему, яка очищає, доїть і виконує необхідні процедури після доїння корови, що працює без участі людини, тим самим скорочує витрати на заробітну плату і збільшує обсяг виробництва молока.

4. ROOTS Sustainable Agricultural Technologies, винахід цієї компанії дозволяє розміщувати роботизовані водоналивні труби в ґрунті, які визначають оптимальну температуру для конкретної ділянки землі:

якщо ґрунт занадто теплий, ROOTS може охолодити його, і навпаки. Ця технологія допомагає підвищити врожайність деяких культур (базилік, полуниця і салат та ін.).

5. Компанія Tal-Ya розробила інноваційний метод, який дозволяє отримати більший урожай при використанні меншої кількості води, завдяки багаторазовим пластиковим лоткам для отримання води з повітря, контейнери з переробленого пластику зменшують потребу рослин у воді на 50 %.

Застосування **інформаційних технологій** підвищує продуктивність й ефективність управлінської праці, дозволяючи по-новому вирішувати багато завдань. Наприклад, дозволяють зберігати величезну кількість даних (які людина просто не може запам'ятати), аналізувати їх і на основі результату пропонувати найбільш ефективні рішення певних задач в найкоротші терміни. Розвиток технологій настільки прогресивний, що напевно, в найближчому майбутньому продукцію сільського господарства можна буде вирощувати не виходячи з дому або офісу. Це забезпечить вихід аграрної промисловості на нові ринки світу, зменшення кількості незібраних полів через незадовільну врожайність. Модернізація українського сільського господарства із застосуванням сучасних енергоефективних цифрових і smart-технологій допоможе сільському господарству ефективніше вести бізнес, збільшувати виробництво продукції з доданою вартістю і отримувати великі прибутки.

Відтворення виробничого потенціалу сільськогосподарських підприємств у сучасних умовах господарювання багато у чому залежить не лише від насичення технікою та обладнанням у фізичних одиницях, але й у вирішальній мірі від їх **наукомісткості**, використанні передових «ноу-хау» при конструюванні, економічності.

Формування **машинно-тракторного парку** сільських товаровиробників засобами механізації, що акумулюють у собі останні досягнення передової інженерної думки разом з освоєнням нових джерел енергії сьогодні виступають ключовими напрямками інноваційного розвитку в умовах глобалізації та інтеграції України до європейського і світового економічного простору та необхідними складовими забезпечення конкурентоспроможності вітчизняного аграрного виробництва. Проте темпи інноваційного переоснащення, що склалися в АПК України за період незалежності, незважаючи на певне пожвавлення в останні роки, не можна вважати задовільними, бо значне відставання від розвинених країн світу за технологічним рівнем в усіх

сферах вітчизняного аграрного виробництва настільки велике, що без вжиття великомасштабних радикальних заходів загальнодержавного рівня подолати його буде неможливо.

В умовах пореформеного функціонування проблема переведення вітчизняного аграрного виробництва на інноваційну модель розвитку є однією з пріоритетних у сучасних наукових і прикладних дослідженнях. У наукових працях та офіційних публікаціях розробляються методологічні підходи і практичні рекомендації щодо створення дієвих механізмів розробки та трансферу інноваційних нововведень у галузі, опрацьовуються заходи щодо їх технічного, організаційного та фінансового забезпечення.

Практика ефективного господарювання в економічно розвинених країнах Заходу за часів новітньої історії довела, що вирішальний вплив на прогресивний розвиток будь-якої галузі народного господарства справляє саме рівень розвитку **фундаментальної і прикладної науки** у країні та здатність щодо впровадження **новітніх досягнень науково-технічного прогресу** у господарську діяльність. Цей постулат сьогодні є беззаперечним і саме на цьому наголошував ще у 70-х роках минулого століття директор Економіко-математичного інституту Академії наук СРСР академік М.В. Федоренко коли зазначав, що нормальний розвиток економіки можливий тільки у випадку, коли $\frac{2}{3}$ приросту річного виробництва відбувається за рахунок науково-технічного прогресу, а $\frac{1}{3}$ – за рахунок інших факторів.

В останні десятиліття **технологічний розвиток аграрного виробництва** в економічно розвинених країнах Заходу все більше зазнає тиску двох чинників, які за характером впливу на галузь мають протилежні вектори спрямування.

З **одного боку**, рівень насичення споживчих ринків якісною сільськогосподарською продукцією власного виробництва у цих країнах досяг оптимальних параметрів і тому аграрна політика тамтешніх урядів дедалі більше спрямовується на стримування темпів зростання сільгоспвиробництва у межах визначених критеріїв через впровадження **різних економічних механізмів**: квотування обсягів виробництва; виведення з господарського обігу низькопродуктивних та ерозійно небезпечних земельних угідь; відшкодування сільським товаровиробникам з державного та регіонального бюджетів втраченої економічної вигоди внаслідок штучного обмеження обсягів виробництва; посилення вимог до якісних показників сільгоспсировини і готових продуктів харчування тощо. Відповідно до цих тенденцій ринок

сільськогосподарської техніки у таких країнах як Німеччина, Франція, Італія, Великобританія все більшою мірою залежить від політики Європейського Союзу у сфері сільгоспвиробництва, яка дедалі більше спрямовується на охорону навколишнього середовища і забезпечення екологічної рівноваги в агроценозах

З **іншого боку**, на розвиток машинних технологій у світовому сільськогосподарському виробництві суттєво впливає зростання попиту на продукти харчування і сільгоспсировину внаслідок перманентного зростання кількості населення на планеті. Незважаючи на певне зменшення темпів зростання в останнє десятиліття, **населення світу щороку збільшується** майже на 80 млн. чол. До того ж стрімке зростання економік країн Південно-Східної Азії призводить до збільшення доходів населення та, відповідно, споживчого попиту на продукти харчування. Так, наприклад, у Китаї за останні 20 років споживання м'яса на душу населення зросло у два рази, а молочних продуктів – у шість разів. Навіть в Індії, де рівень зубожіння населення в умовах сьогодення за місцевими мірками перевищує 60 %, калорійність раціону харчування за останні 10 років зросла на 14 %. За оцінками експертів, до цього процесу причетні близько 3 млрд. чол.

Збільшення **обсягів виробництва сільськогосподарської продукції** у світі за рахунок додаткового введення у господарський обіг земельних угідь у перспективі не виявляється можливим, бо непередбачене використання земель в аграрному виробництві разом з глобальними кліматичними змінами та погодними і техногенними катаклізмами призводять до **щорічної втрати** від 5 до 10 млн. га сільгоспугідь внаслідок ерозійних процесів, пилових бур, наступу пустель, заболочування, засолення та відчуження для потреб промисловості, транспорту, цивільного будівництва тощо.

Крім того, в останнє десятиліття у загальносвітовій структурі посівних площ значно зросла **частка зернових і технічних культур**, які вирощуються для переробки на нехарчові цілі (зокрема, пшениці і кукурудзи для виробництва **біоетанолу** і ріпаку – для виробництва **біодизелю**). Це призводить до загострення конкурентної боротьби на ринках продовольства і ставить принципово нові вимоги до організації аграрного виробництва та його технікотехнологічного забезпечення.

У зв'язку з інтенсивним розвитком харчових технологій, з боку підприємств переробної і харчової промисловості значно посилюються вимоги щодо асортименту та якісних характеристик сільськогосподарської сировини. Сьогодні переробники пшениці, сої,

кукурудзи, насіння олійних культур вимагають не сировину взагалі, а продукцію з суворо заданими технологічними властивостями і конкретним вмістом тих чи інших речовин (клейковини, білку, амінокислот, жирних кислот тощо). За це вони готові сплачувати відповідні кошти.

Розвиток сільськогосподарського виробництва в останні десятиліття характеризується перманентним подорожчанням матеріальних ресурсів, що використовуються у технологічному процесі (паливно-мастильні матеріали, добрива, хімічні засоби захисту рослин, насіння тощо). Це примушує аграрних товаровиробників застосовувати їх більш точно, визначати норми внесення не на гектари, а навіть на квадратні метри. Так, наприклад, **рекомендовані дози внесення гербіцидів** останнього покоління таких всесвітньо відомих виробників хімічних засобів захисту рослин як Дюпон, Нертус, Монсанта знаходяться у межах від 10 до 30 г/га; **норми висіву насіння** сучасних сортів і гібридів сільськогосподарських культур суворо регламентуються кількістю насінин на 1 погонний метр рядка тощо. Тому техніка, що використовується у таких технологіях, повинна забезпечувати прецизійне (точне) управління агротехнічними заходами, бо за таких малих норм внесення навіть невеликі відхилення від встановлених параметрів завдають виробнику великих економічних втрат.

Сучасні передові тенденції розвитку аграрної науки за кордоном характеризуються зосередженістю на розробці механізованих технологій вирощування і збирання сільськогосподарських культур нового покоління, які дозволяють зберегти біологічну та екологічну рівновагу у природі.

Біологізація та ресурсозбереження як свідомі, а не вимушені науково-виробничі напрями виробництва екологічно чистої продукції з оптимальними, чітко визначеними на основі результатів ґрунтової і рослинної діагностики, обсягами застосування засобів інтенсивного впливу на агроценози (перш за все мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин) передбачають більш глибокі знання, не спрощення технологій, а науково обґрунтоване використання наявного біокліматичного та економічного потенціалу, раціональне застосування усіх складових системи ведення рослинництва, що забезпечує менші витрати живої та уречевленої праці у розрахунку на одиницю продукції з одного боку та екологічну безпеку з іншого. Такий стратегічний напрям ставить за мету не одержання максимальних урожаїв, а створення передумов для організації сталого високо рентабельного

сільськогосподарського виробництва. Саме ця парадигма в умовах сучасного рівня розвитку продуктивних сил і виробничих відносин виступає визначальним чинником структурної перебудови методів управління аграрним виробництвом.

Вирішення завдань, що сьогодні постають перед **інноваційними точними технологіями у рослинництві**, з використанням традиційним механічних засобів не виявляється можливим. Сучасний рівень розвитку науково-технічного прогресу дозволяє залучити до їх розв'язання електронні автоматизовані системи, які у поєднанні з глобальною навігаційною супутниковою системою позиціонування GPS (Global Position System) дають можливість приймати оптимальні рішення щодо управління продукційними процесами під час організації виробництва у рослинництві.

Сучасні геоінформаційні системи крім інформаційної функції здійснюють кількісно-якісний аналіз стану рослин та управління процесом вегетації за допомогою механізмів оптимізації термінів виконання всього технологічного циклу та дотримання агротехнічних вимог з метою отримання запрограмованого урожаю із заданими якісними характеристиками.

Створення **систем глобального супутникового позиціонування** послугувало поштовхом до зародження так званого «координатного землеробства», основні принципи якого обумовлюються використанням високо технологічного обладнання для визначення місця знаходження та управління мобільними сільськогосподарськими агрегатами у просторі, оцінки різних параметрів рослин і ґрунту, вибіркового застосування засобів захисту рослин і добрив та диференційованого обробітку на різних ділянках поля.

Використання точних технологій у рослинництві дозволяє індивідуалізовувати процеси вирощування відповідно до винятковості об'єкту управління, що обумовлюється його агроекологічними, організаційними та економічними характеристиками. У даному випадку основним об'єктом управління виступає **агроценоз** певного поля, який розглядається у просторі і часі за широким діапазоном диференційованих ознак, таких як місце розташування земельної ділянки, її конфігурація, рельєф, вміст доступних для культурних рослин форм поживних речовин у ґрунті, кислотність ґрунту, рівень забур'яненості, фітосанітарний стан посіву тощо. При чому, процес управління такою системою є дуже динамічним внаслідок постійної мінливості багатьох варіативних характеристик, бо об'єкт управління

перебуває у стані лише короткотермінової стабільності при визначенні параметрів функціонування.

У Науково-дослідному інституті Силсоу (Великобританія) ще на початку 2000-х років був створений агрегат по догляду за посівами сільськогосподарських культур, що працює у повністю автоматичному режимі. **Машина обладнана відеокамерами**, які відслідковують простір перед її робочими органами. У процесі руху вздовж рядків сенсорна система здатна розрізнити культурні рослини від бур'янів. Отримані зображення аналізуються у режимі реального часу бортовим комп'ютером. На основі обробленої інформації на робочі органи подаються команди щодо обробітку кожної рослини окремо суто індивідуальним способом, наприклад, комп'ютер може дати команду здійснити обприскування рослини бур'яну гербіцидом або внести поживну суміш тільки під конкретну культурну рослину.

Автоматизація ідентифікації бур'янів і сьогодні залишається складним завданням. Часто простіше виділити при картографуванні культурну рослину й іншу рослинність. Визначення рівня забур'яненості здійснюється шляхом окремого виділення основної культури, яка мають однорідну структуру і дуже контрастують з іншими рослинами (H. Liu, S. Lee, and C. Saunders, 2014).

Ще одним прикладом застосування розумної машини для контролю шкочинних об'єктів із високою точністю на посівах культурних рослин є оприскувач ARA (Ecorobotix BrochureARA) (рис. 16), який має точність розширення 6х6 см, що презентується та випробовується у виробничих умовах компанією Frenndt.



Рис. 16. Загальний вигляд Ecorobotix BrochureARA

Даний оприскувач із відео зображенням дозволяє **розпізнавати культурні рослини і бур'яни** у режимі реального часу. Економічні вигоди від впровадження таких технологій доволі значними, оскільки дозволяють скоротити витрату хімічних засобів захисту рослин на 90-95 %.

За ширини захвату 6 м і робочої швидкості руху до 7 км/год АРА забезпечує оброку більше 4 га/год. **Функціональні можливості** даного обприскувача дозволяють проводити внесення гербіцидів на бур'янисту рослинність навіть між рослинами в рядку (1); застосовувати гербіциди суцільної дії навіть на посівах із сходами культурних рослин (2); вносити інсектициди і фунгіциди лише на культурні рослини уникаючи втрат на ґрунт та бур'яни (3); оприскувати весь ґрунт, включно з бур'янами, уникаючи обробку культурних рослин (4) (див. рис. 17).

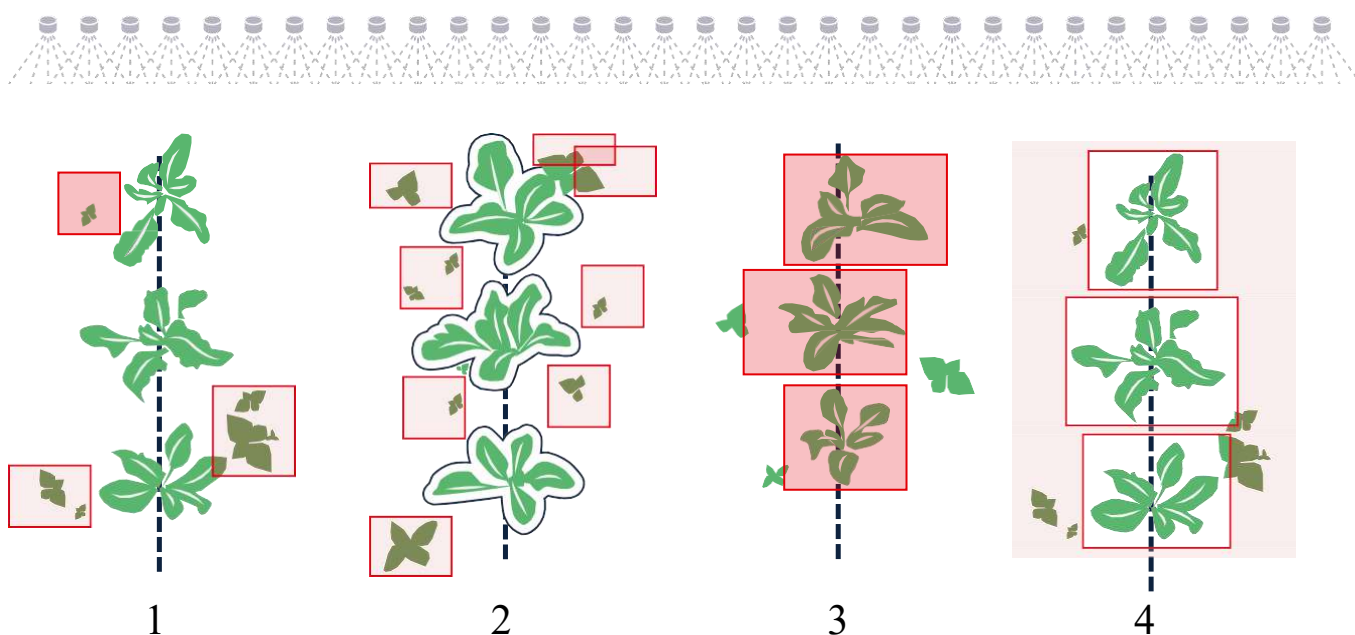


Рис. 17. Операційні можливості оприскувача Ecorobotix BrochureARA

Крім суттєвої економії коштів на закупівлю пестицидів тут є також беззаперечні екологічні переваги – зменшується вміст залишків агрохімікатів у сільськогосподарській продукції (відповідно зростають її споживчі характеристики та закупівельні ціни) та зменшується забруднення ґрунту і навколишнього середовища. Такий підхід до управління операційними процесами у рослинництві називають «землеробством на рівні індивідуальної рослини».

Розумний обприскувач ARA добре працює як вдень так і вночі, і може обробляти до 96 гектарів кожні 24 години (рис. 18). Сонцезахисні чохла також захищають від вітру та значно зменшують потенційний знос. Має можливість працювати із широким спектром засобів захисту рослин (гербіциди, фунгіциди та інсектициди) для просапних, овочевих культур, а також луків і газонів.



Рис. 18. Робота оприскувача Ecorobotix BrochureARA в світлу та темну пору доби

В складі оприскувача ARA є система подвійного бака (рис. 19), яка включає резервуар для води та бак для рідини для обприскування, які знаходяться в передньому навішуванні трактора. Це дозволяє мобільно доливати рідину для обприскування в полі. В процесі обробки автоматично розраховується оптимальна суміш робочої рідини для обприскування, щоб спростити виконання робіт на певній ділянці.



Рис. 19. Система подвійного баку оприскувача ARA

Робота оприскувача ARA легко управляється за допомогою планшета. Під час технологічного процесу вибирається вид культури та тип обробітку, а бортова система ARA зробить все інше. Усі супутні налаштування автоматично встановлюються відповідно до швидкості та

напрямку руху (рис. 20).

Під час роботи оприскувача АРА дані постійно записуються, а потім зберігаються в хмарі, що дозволяє проаналізувати ефективність проведеної роботи із захисту рослин. Також є можливість для кожного поля господарства створювати аплікації карти застосування.

До останніх інноваційних розробок з використанням глобальної супутникової навігаційної системи GPS у структурі захисту сільськогосподарських культур відноситься **система раннього попередження поширення хвороб рослин**. За допомогою спеціальної комп'ютерної програми, яка у режимі реального часу проводить спектральний аналіз знімків посівів з супутників, можна завчасно (приблизно за дві неділі) спрогнозувати масове ураження хворобами.

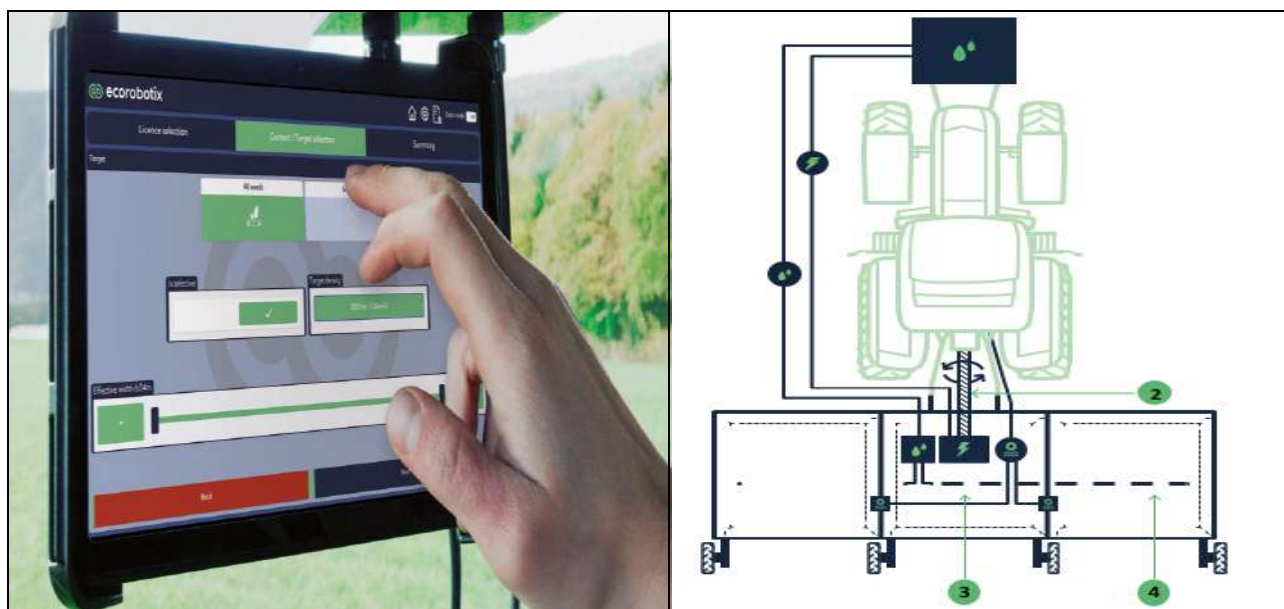


Рис. 20. Система управління оприскувача АРА

Використання сучасних інноваційних високоточних технологій забезпечить можливість зменшення витрати насіння у 1,5-2,0 рази, хімічних засобів захисту рослин – у 2,0 рази, мінеральних добрив – на 20-30 %, паливно-мастильних матеріалів – у 2,0-2,5 рази.

Розробка і впровадження сучасних інноваційних високоточних технологій виробництва сільськогосподарської продукції у загальносвітовому масштабі призводить до того, що країни з низьким рівнем розвитку економіки потрапляють у все більшу залежність від індустріально розвинених держав. Вони змушені закуповувати за кордоном як сучасну техніку, так і відповідне апаратне та програмне забезпечення для високоефективного ведення галузі та підвищення на

цій основі конкурентоспроможності своєї сільськогосподарської продукції.

Конкуренція стає більш глобальною і жорсткішою ніж будь-коли і тому менш підготовлені у техніко-технологічному відношенні країни будуть змушені поступово здавати свої позиції на світових ринках продовольства і сільгоспсировини. Тому завдання сьогодення полягає у тому, щоб захистити вітчизняне сільське господарство від руйнівного впливу цих тенденцій. Незважаючи на те, що економіка України поки що знаходиться у занепаді і тільки намітилися позитивні ознаки її виходу з глибокої системної кризи, є підстави для протидії процесам витіснення аграрного виробництва на периферію світового господарства та підвищення у вже недалекому майбутньому його міжнародного рейтингу.

Головна роль у цьому відводиться більш ефективному використанню наявного **ресурсного** (перш за все земельного і трудового) та **інтелектуального потенціалу**. Необхідно виявити резерви та правильно їх використати за найбільш перспективними напрямками.

За сучасних світових тенденцій сільському господарству України потрібна не просто **нова техніка**, а така матеріально-технічна база, яка дозволить значно підвищити продуктивність праці у галузі, покращити ефективність виробництва та конкурентоспроможність сільськогосподарської продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках за рахунок зменшення питомих витрат, підвищення урожайності сільськогосподарських культур, збільшення валового виробництва м'яса і молока.

Досягати таких показників можна за рахунок впровадження зонально адаптованих, ресурсозберігаючих, екологічно безпечних, інноваційних технологій виробництва продукції рослинництва і тваринництва. Технічною базою таких технологій є засоби механізації нового покоління, техніко-технологічні характеристики яких зорієнтовані на досягнення більш високих показників виробництва сільськогосподарської продукції за мінімальних витрат живої та уречевленої праці на її одиницю.

Компанії та господарства, що впровадили Smart технології відзначають, що відсутність інновацій в аграрному секторі залише урожайність на рівні 5-10-річної давності, що є негативним фактором в умовах розширення ринкової активності в Європі і зростаючої потреби у великих урожаях. **Диференційоване внесення добрив** – саме один з

методів, який не лише сприяє підвищенню врожайності, а й раціональному використанню ресурсів. Завдяки цьому в майбутньому ми і Європі зможемо скласти конкуренцію за якістю продукції.

Інноваційних рішень на разі багато але кожна агрокомпанія сама вибирає для себе те що на їх думку забезпечує максимальну ефективність.

Наприклад для впровадження диференційованого внесення добрив та посіву необхідна відповідна техніка. Суть диференційованого посіву полягає в тому, щоб менше сіяти на стресових ділянках, а більше – на продуктивних. Це забезпечує до 3-5 % економію ресурсів, приріст урожайності та раціональне використання насіння, оптимальна густота посіву дозволить отримати максимальну індивідуальну продуктивність рослин.

Диференційоване внесення ЗЗР це ще один спосіб ефективного розподілу ресурсів. Системний підхід потрібний до проблемних ділянок поля де потрібно норми препаратів збільшувати, а де навпаки можливо обійтися без обробки. Це стосується боротьби з хворобами, шкідниками та бур'янами. В цьому питанні досить ефективно допомагає використання індексів NDVI і знання конфігурації полів. Тобто, зрозуміло ще препарати можна не вносити на ділянки там де є блюдця, відсутність культурних рослин і т. д.

У фунгіцидному захисті важливе значення має попередження хвороб а ніж усунення масового їх поширення. При цьому суттєво зменшуються втрати врожаю від поширення хвороб.

Використання якісного насіннєвого матеріалу. Важливе значення при цьому має посівна придатність насіння, відсутність збудників хвороб та шкідників, калібрування і відсоток травмованого насіння.

Переходячи від четвертої промислової революції до п'ятої, ми настільки звикли до швидкого темпу інновацій, що продовжуємо очікувати все більш ефективних технологічних рішень.

Швидко, після проривів, що виникали через появу Інтернету і смартфонів з сенсорним екраном, тепер настала черга штучного інтелекту (ШІ) та розумних технологій очолити наступний етап глобальних інновацій.

В аграрному секторі сьогодні зустрічаються такі різновиди Smart технологій, як Smart Field, Smart Agro, Smart Tech та інші. Сьогодні досить актуальними Смарт технології стали для господарств та агрохолдингів.

Флагманами впровадження Smart технологій є група компаній

«Агро-Регіон», яка обробляє біля 36 тис. га землі в 3 областях України: Київській, Чернігівській та Житомирській областях і ФГ «Флора АА» у Вінницькій області.

4.10. Екологічно чисті технології

Сучасна кон'юнктура на міжнародних ринках продовольства поступово формується на користь екологічно чистої продукції. З урахуванням цього Україна повинна здійснити прорив на ринки такої продукції. У нас є великі можливості: екологічно чисті території; технології, що дають можливість одержувати екологічно чисту продукцію; ресурсний потенціал, здатний забезпечити високу якість продовольчої та фуражної сировини. В Україні, як ні в жодній іншій країні світу, сприятливі умови для розвитку й поширення на великих площах біологічних технологій.

Підставою для поширення біологічного рослинництва та виробництва екологічно чистої продукції є те, що за останні 50 років в Україні, якщо порівняти з країнами Західної Європи, значно нижчі норми внесення агрохімікатів. Так, у 60-ті роки вносили 49 кг/га діючої речовини мінеральних добрив, у кінці 80-х – 177, в 90-х роках – 21 кг/га. Згідно даних державної служби статистики України внесення мінеральних добрив (в діючій речовині) на 1 га посівної площі в 2011 році становило 68 кг/га, в 2013 – 85 кг/га, в 2015 – 112,5 кг/га, а в 2021 році – 193,4 кг/га, із 2022 по 2024 рр. внесення добрив у зв'язку із військовою агресією росії проти України скоротилося..

Однак, слід мати на увазі, що нині наукові аспекти проблеми виробництва екологічно чистої продукції в умовах України здебільшого вирішено. На разі науковцями країни вивчена придатність орних земель України для вирощування екологічно чистої продукції і створено для всіх областей відповідні картосхеми, розроблено й апробовано в умовах виробництва технології одержання біологічно повноцінних урожаїв, запропоновано систему матеріального стимулювання ековиробників.

Враховуючи особливості процесу ековиробництва, більшість провідних країн світу опікуються цим питанням. Розуміючи, що здорова нація – це насамперед міцна та стабільна економіка, уряди багатьох країн Західної Європи розробили системи стимулювання фермерів, які займаються вирощуванням екологічно чистої продукції. Так, у Німеччині обсяг державної підтримки «екофермерів» становить 1,1-

1,8 тис. дол./га, Швейцарії – 1,2-2,5, Данії 2,5-3 тис. дол./га.

Через нестачу коштів багато господарств не використовували агрохімікати та пестициди протягом останніх 10-15 років. Необхідність здешевлювати продукцію спонукає сільгоспвиробників підвищувати врожайність. Через це вони з 2001 р. збільшують закупівлю високоврожайного насіння, добрив і засобів захисту рослин, що в кінцевому результаті вилилось в рекордні показники урожайності зернових культур (більше 73 млн. тонн) отримані за останні декілька років.

У країнах Західної Європи в ці роки вносили 300-350 кг д. р. з розрахунку на 1 гектар. Разом із мінеральними добривами в ґрунти надходили фтор, хлор, важкі метали, що суттєво знижувало якість продукції рослинництва та забруднювало ґрунт.

Склалася парадоксальна ситуація: екологічно чисті «фабрики-рослини», які працюють на екологічно безпечних ресурсах сонячної енергії, виявились не тільки енергомарнотратними (зростають потреби у непоновлюваній енергії для одержання кожної додаткової одиниці врожаю), але й найнебезпечнішими для природного середовища внаслідок хімізації технології (В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, 2006).

На разі забезпеченість агроформувань **засобами захисту рослин** становить 20 відсотків від потреби, у тому числі й гербіцидами..

Забезпеченість агровиробників **мінеральними добривами** складає всього 30-50 %. Лише 11 кілограмів діючої речовини міндобрив припадає на гектар – у 20-25 разів менше, ніж у розвинутих країнах Європи.

Тому Україна вже зараз заявила про себе на міжнародному рівні, як виробник екологічно чистої продукції сільського господарства. На жаль в державі майже відсутній внутрішній ринок екологічно безпечної аграрної продукції. Отже, впроваджуючи новітні технології з обмеженим використанням пестицидів, агрохімікатів та розширенням використання препаратів біологічно активних речовин на ряді площ можна отримувати високі врожаї дуже необхідної в світі екологічно безпечної сільськогосподарської продукції.

Існують правила міжнародної сертифікації площ під вирощування такої продукції. Зараз в Україні сертифіковано близько 560 тис. га, тоді як в Австралії до 10 млн. га, Аргентині – 2,96 млн. га, США – 950 тис. га.

За даними ПАМ (Проекту аграрного маркетингу) прибуток від реалізації екологічно безпечної продукції на світовому ринку в 2-3 рази вищий, ніж від продажу сільськогосподарської продукції, вирощеної

традиційним методом.

Це сприяло підвищенню в сільськогосподарському виробництві попиту на біопрепарати, біологічно активні та ріст регулюючі речовини, біоциди рослинного походження для боротьби з шкідниками, хворобами і, навіть, бур'янами. Адже без використання засобів захисту рослин неможливо одержати значних прибавок урожаю навіть за найпередовіших технологій і з найкращих сортів.

Технологічна схема такої технології ґрунтується також на виборі сорту (гібрида), стійкого до ураження шкідниками та хворобами, вилягання тощо, а тому не потребує додаткових енергетичних затрат на пестициди, ретарданти та інші агрохімікати.

Українська селекція має великий асортимент вітчизняних сортів, які не поступаються закордонним аналогам, а в багатьох випадках навіть перевершують їх.

Наприклад, усі багаторічні спроби завезти в Україну сорти пшениці озимої, які переважали б українські, завершилися невдачею, тому що таких просто не існує. Істинно, хліб із прадавніх часів – монополія України. Сорти, які створили селекціонери України, мають дуже високу стійкість до хвороб, тоді як в Європі цю проблему вирішують три-, чотириразовою обробкою фунгіцидами.

Сорти картоплі європейських країн значно поступаються українським за стійкістю до фітофторозу. Достовірним науковим фактом є те, що західноєвропейські сорти потрібно обприскувати щонайменше три-чотири рази (інколи – понад 10 разів), а фітофторостійкі та нематодостійкі сорти – один раз.

Основними ознаками **біологічного рослинництва** є: 1) правильне використання сівозміни, без якої біологічної технології не існує; 2) удобрення органічними добривами, рослинними рештками, сидератами тощо; 3) висока природна родючість ґрунту, що вирішує проблему забезпечення елементами живлення; 4) покращене засвоєння азоту завдяки наявності бобових культур; 5) повна відмова від використання агрохімікатів.

За біологічного рослинництва вийти на рівень інтенсивних технологій неможливо, але наукові розробки та набуття практичних навичок дасть змогу дещо скоротити різницю в урожайності. Та, незважаючи на це, надзвичайно цінною властивістю біологізації є відсутність забруднення навколишнього середовища, повна екологічна безпечність отриманої продукції.

Біологічна модель сприяє біологічному поверненню в ґрунт

елементів живлення і підвищенню природної його родючості. **Дані технології** широко застосовуються з метою вирощування екологічно чистої продукції для дитячого, лікувального і профілактичного харчування. У них використовуються сучасні системи інтегрованого захисту культурних рослин від комплексу шкідливих організмів, які обґрунтовані прогнозами їх розмноження, при складанні фітосанітарного моніторингу, враховуючи особливості збереження та охорони корисних видів організмів.

В 70-ті роки минулого століття в Україні було найкраще в світі вивчено агротехнічні методи боротьби з бур'янами, особливо на просапних культурах, що було пов'язано із дефіцитом гербіцидів.

З допомогою досходових та післясходових боронувальних, трьох-чотирьох вчасно і якісно проведених міжрядних розпушувань, правильного вибору попередника, напівпарового основного обробітку ґрунту вирішували проблему контролю над бур'янами, поліпшували фітосанітарний стан посівів.

Агротехнічні методи боротьби удосконалювались, було розроблено систему орієнтиру для зменшення захисної зони в рядку і підгортання рослин за широкорядного способу сівби.

4.11. Технології із застосуванням ГМО та біотехнології

На разі значного прогресу досягає **біотехнологія**, і на сучасному етапі тільки за її допомогою можна вирішити екологічні, енергетичні та продовольчі проблеми, які стоять перед людством. У сільському господарстві розвинених країн настав новий етап «зеленої революції», під якою розуміють створення і використання нових організмів, продуктів, отриманих за допомогою методів генної інженерії, культури органів і тканин *in vitro* та ін.

Сучасна **біотехнологія рослин** – сукупність технологій, що розвинені із молекулярної та клітинної біології рослин – є новою стадією в розвитку технології селекції рослин. З її допомогою поліпшення ознак може проходити на рівні індивідуального гену. Окремі гени, які визначають певну ознаку, можуть бути ідентифіковані, ізольовані, введені, виключені або модифіковані в генотипі або сорті рослини, за ними може проводитися відбір.

Біотехнологія в рослинництві полегшує традиційні методи селекції рослин, розробку нових технологій, які дозволяють підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва. Методами генної та

клітинної інженерії створені високопродуктивні й стійкі до шкідників, хвороб та інших негативних чинників сорти та гібриди культурних рослин. Розроблена техніка оздоровлення рослин від інфекцій, що дуже важливо для культур, які розмножуються вегетативно. Розробляються нові регулятори росту рослин, ведуться дослідження з покращення амінокислотного складу рослинних білків, створюються мікробіологічні засоби захисту від шкідників та хвороб, бактеріальні добрива. Одним із актуальних питань біотехнології є управління процесами азотфіксації та фотосинтезу, зокрема можливість введення відповідних генів у геном культурних рослин.

Для інтенсифікації селекції ефективним є використання таких біотехнологічних методів: культура ізольованих тканин, клітин та органів рослин, клітинна селекція та генна інженерія. Вони дають можливість за короткий термін створити та розмножити цінний вихідний високопродуктивний матеріал, гетерозисні гібриди та сорти сільськогосподарських рослин.

Усі проблеми, що вирішуються в культурі *in vitro*, можна поділити на **три основні групи**:

1) збереження генетичної інформації клітин (культура зародків, пиляків і насінневих зачатків, мікроклональне розмноження та депонування);

2) зміна генетичної інформації шляхом мутагенезу під впливом фізичних та хімічних чинників (культура суспензій, калусів, протопластів);

3) перенесення та інтеграція генетичної інформації (генно-інженерне конструювання рослин з новими ознаками, соматична гібридизація).

Основні напрями розвитку біотехнології в рослинництві:

1) підвищення вмісту білка і незамінних амінокислот у продукції культурних рослин, що досягається створенням так званих **генетично модифікованих організмів (ГМО)**, насамперед **трансгенних** рослин. Вони набувають господарсько-цінних ознак, внаслідок перенесення генів, які їх зумовлюють, зокрема від бактерій. Пріоритетним визнано виведення азотфіксуючих сортів зернових культур;

2) отримання бактеріальних добрив (азотфіксуючих бактерій), біопестицидів;

3) створення сортів і гібридів культурних рослин, стійких до шкідників та хвороб.

Так, у США вирощують рослини картоплі, томатів, бавовнику стійкості до комах; рослини томатів, картоплі, стійкі до патогенних

вірусів. Отримано сорти рослин, стійкі до гербіцидів суцільної дії, що істотно покращує боротьбу з бур'янами і здешевлює технологію вирощування, оскільки зникає потреба у застосуванні гербіцидів по вегетації.

Варто відмітити, що серед учених немає одностайності щодо можливого ефекту досліджень з генної інженерії, впливу їх на здоров'я та безпеку людини, а також на функціонування екологічних систем.

Існують крайні погляди, згідно з якими біотехнологія має бути заборонена, оскільки знання про неї недостатні для гарантування повної безпеки людини. Висловлюється й протилежна думка: застосування генної інженерії безпечно і потребує мінімального контролю. В зв'язку із цим основним аргументом є те, що принципової відмінності між генною інженерією і селекцією немає. До того ж за генної інженерії виконуються заздалегідь сплановані модифікації, а швидкість процесу вища.

Свідченням високих темпів розвитку біотехнології є, зокрема, те, що у 1997 р. у США і Канаді трансгенні кукурудзу, сою, ріпак, цукрові буряки вирощували на мільйонах гектарів. Трансгенна соя лише в США займала 12 %, кукурудза – 6, бавовник – 13 % усіх посівних площ даних культур.

За висновками експертів ФАО, у 2030 р. весь світовий приріст виробництва продукції рослинництва буде досягнуто за рахунок нових сортів рослин.

Чільне місце у біотехнологічних дослідженнях посіли корпорації «Дюпон», «Байер», «Новартіс», «Карсіл», «Рон-Пуленк».

Генетична інженерія відкриває перед селекцією рослин нові перспективи, зокрема можливість перенесення в них генів від бактерій, грибів, екзотичних рослин і навіть людини та тварини. **Револьюційним звершенням у генетичній трансформації рослин** стало виявлення природного вектору – агробактерій для переносу генів та розробка методу мікробомбардування рослинних об'єктів мікрочастинками металів з попередньо нанесеною чужерідною ДНК. Три видатні досягнення фізіології рослин створили основу для інтеграції технології рекомбінантних ДНК в генно-інженерну біотехнологію рослин. **По-перше**, відкриття фітогормонів, які регулюють ріст і розвиток рослин. **По-друге**, розробка методів культивування клітин і тканин рослин *in vitro* (ці методи дали можливість вирощувати клітини, тканини і цілі рослини в стерильних умовах та проводити їх селекцію на селективних середовищах). **По-третє**, встановлення феномену **тотипотентності**

соматичних рослинних клітин, який відкрив шлях до регенерації з них цілих рослин.

Генетична інженерія сільськогосподарських рослин, сьогодні розвивається переважно в руслі класичної селекції. Основні зусилля вчених зосереджені на захисті рослин від несприятливих (біотичних та абіотичних) чинників, покращенні якості та зменшенні втрат під час зберігання продукції рослинництва, підвищення стійкості до хвороб, шкідників, заморозків, солонцюватості ґрунту тощо, видалення небажаних компонентів із рослинних олій, зміна властивостей білку і крохмалю в пшеничному борошні, покращення лежкості та смакових якостей овочів та ін. Порівняно з традиційною селекцією, основними інструментами якої є схрещування і добір, генна інженерія сприяє використанню принципово нових генів, які визначають агрономічно важливі ознаки, і нових молекулярно-генетичних методів моніторингу трансгенів (молекулярні маркери генів), що в багато разів прискорюють процес створення трансгенних рослин. Селекціонерів приваблює можливість цілеспрямованого генетичного «ремонт» рослин. Важливим направленням біотехнології є створення генетично модифікованих рослин (ГМР) з ознакою чоловічої стерильності. Крім того, завдяки генетичній модифікації рослини можуть виконувати не властиву їм раніше функцію. Завдяки введенню генів бактерій вищі рослини набувають властивості руйнувати чужорідні органічні сполуки (ксенобіотики), що забруднюють оточуюче середовище. Вирощування ГМР, стійких до широкого спектру хвороб та комах-шкідників, може суттєво знизити, а в подальшому звести до мінімуму пестицидне навантаження на навколишнє середовище.

Розгляд проблеми можливого **впливу трансгенних рослин на навколишнє середовище** визначає такі основні аспекти:

- сконструйовані гени будуть передані з пилом близько-родинним диким видам, і їхнє гібридне потомство набуде властивості підвищеної насіннєвої продуктивності та здатності конкурувати з іншими рослинами;
- трансгенні сільськогосподарські рослини стануть бур'янами і витіснять рослини, які ростуть поряд;
- трансгенні рослини стануть прямою загрозою для людини, домашніх та диких тварин (наприклад через їхню токсичності або алергенність).

Ще одним напрямом біотехнології є отримання **трансгенних рослин з кращою здатністю використовувати елементи живлення із**

мінеральних добрив, сприяючи зменшенню забруднення навколишнього середовища та ґрунтових вод.

Гарантією проти небажаних наслідків генетичної модифікації рослин є законодавче регулювання поширення ГМР та розробка пов'язаних із цим методів оцінки екологічного ризику. Крім того, значна уваги приділяється достатній інформованості агрономів, селекціонерів, насіннєводів, потенційних покупців щодо особливостей продуктів із генетично модифікованих рослин. В Україні та ряді інших країн прийняті закони, які обмежують несанкціоноване поширення трансгенного насіннєвого матеріалу, що забезпечує моніторинг у посівах, а також маркування харчових товарів, виготовлених із продуктів ГМР або з їх додаванням.

В Україні законодавчо не дозволено вирощувати генетично модифіковані сорти. Це, можливо, єдине з правильних рішень, яке було прийнято в галузі аграрної політики. Є ще багато нереалізованих резервів зростання врожайності за рахунок технологічних заходів. Не вдаючись у дискусію про шкідливість або нешкідливість генетично модифікованих сортів, варто зазначити, що вони для України ще не на часі, бо не сприятимуть а ні зростанню врожайності, а ні покращанню економічних показників. Лише створять проблему з виходом сільськогосподарської продукції на світовий ринок, знизять її ціну й можливість реалізації.

Біотехнологія – важливий, але не єдиний елемент науково-технічного прогресу в аграрному секторі, тому необхідний комплексний підхід до цього питання з урахуванням альтернативних технологій. Одним з таких напрямків розвитку є органічне землеробство.

Нині світовий ринок біотехнологій для сільського господарства та харчової промисловості оцінюється майже в 50 млрд. доларів і щороку зростає на 20-30 %.

Потрібно враховувати той факт, що генетично модифіковані сорти до сьогодні майже не вирощують у Європі. Є лише експериментальні посіви на площі 1-3 тис. га, за виключенням Іспанії (100 тис. га). (В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, 2006).

4.12. ЕМ – технології в рослинництві

ЕМ–технології – це використання корисних мікроорганізмів та мікробіологічних добрив.

Родючість ґрунту визначає урожайність рослин, в свою чергу її

формує «*жива речовина*», яка складається з мільярдів ґрунтових бактерій, мікроскопічних грибків, хробаків та інших живих організмів. Перероблюючи органічні рештки рослин та мінеральні речовини, бактерії забезпечують живлення хробаків, які суттєво покращують структуру та родючість ґрунту.

Необхідно нагодувати спочатку мікробів і хробаків, а вони, у свою чергу, нагодувать рослини. Ні мінерали, а ні органіка, самі по собі не переходять у засвоювану форму. Цю функцію виконує корисна мікрофлора ґрунту.

У ХХ ст. через інтенсивний обробіток ґрунту із оборотом пласта родючість ґрунту різко знизилась. Вчені довели, що глибока оранка і перекопування ґрунту негативно впливають на активність мікроорганізмів та ґрунтової фауни, порушуючи його структуру. Вже через 3 роки після освоєння нових земель кількість гумусу стрімко падає, урожайність знижується, стійкість рослин до шкочинних об'єктів знижується.

До середини ХХ ст., за рахунок інтенсивного впливу людини на природу, світ втратив $\frac{1}{3}$ частину, або 20 % родючого шару ґрунту. При цьому на відновлення природної родючості звичайним шляхом потрібно 20-30 років, а процес інтенсивного землеробства не зупинити.

Інтенсифікація технологій у сільськогосподарському виробництві в ХХ ст. також забезпечила широке застосування різних хімічних засобів. На жаль, пестициди забезпечували лише короточасне вирішення проблеми урожаю і викликали ланцюг негативних явищ у навколишньому середовищі, в тому числі і погіршення здоров'я населення. Із великої кількості пестицидів, які щорічно використовуються в світі, лише дуже не велика частина діє безпосередньо на шкідників і збудників хвороб рослин.

Інтенсивна хімізація полів знищила мікрофлору ґрунту – основного виробника родючості ґрунту. Постійне внесення пестицидів сприяло привиканню шкідників до них, і тому ефективність їх застосування стійко знижується, що потребує для досягнення бажаного результату постійного збільшення їх кількості.

Саморегуляція в агроценозах відбувається не так активно, як в природних біоценозах. Це призводить до зростання негативних компонентів – чисельності шкідників, збудників хвороб, забур'яненості. Одночасно йде забур'янення, порушення мікрофлори ґрунту, а застосування хімічних засобів поглиблює цей процес.

Внесення в ґрунт мінеральних добрив створило ще одну серйозну

екологічну проблему та призвело до збільшення втрати гумусу ґрунтами.

Звичайно, що для того, щоб виснажений ґрунт міг давати достатній урожай, необхідно вносити добрива, обов'язково збалансовані хоча б за макро- і мікроелементами, що здійснити практично неможливо через високу вартість. Але навіть і внесення всіх необхідних елементів у ґрунт не зможе поповнити в ньому біологічно активні речовини, такі як ферменти, вітаміни, кислоти та ін. А особливо без них ні ґрунт, ні рослина не можуть бути здоровими та забезпечувати високу продуктивність. Надлишкове внесення мінеральних добрив сприяє нагромадженню їх залишків у ґрунті, ґрунтових водах, рослинній і тваринній продукції. В результаті нітратного забруднення кормів і продуктів харчування збільшується кількість хвороб рослин, тварин та людини.

Створилась ситуація, коли інтенсивне застосування важкої сільськогосподарської техніки, внесення пестицидів, штучних добрив і хімічних фармпрепаратів порушує природні **закони еволюції**. Порушилась саморегуляція в живій природі, ослабли захисні властивості рослин, тварин і людини.

З точки зору інтересів збереження здоров'я людей і біосфери, єдиною правильною стратегією, напевно, є поступова відмова від використання хімічних препаратів у сільському господарстві та застосування комплексу альтернативних, **екологічно чистих технологій**. Хімічні засоби мають залишитись лише, як інструмент екстреного впливу в критичних ситуаціях, але не в повсякденній практиці.

Одним із найбільш дієвих шляхів виходу з кризової ситуації є швидке і масове впровадження ЕМ-технології.

ЕМ-технологія багатофункціональна за своїми можливостями і може знайти застосування в різних **галузях народного господарства**: у виробництві сільськогосподарської продукції без застосування синтетичних добрив і пестицидів, у відновленні природної родючості ґрунту, у виробництві ферментованих добрив, кормів і біодобавок до них, при вирощуванні здорових тварин і птиці, переробці промислових і побутових відходів, виробництві медпрепаратів для лікування людей, для використання в побуті і т. д.

Впровадження ЕМ-технології в сільському господарстві дозволяє відновлювати природну родючість навіть самих бідних ґрунтів протягом всього 3-5 (а не 20-30!) років. За ощадного використання природних

ресурсів, мінімальних фінансових та людських затратах можливо отримати екологічно чисті продукти харчування високої якості для населення. Комплексне використання ЕМ-технології в два-три рази знижує мільярдні затрати на вирішення екологічних проблем, забезпечення продуктами харчування і на медичне обслуговування.

ЕМ-технологія (застосування **Ефективних Мікроорганізмів** для стійкого симбіозу із рослинами, який сприяє забезпеченню їх живленням і пригнічення патогенної мікрофлори) – один із самих перспективних напрямків розвитку аграрного виробництва ХХІ ст. Засновником ЕМ-технології є японський вчений мікробіолог **Теруо Хіга**. У 1988 році цей учений зумів створити надскладний комплекс із корисних бактерій, який назвав **ефективними мікроорганізмами (ЕМ)**, відповідно і назва – «ЕМ-технологія». Ним були відібрані 86 головних, що лідирували регенеративних штамів, які виконували увесь спектр функцій з живлення рослин, їхнього захисту від хвороб та оздоровлення ґрунтового середовища.

ЕМ – технології не замінюють традиційні технології вирощування, але можуть істотно підвищити їхню ефективність. Утім, на думку деяких учених, зокрема й українських, такі препарати будуть насправді ефективними за умови, якщо комплекс мікроорганізмів виділено із природного середовища.

Поєднання всіх ЕМ у концентрованому розчині за їх повного збереження було складним завданням, оскільки умови життєдіяльності деяких з них прямо протилежні, наприклад, наявність або відсутність кисню (аеробні та анаеробні). Зі створенням **ЕМ - технології** розпочалася нова ера екологічного землеробства.

Виникнувши в Японії, ЕМ-технологія визнана сьогодні всім світовим товариством, вона поширюється в багатьох країнах світу, а особливо: в Кореї, США, Канаді, Німеччині, Японії, Польщі, Австралії, Англії та ін. Сьогодні під органічне сільське господарство використовуються великі площі земель: в Європі – 5,1 млн. га, Північній Америці – 1,5, Латинській Америці – 4,7, Австралії – 10,6 млн. га. Тільки в країнах ЄС кількість органічних господарств за останні 15 років збільшилась більш ніж в 20 разів. Цьому сприяла політика відносної підтримки фермерів у перші роки після переходу від традиційного до органічного агровиробництва, середній показник кількості органічних господарств досяг в країнах ЄС 4 %, в Австрії – 11,3 % (285,5 тис. га), Італії – 7,9 % (1230 тис. га), Данії – 6,5 % (174,6 тис. га).

Активно пропагують впровадження органічного землеробства, такі

компанії: «Органік Сервісиз» з Німеччини, Міжнародну продовольчу організацію (FAO), Європейську комісію (EU), Міжнародну Федерацію органічного сільськогосподарського руху (IFOAM), Біофах, в Україні «Федерація органічного руху України» а також багато інших.

За даними моніторингу у 2020 році загальна площа сільськогосподарських земель України з органічним статусом та перехідного періоду склала 462 тис. га (1,1 % від загальної площі земель сільськогосподарського призначення). При цьому нараховувалось 549 операторів органічного ринку, з них 419 – сільськогосподарські виробники. Україна має великий потенціал для виробництва органічної сільськогосподарської продукції, її реалізації на експорт і для внутрішнього споживання. Відповідно до звіту Європейської у 2020 році Україна посіла 4-те місце зі 124 країн за обсягами імпортованої органічної продукції до ЄС. Так, протягом 2020 року до ЄС ввезено 2,79 млн. тонн органічної агропродовольчої продукції, 7,8 % з якої – українська (217,2 тис. тонн на суму 116,7 млн. дол. США).

Як відомо, однією з основних проблем українських екофермерів є збут. Навряд чи знайдеться багато охочих платити дорожче за продукцію, яка хоч і екологічно чиста, але на смак і колір – така сама, як на базарі.

За внесення в ґрунт препарат ЕМ-1 інтенсивно впливає на біоценоз ґрунту, пригнічуючи патогенну мікрофлору. В результаті основна маса корисних мікроорганізмів налаштується на регенерацію (відновлення). В таких умовах ґрунт впродовж 3-5 років практично повністю відновлює свою природну родючість без застосування синтетичних добрив і пестицидів. За мінімальних затрат праці на таких ґрунтах можна вирощувати максимально можливі врожаї високої якості.

Головною причиною виняткової багатофункціональності ЕМ - препарату є дуже широкий діапазон дії мікроорганізмів, які входять до його складу. До найбільш великих **груп мікроорганізмів**, які входять до складу ЕМ - препарату, належать:

Фотосинтезуючі бактерії – синтезують корисні речовини, що використовують сонячне світло та тепло ґрунту, синтезовані речовини містять у собі амінокислоти, біологічно активні речовини та цукри сприяють розвитку і росту рослин.

Молочнокислі бактерії виробляють молочну кислоту з органічних речовин, утворених фотосинтезуючими бактеріями та дріжджами. Молочна кислота є сильним стерилізатором, який придушує шкідливі мікроорганізми та прискорює розкладання органічної речовини.

Молочнокислі бактерії розкладають лігніни та целюлозу, ферментують ці речовини, пригнічують гриби *Fusarium* та нематоди.

Азотфіксуючі бактерії поглинають атмосферний азот і закріплюють його у вигляді азотних сполук, збільшуючи його запас у ґрунті.

Дріжджі синтезують біологічно активні речовини з амінокислот і цукрів, які продукуються фотосинтезуючими бактеріями та корінням рослин. Секреції дріжджів – корисні субстрати для молочнокислих бактерій і актиноміцетів.

Актиноміцети виробляють антибіотичні речовини – антибіотики, які пригнічують ріст патогенних грибів і бактерій.

Ферментуючі гриби роду *Aspergillus* і *Penicillium* швидко розкладають органічні речовини, виробляють етиловий спирт, складні ефіри й антибіотики. Вони запобігають зараженню ґрунту шкідливими комахами та личинками.

Виробнича перевірка показала, що передпосівне замочування насіння овочевих культур у технології вирощування збільшує врожай на 10-60 %. Однократне обприскування сходів ЕМ - препаратом у концентрації 1:1000 збільшує врожайність на 10-30 %. ЕМ - технологія істотно підвищує стійкість рослин до хвороб, шкідників, несприятливих погодних факторів, зокрема до посухи та заморозків.

В останнє десятиліття ЕМ - технологія дуже активно впроваджується у світі, її використання стало частиною національної політики багатьох держав.

Досвід застосування ЕМ - технологій в Запорізькій області ТОВ «Данко» (Оріхівський район) Україна, при вирощуванні пшениці озимої показав, що застосування ЕМ – технологій дало змогу отримувати на кожному гектарі додатково до 1,5 тонн пшениці та 1,0 – сояшнику.

На п'ятий рік застосування ЕМ - технологій рентабельність може сягнути двохсот відсотків. Найбільш ефективним в цій технології є внесення ЕМ - препарату в період серпень-вересень до посівів озимих культур.

Дослідженнями Н.М. Волошиної (2007), встановлено, що застосування ЕМ-препаратів на ячмені ярого в рядки під час сівби та обприскуванні вегетуючих рослин культури призводить до швидшого розвитку кореневої системи та збільшення на 30-38 % листостебельної маси, зменшення на 16-20 % рослин уражених кореновими гнилями, збільшення кількості продуктивних стебел та збільшення врожайності на 0,54 т/га. Крім того внесення ЕМ препарату сприяло зниженню на посівах ячменю ярого чисельності сисних шкідників – попелиць,

трипсів, клопів-сліпняків. При застосуванні даного препарату на посівах соняшнику (обробка насіння та на вегетуючих рослинах) зменшилася ураженість сходів гнилями на 9,4-10,2 % та бактеріозом на 3,3-4,6 %. Відмічено кращий, порівняно із необробленим контролем, розвиток рослин, вирівняність і збереження оптимальної (50 тис./га) густоти стояння навіть в екстремально-посушливих умовах 2007 року.

На українському ринку вже з'явилися американські та канадські біопрепарати для сої. У розвинутих країнах продаж насіння бобових разом із відповідним мікробним препаратом є нормою, адже ці культури дають найкращий ефект від штучної інокуляції.

ЕМ-препарати. На основі концентрату ЕМ-1 виробляються наступні похідні продукти:

ЕМ-препарати рідинного типу:

- ЕМ-А – основний препарат багатоцільового використання;
- ЕМ-5 – засіб боротьби зі шкідниками та хворобами рослин;
- ЕМ-ферментований рослинний екстракт (ЕМ-екстракт) – різновид рідинного препарату, для виготовлення якого використовується свіжа подрібнена рослинна маса (бур'яни, лугові трави, тощо).

ЕМ-продукти твердофазного типу:

- ЕМ-бокаші – ферментовані зерно та зернові висівки;
- ЕМ-компост – ферментовані органічні рештки;
- ЕМ-керамічний порошок.

ЕМ - препарати використовуються: 1) у польових умовах: для обробки ґрунту, посівного матеріалу та вегетативної маси рослин; 2) у закритому ґрунті: для приготування ґрунтосумішей, обробки ґрунту теплиць, обробки посівного матеріалу, вирощування розсади, обробки вегетуючих рослин.

Застосування препарату ЕМ-1:

- забезпечує природну водо- і повітропроникність родючого шару ґрунту до глибини 60-80 см;
- в декілька разів пришвидшує процеси гумусоутворення;
- підвищує температуру ґрунту на 2-5 °С, що прискорює коренеутворення, схожість, цвітіння і плодоношення (дозрівання продукції відбувається раніше на 10-15 днів);
- сприяє підвищенню урожайності.
- покращує смакові та якісні показники плодів (збільшує вміст вітамінів, каротину, крохмалю, білка і т. д.;
- прискорює коренеутворення й ріст пагонів;
- сприяє зниженню вмісту нітратів у овочах і фруктах у 4-5 разів;

- значно підвищує стійкість рослин до хвороб і шкідників, а також до несприятливих природних чинників, зокрема, посухи і приморозків, ураження грибковими і бактеріальними хворобами на 50-60%.

- дає змогу вирощувати одну і ту ж саму культуру на одному місці декілька сезонів підряд (особливо це актуально для тепличних господарств);

- сприяє нейтралізації солей важких металів до безпечного для людини стану;

- допомагає вирощувати здорову, екологічно чисту сільськогосподарську продукцію і квіти з більш тривалими строками зберігання (зрізані рози протягом неділі зберігають свіжий вигляд);

- дає можливість отримувати конкурентоздатну продукцію з більш високими споживчими якостями і ціною (вартість продукції, вирощеної із застосуванням ЕМ-технології, за кордоном в декілька разів перевищує вартість продукції, вирощеної традиційним технологіями);

- видаляє неприємні запахи при розкладанні органіки у вигрібних ямах, а також у приміщеннях для тварин і відстійниках.

Для обробки рослин і ґрунту використовуються такі робочі розчини ЕМ-А, ЕМ-5 або ЕМ-екстракту в розведенні з чистою, не хлорованою водою: 1:2, 1:10, 1:50, 1:100, 1:250, 1:500, 1:750, 1:1000 й 1:2000. Для кращого живлення мікроорганізмів і як ад'ювант (прилипач) можна додавати до робочого розчину мелясу або цукор в пропорції 1:1, тобто до кількості препарату додають рівнозначну кількість поживного середовища (особливо це рекомендується робити за великого співвідношення розведення – 1:500, 1:750, 1:1000 та 1:2000).

ЕМ-А рекомендується використовувати протягом всього сезону, починаючи з моменту, коли температура ґрунту на глибині 8-10 см досягне більше +5 °С.

Влітку лімітуючими факторами використання ЕМ можуть бути тепловий режим ґрунту, повітря, але особливо вологість ґрунту. Тому препарат краще вносити перед дощем, по росі або вночі з достатньою кількістю води в робочому розчині. ЕМ-бокаші також не можна вносити при заморозках на поверхні ґрунту до -10 °С.

ЕМ-А за внесення на поживних рештках дає змогу швидко трансформувати залишкову органіку та збагатити ґрунт необхідними поживними речовинами. Препарат також використовується для обробки насіння, провокування росту бур'янів, обробки вегетуючої маси, захисту рослин від хвороб і шкідників та покращення здатності продукції протистояти гnilісним процесам і шкідникам під час зберігання.

Для боротьби з шкідниками та хворобами рослин використовується ЕМ-5, щоб попередити ураження хворобами та пошкодження шкідниками сільськогосподарських рослин за рахунок підвищення стійкості та зміцнення тургору рослин, створення антиоксидантного біополя у ґрунті, руйнації звичного для шкідників середовища тощо. Відлякуючи комах та створюючи для них певний бар'єр, він діє як своєрідний репелент, дає змогу контролювати розвиток і кількість комах. ЕМ-5 використовується методом обприскування рослин в концентрації 1:250, 1:500 і 1:1000. Обприскування розпочинають зразу після проростання, до того як з'являться хвороби та шкідники. У разі, коли хвороби або шкідники все-таки з'явилися, слід застосовувати ЕМ-5 частіше та більш концентрованим.

Протипоказання та обмеження до використання. Змішування та одночасне використання ЕМ – препаратів із пестицидами не допускається. Повторний обробіток вже протруєного пестицидами посівного матеріалу забороняється. Використання ЕМ - препаратів і пестицидів повинно бути розмежовано у часі на 7-10 діб, але не менше 4-5 діб.

Не можна вносити ЕМ-бокаші (ЕМ-компост) у пристволову зону та одночасно використовувати з високими нормами синтетичних добрив та хлорумісних речовин, обробляти саджанці або розсаду раніш, ніж через 3-14 діб після висадки у ґрунт. ЕМ можуть, і через наявність пошкоджень кореневої системи, визнати рослину як об'єкт для живлення й ферментувати її.

Для встановлення кількості та періодичності застосування ЕМ-препаратів, варто брати до уваги наявність органічної речовини у ґрунті – у деяких випадках може статися конкуренція кореневої системи рослин і ЕМ за наявні поживні речовини.

ЕМ-препарати можна змішувати та одночасно використовувати з регуляторами росту природного походження, деякими біологічними препаратами та добривами (крім сильних окислювачів), при концентрації останніх до 1,5 % у робочому розчині.

Використання ЕМ-препаратів на озимих та ярих зернових культурах. Зразу після збирання попередника, де використовується подрібнення рослинних решток, проводиться обробіток ґрунту ЕМ-А в дозі 60-90 л/га. Через 14 діб вносять ЕМ-бокаші в кількості 5-10 т/га, але за тиждень до висіву насіння. У випадку, якщо в якості попередника використовується чорний пар, спочатку вноситься ЕМ-бокаші в кількості 3-7 т/га під дискування ґрунту, а потім через 14 діб вносять

ЕМ-А – 60-90 л/га.

Обробка насіння розчином ЕМ-А проводиться в пропорції 1:1000. Обробляється зерно цим розчином методом занурення або безперервно розпилюється на насіння. Норма витрати становить 10-20 л/т робочого розчину (0,322-0,625 л/т ЕМ-А). Насіннєвий матеріал у той же день висівається.

За настання фази 3-4 листків озимих зернових культур (початок кущення) вноситься ЕМ-А в дозі 20-60 л/га, але до 5-10 жовтня.

Навесні, через 7-14 діб після настання температури повітря +10 °С та фізичної стиглості ґрунту (ранньовесняного боронування, закриття вологи) у період III-IV етапу органогенезу (фазу кущення, початку виходу в трубку), вноситься ЕМ-А в дозі 20 л/га. За потреби, якщо прогнозується поява шкідників і хвороб, проводиться обробка посівів ЕМ-5 в дозі 2-3 л/га. Препарати вносять ввечері, вранці або в похмурі прохолодні дні. ЕМ-А можна вносити по росі або перед дощем.

Використання ЕМ-препаратів на сої. Влітку або восени зразу після збирання попередника, де використовується подрібнення рослинних решток, проводиться обробіток ґрунту ЕМ-А в дозі 60-90 л/га. Через 7 діб вносять ЕМ-бокаші в кількості 3-5 т/га.

Насіння сої обробляється бульбочковими бактеріями (нітрагін, ризоторфін тощо) відповідно до рекомендацій. Зразу після посіву проводять обприскування ґрунту ЕМ-А в дозі 40-60 л/га.

У фазу 1-5 справжніх листків сої вноситься ЕМ-А в дозі 60 л/га, за висоти рослин 20-30 см проводиться повторне обприскування посівів ЕМ-А дозою 40-60 л/га. За потреби, якщо прогнозується поява шкідників і хвороб, проводиться обробка посівів ЕМ-5 в дозі 2-3 л/га.

Використання ЕМ-препаратів на соняшнику. Влітку або восени обробіток подібно до сої. Обробка насіння розчином ЕМ-А здійснюється в концентрації 1:1000, методом занурення або безперервно розпилюється на насіння, чи обробляється в протруювальних машинах. Норма витрати робочого розчину 10-20 л/т (0,15-0,350 л/т ЕМ-А). У той же день здійснюють сівбу. Зразу після сівби проводять обприскування ґрунту ЕМ-А в дозі 60-90 л/га.

У фазу 2-4 листків соняшника вноситься ЕМ-А в дозі 30-60 л/га, а перед змиканням міжрядь – 30-40 л/га. За потреби, якщо прогнозується поява шкідників і хвороб, проводиться обробка посівів ЕМ-5 в дозі 2-3 л/га.

Використання ЕМ-препаратів на озимому ріпаку. Зразу після збирання попередника на подрібнених рослинних рештках, проводиться

внесення ЕМ-А в дозі 60-90 л/га. Через 7 діб вносять ЕМ-бокаші в нормі 5-10 т/га, але за 20-30 діб до висіву насіння.

Обробка насіння розчином ЕМ-А проводиться в концентрації 1:1000. Обробляється насіння цим розчином методом занурення або безперервно розпилюється на нього, або обробляється в протруювальних машинах. Норма витрати 10-30 л/т робочого розчину (0,15-0,50 л/т ЕМ-А). Можна додавати інертний матеріал для поглинання зайвої вологи. В той же день насіння висівається.

В період настання фази 3-5 листків вноситься ЕМ-А в дозі 40-60 л/га, але до 5-10 жовтня. Навесні, через 7-14 діб після настання температури повітря +10 °С та фізичної стиглості ґрунту (ранньовесняного боронування, закриття вологи), в період відновлення вегетації вноситься ЕМ-А в дозі 60 л/га. За висоти рослин 30-40 см здійснюється наступне обприскування посівів ЕМ-А в дозі 20-40 л/га. За потреби, якщо прогнозується поява шкідників і хвороб, проводиться обробка посівів ЕМ-5 в дозі 2-3 л/га.

Використання ЕМ-препаратів на цукровому буряку. Влітку або восени зразу після збирання попередника, на рослинних рештках проводиться обробіток ґрунту ЕМ-А в дозі 60-90 л/га. Через 7 діб вносять ЕМ-бокаші в кількості 10 т/га.

Обробка насіння розчином ЕМ-А здійснюється в концентрації 1:1000. Норма витрати робочого розчину 10-20 л/т (0,322-0,625 л/т ЕМ-А). Насіння в той же день висівається. Зразу після посіву проводять обприскування ґрунту ЕМ-А в дозі 60-90 л/га.

У фазу 3-6 листків цукрових буряків вносять ЕМ-А в дозі 40-70 л/га. Перед змиканням міжрядь проводиться обприскування посівів ЕМ-А дозою 20-40 л/га.

За потреби, якщо прогнозується поява шкідників і хвороб, проводиться обробка посівів ЕМ-5 в дозі 2-3 л/га.

4.13. Застосування МХ – технології у рослинництві

Одним із лімітуючих чинників, що обмежує реалізацію генетичного потенціалу культурних рослин є шкодочинні об'єкти. За даними ФАО, щорічні втрати урожаю від шкідників, хвороб та бур'янів складають 25-30 %, а в роки епіфітотій можуть досягнути 60 %. Через це сучасні технології вирощування повинні базуватися на комплексному підході щодо контролю шкідливих організмів.

Застосування **мікрохвильової технології** дає змогу отримувати

екологічно безпечну продукцію рослинництва. Обов'язковою складовою практично всіх сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур є протруєння насіння фунгіцидами проти хвороб. Щорічно на дані цілі витрачаються тисячі тон небезпечних для людей і живої природи хімічних препаратів.

В якості альтернативи передпосівної обробки насіння пестицидами може бути використання екологічно чистих електротехнологічних методів (УФ та ІЧ випромінюванням), що сприяє підвищенню врожайності пшениці на 21-29 г/м², а також дає можливість скоротити споживання електроенергії при обробці насіння більше ніж у 10 разів.

Мікрохвильове поле пригнічує комплекс фітопатогенів насіння – сажку, фузарії, гнилі тощо, під час його передпосівної обробки.

Сьогодні проблема захисту рослин повинна розглядатися в загальному контексті тих процесів та тенденцій, які відбуваються у світовому землеробстві. За роки реформування сільського господарства обсяг застосування засобів захисту рослин знизився і має різновекторний характер. Так в загальній структурі використання засобів захисту рослин 63% належить гербіцидам; 23% – інсектицидам; 13% – фунгіцидам, частка біометоду – 1%.

Доведено численними науково-практичними дослідженнями, що мікрохвильове поле позитивно впливає на схожість насіння підвищуючи його кондиційність саме за схожістю.

Під дією мікрохвильового поля насіння сільськогосподарських культур проходить стимуляцію у вигляді **енергетичного, функціонального та інформаційного** рівня. Їх сумарна дія на насіння активізує обмінні процеси в насінні, які пов'язані із його біоенергетикою, схожістю та енергією росту. У результаті активізуються процеси вегетації рослин та їх урожайних властивостей, крім того, насіння одночасно знезаражується від фітопатогенів.

Мікрохвильова технологія (МХ-технологія) дозволяє скорочувати застосування пестицидів при захисті від шкочинних об'єктів. За даними науково-дослідних установ дана технологія ефективна на більше ніж 38 культурах – зернових, технічних, олійних, овочевих, кормових, баштанних, луб'яних та інших.

Мікрохвильова технологія – одне з тих досягнень науки та техніки, які в процесі свого розвитку вийшли далеко за межі первісних задумів. Тобто, актуальна, але все ж локальна технологічна задача передпосівного знезараження насіння від патогенів за допомогою МХ-обробки, з часом трансформувалася в глобальну задачу підвищення

врожайності основних сільськогосподарських культур, які вирощуються в Україні, виробництва екологічно чистої продукції та застосування її в інтегрованій системі захисту.

Випробування **МХ-технології** проводилось в багатьох науково-дослідних установах. Наприклад, **Селекційно-генетичний інститут** (м. Одеса) – дослідження застосування мікрохвильової технології проводились під керівництвом М.О. Кіндрука на трьох сортах озимої пшениці – Вікторія, Альбатрос, Федорівка. Під час оцінювання структури рослин дослідні зразки переважали контроль за довжиною колосу, кількістю зерен в колосі, масою 1000 зернин. Польова схожість обробленого елітного насіння в порівнянні з контролем (насіння без обробки мікрохвильовим полем) зростає на 10-12 %, а урожай – на 9,9, 12,5 і 32,3 %.

На дослідних полях **Одеського інституту агропромислового виробництва** після обробки насіння мікрохвильовим полем урожай пшениці збільшився у сортів Одеська-267 на 7,5 %, Нікосія – 8,9 %, Лада – 16,4 %. Урожай гороху на площі 17 гектарів в умовах жорсткої засухи 2002 року перевищив контроль на 51 %. Огірки сортів Смак та Северянін дали прибавку, відповідно 2,8 т/га та 7,5 т/га.

За словами А.Н. Гончарова з **Інституту овочівництва і баштанництва**, мікрохвильова технологія цікавить овочівників передусім як стимулятор життєздатності насіння, енергії проростання, збільшення польової схожості, що має вагоме значення для овочівництва і баштанництва. Встановлено, що мікрохвильове поле суттєво впливає на схожість та енергію проростання насіння. Так, в залежності від культури, схожість підвищується на 7,0-29,4 %. При цьому значно покращується його якість, що дуже важливо для овочево-баштанної галузі України. Одночасно в урожаї підвищується вміст сухих речовин, загального цукру, аскорбінової кислоти, б-каротину та інших корисних сполук. Особливо важливим є те, що в урожаї овочевих та баштанних культур в 1,5 разу зменшується вміст нітратів і важких металів. Це відкриває широку перспективу застосування обладнання для мікрохвильової обробки насіння овочевих і баштанних культур для виробництва екологічно безпечної і чистої продукції в Україні, яка буде конкурентоспроможна на внутрішньому і міжнародному ринках.

В агрофірмі «Розкішна» Кіровоградської області в критичні за вологістю роки, за рахунок використання установки з обробки насіння мікрохвильовим полем додатково отримали на невеликій експериментальній ділянці 159 тон зерна, в тому числі дали прибавку

со́я (20,7 %), ячмінь (25,2 %) і рі́пак (33,3 %).

Рослини із обробленого насіння мають підвищену польову схожість, добре розвинену кореневу систему, і, що особливо важливо, дають стало високі урожаї у порівнянні із контролем (рослини із необробленого насіння).

Варто зазначити, що застосування такої технології не виключає повністю застосування хімічних препаратів. МХ-технологія може стати ефективним інструментом в покращанні екологічної ситуації в Україні, в процесі широкого її застосування в сільськогосподарському виробництві.

4.14. Адаптивні та адаптовані технології вирощування

Адаптивне землеробство та рослинництво теоретично визначаються дуже широко. Їхню адаптивність можна відносити до окремих об'єктів або різних їх сукупностей у ланках або ланцюгах: **рослина-грунт-рослинний покрив-агроекосистема-агроурочище-ділянка ландшафту-біосфера.**

Розуміння адаптаціогенезу в еколого-генетичному й еволюційному аспектах у даний час доповнено кібернетичними концепціями адаптивності не лише у відношенні організмів, але й будь-яких біосистем.

Адаптація пояснюється як: ознака, властивість, якість, стан, явище, або процес які відбивають закономірності збереження та розвитку будь-яких систем на фоні взаємодії внутрішніх і зовнішніх факторів їхнього існування; цілісна система реакцій організмів, популяцій, видів, екологічних систем, яка визначає динамічну рівновагу в тих або інших умовах середовища, тобто *гомеостаз*, або збереження загального напрямку процесів і еволюцій за зміни середовища – *гомеорез*; процес цілеспрямованої само-зміни системи, що дозволяє досягти їй кращого або, принаймі, прийнятного функціонування за умов середовища, що змінюються.

Екстраполяція ідей адаптаціогенезу в теорію та практику культивування рослин, дозволили виділити **адаптивне землеробство та рослинництво** як важливі напрямки антропоного впливу ґрунти, агрофітоценози, бур'яни, культурні рослини та інші організми агробіоценозів.

Адаптивна стратегія рослинництва забезпечує не лише максимальну продуктивність культурних рослин, але й стійке

збільшення виробництва продукції за одночасного зниження енерговитрат і порушень агроландшафту. Адаптивність рослинництва полягає у відповідності заходів вирощування специфічним просторово-часовим потребам виду, сорту або гібриду.

Адаптивне рослинництво – це управління ростом і розвитком культурних рослин на основі інформації про стан рослин в кожний даний момент.

У адаптивному землеробстві інформація про стан ґрунту або всього агроєкотипу веде до застосування певних заходів впливу на ґрунт або, прямо і опосередковано, на весь екотип, потім нова інформація про стан ґрунту – веде до нових заходів впливу і т. д.

В *адаптивному рослинництві* кожна інформація про стан агроєкотипу або про стан рослин, є основою тієї чи іншої технологічної операції в приблизно такій же послідовності. Навіть у глибоко-ідеалізованих і тонкоконтрольованих системах і технологіях адаптивного землеробства та рослинництва заснованих на сучасних і новітніх методах безперервного надходження інформації про стан ґрунту й рослин із використанням електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) і автоматизованих систем управління (АСУ), важко буде досягти ідеальної адаптивності кожного передбачуваного або застосовуваного заходу впливу. Оцінка відповідності параметрів середовища в кожний даний момент екологічним потребам культурної рослини здійснюється із врахуванням передбачуваних впливів, перспектив подальшого розвитку середовища, стану рослин й їх взаємодій.

Завданням адаптивного рослинництва є поетапне досягнення оптимальних умов реалізації генетичного потенціалу культурної рослини відповідно до потреб людини.

Адаптивне землеробство є таким напрямком сучасного землеробства, яке мінімізує механічні впливи на ґрунт, тобто націлене на формування такої адаптивної структури ґрунту, що близька до природної та видоспицефічної за продуктивністю для культурної рослини.

Формування адаптивної структури посіву необхідне для пригнічення бур'янистої рослинності, регулювання світлового, газового, вітрового, водного режимів.

В розвитку адаптивного землеробства мова має йти про адаптивні видоспицефічні сівозміни, які забезпечують максимально можливі врожайність і якість продукції тієї або іншої сільськогосподарської культури.

Завдання в реалізації потенціальних можливостей сортів і гібридів досить складні, особливо коли ці форми культурних рослин не мають широкої екологічної валентності в умовах тієї або іншої ґрунтово-кліматичної зони. Тому різниця між стійкістю і урожайністю сортів та гібридів на ділянках селекційно-генетичних установ, держсортівипробування та в умовах виробництва залишається поки що досить відчутною.

В *адаптивному рослинництві* необхідний підбір видів сортів і гібридів культурних рослин у відповідності з якісними особливостями й станом конкретних екотипів (ділянок, полів, сівозмін).

В основу адаптивної технології покладено повну або часткову відмову від синтетичних добрив, пестицидів і регуляторів росту. Комплекс екологічних і агротехнічних заходів базується на суворому дотриманні науково-обґрунтованої структури сільськогосподарських угідь, сівозмін, насичених бобовими культурами, збереженні рослинних решток, широкому застосуванню гною, компостів і сидератів, проведенні механічного обробітку ґрунту.

Природничою базою і проблемно-орієнтовним напрямом адаптації агроєкосистем у ринкових умовах є застосування економічних механізмів, як передумови практичної реалізації концепції адаптивного землеробства.

Отже, адаптивне землеробство та рослинництво є такими напрямками прикладної екології ґрунтів і культурних рослин, які націлені на реалізацію їхніх екологічних та генетичних можливостей на благо людини.

4.15. Органічні технології

Органічні технології найбільш поширені у США. Норми мінеральних добрив і пестицидів за їх застосування істотно зменшуються або виключаються взагалі. Органічне землеробство забезпечує раціональне використання природних ресурсів, мінімальне зниження (а в окремих випадках і підвищення) врожайності кукурудзи та сої за несприятливих природно-кліматичних умов. Обов'язковим елементом цих технологій є дотримання сівозмін із чергуванням у них бобових культур з культурами, які характеризуються високою потребою в азоті.

Ґрунт обробляють переважно без перевертання скиби (дискування, чизельні і плоскорізнні обробітки, щілювання). Боротьбу з бур'янами здійснюють за допомогою культур, розміщених у сівозмінах, і

проміжних культур, ущільнених посівів, покривних культур.

Від шкідників рослини захищають ентомофаги: сонечка, трихограма, хижі кліщі (фітосейулюс), а також біопрепарати. Проти колорадського жука застосовують грибний препарат боверін.

У боротьбі з комахами широко використовують інсектициди рослинного походження і слаботоксичні препарати. Особливу увагу приділяють внесенню різних компостів, виготовлення яких має велике гігієнічне значення, оскільки під час компостування інактивується багато збудників хвороб.

За високої температури в компостному бурті гинуть бактерії, які спричинюють пошкодження культурних рослин, а насіння багатьох бур'янів втрачає схожість. У готовий компост іноді додають калійні і фосфорні добрива. В ґрунт також вносять місцеві добрива (вапняки, дефекація тощо). Пестициди практично не застосовують (до 1-2 %).

4.16. Технології, що передбачають елементи органобіологічного та біодинамічного землеробства

Органобіологічне землеробство поширене у Франції та Швейцарії. Основна його ідея полягає в тому, що мінеральні речовини з ґрунту поглинаються у формі не лише іонів, а й макромолекул (мікросом) і служать поживними речовинами для ґрунтових мікроорганізмів, які переробляють важко засвоювані сполуки на легкодоступні для рослин форми. Тому головне в органобіологічному землеробстві – підвищення родючості ґрунту за рахунок регулювання живлення рослин, активування ґрунтової мікрофлори, для чого компости вносять поверхнево, а під час обробітку верхніх шарів намагаються зберегти структуру ґрунту. Захист рослин від шкідників і хвороб здійснюється подібно до того, як і в органічному землеробстві. Властивості ґрунту поліпшують, насамперед, вирощуванням трав'яних бобово-злакових сумішей у сівозміні. Зелена маса трав'яної суміші є, крім того, добрим кормом. Якщо в господарстві немає тварин, неодноразово скошувану зелену масу вивозять і компостують. Безпосереднє внесення зеленої маси в ґрунт вважається нераціональним. Як і за органічної системи, не виключають можливість застосування місцевих добрив (вапняки, силіції, бентоніти, фосфати, рогове борошно, кісткове борошно), які містять у своєму складі мінеральні елементи у важкорозчинній формі.

Біодинамічне землеробство є одним із найбільш розвинених у Європі (Німеччина, Швеція, Данія) напрямів альтернативного

землеробства. Основоположниками теорії цієї системи є німецькі вчені Рудольф Штайнер і Марія Тун та австралійський учений Алекс Подолінський. З початку свого становлення, воно об'єднувало біологічні, екологічні, технічні та соціальні аспекти сільського господарства. В цій системі враховуються не лише природні, тобто земні, а й космічні фактори. Обробіток ґрунту, сівба, догляд за рослинами здійснюються в сприятливі періоди, настання яких зумовлюється розміщенням Місяця в тому або іншому зодіакальному сузір'ї.

В основі біодинамічного землеробства лежить не просто відмова від хімізації виробництва, а прагнення створити таку систему вирощування рослин, яка забезпечила б їх стійкість до всіх несприятливих умов. З 1928 р. прихильники біодинамічного землеробства організували продаж сертифікованих продуктів харчування (продукція відповідних фірм має назву «Деметр»). Проблему землеробства вони розглядають комплексно, тобто сільське господарство – людина – навколишнє середовище – космос, а також їх взаємовплив.

Теоретичні основи біодинамічної системи зводяться до двох положень:

1) за допомогою біодинамічних методів необхідно поєднати землеробство з цілісним ритмом Землі. Обробіток ґрунту, сівбу, догляд за посівами слід здійснювати у сприятливі періоди, настання яких зумовлюється розміщенням Місяця в тому чи іншому зодіакальному сузір'ї. Взаємне розміщення небесних тіл рекомендують також враховувати для організації боротьби з бур'янами, приготування компостів;

2) спеціальні біодинамічні препарати мають надавати рослинам необхідну силу й активувати певні процеси у ґрунті. «Гумусні» препарати готують із рогів тварин і гною, «силіцієві» – з розмеленого кварцу. Даним препаратам, які застосовують у дуже розбавленому вигляді, приписують особливі властивості. Крім того, є так звані «компостні» препарати, що регулюють живлення і розвиток рослин, їх готують із різних рослин – деревію, кропиви, ромашки лікарської, дубової кори, валеріани тощо, а потім змішують з гноєм. Витяжки, відвари і продукти бродіння з рослин використовують як добрива, стимулятори росту та для захисту рослин від бур'янів і хвороб. Найбільш поширені препарати з кропиви і польового хвоща.

Мінеральні добрива і пестициди не застосовують зовсім. Біодинамічна система не підвищує урожайність, зате поліпшує його

якість, робить рослину стійкішою до хвороб і шкідників, продовжує термін якісного зберігання продукції. Найпоширеніший препарат біодинамічної системи № 500. Вихідним матеріалом для таких препаратів є свіжий коров'ячий гній, деревій звичайний, ромашка лікарська, кропива дводомна, дубова кора, кульбаба лікарська, валеріана лікарська, хвощ польовий. Боротьба зі шкідниками і хворобами здійснюється з допомогою мікробіологічних та ЕМ - препаратів. Для захисту овочевих культур застосовуються мікробіологічні препарати Планріз, Триходермін. У боротьбі з колорадськими жуками допоможуть Колорадоцид, Бітоксібацилін, Актофіт. Від фітофтори ефективний Різоплан.

Ферми, де ведеться біодинамічне землеробство, намагаються забезпечити себе природними добривами і кормами. Елементи біодинаміки наводяться в астрологічних календарях.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке сучасна технологія вирощування у рослинництві?
2. Охарактеризуйте основні принципи сучасних технологій вирощування.
3. Енергетичні засоби та їх використання в агротехнологіях.
4. Поняття про біоетику та «біосферне мислення».
5. Охарактеризуйте особливості вибору технології обробітку ґрунту.
6. Поняття про оптимальну та рівноважну щільність ґрунту.
7. Охарактеризуйте типи стану ґрунту за щільністю.
8. Поняття про технологію strip-till.
9. Функціональне призначення обладнання для strip-till.
10. Охарактеризуйте досвід Німеччини у застосуванні технології смугового обробітку (strip-till).
11. Переваги та переваги strip-till технології порівняно із іншими технологіями обробітку ґрунту.
12. Недоліки застосування смугового і нульового обробки ґрунту.
13. Як класифікуються технології вирощування польових культур за рівнем інтенсифікації?
14. Інтенсивні та індустріальні технології вирощування сільськогосподарських культур, їх характеристика.
15. Українська та зарубіжна індустріальна технологія вирощування цукрових буряків.
16. Екстенсивна технологія, її значення та основні складові.
17. Вкажіть основні недоліки та переваги застосування екстенсивної

технології?

18. Проміжні або інтегровані технології вирощування, їх значення та застосування.

19. Що передбачає застосування індустріальної та інтенсивної технології вирощування.

20. Охарактеризуйте особливості застосування ресурсо- та енергоощадних технологій.

21. Нанотехнології та їх вплив на екосистеми.

22. Технологія No-till значення та перспективи застосування.

23. Переваги та недоліки застосування No-till технологій.

24. Грунтозберігаючі технології, їх значення та використання.

25. Вкажіть на чому базуються ґрунтозахисні технології вирощування?

26. Охарактеризуйте використання побічної продукції при Mini-till.

27. Вкажіть елементи ризику при застосуванні ґрунтозахисних технологій.

28. Екологічно чисті технології вирощування польових культур.

29. Технології із застосуванням ГМО та біотехнології.

30. ЕМ – технології та їх використання в рослинництві.

31. Особливості використання ЕМ – препаратів на основних сільськогосподарських культурах.

32. Основні принципи технології MAS tech.

33. Адаптивні та адаптовані технології вирощування.

34. Органічні технології значення та поширення.

35. Органобіологічне та біодинамічне землеробство.

36. Застосування МХ-технологій у рослинництві.

РОЗДІЛ 5. ТОЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО, ДІДЖИТИЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕТОДИ ЦИФРОВОГО МОНІТОРИНГУ В РОСЛИННИЦТВІ

5.1. Історична довідка застосування цифровизації в технологіях виращування рослинницької продукції

В історичному плані спроби застосування обстеження поверхні Землі, яке можна було використовувати у різних галузях народного господарства розпочалися з моменту, коли людство отримало можливість літати. Використання даної інформації на початкових етапах передбачалось у військовій сфері.

З появою літальних апаратів, які здатні досягати значної висоти, у 1955 році (програма U-2 Locksheed (Dragon Lady)) інтенсивно почали використовувати аеророзвідку для суцільного обстеження великих територій. При цьому літаки-розвідники могли з висоти біля 21 км робити зйомку з роздільною здатністю 0,76 м. Унікальна камера із запасом плівки 1800 м давала змогу зняти смугу завширшки 150 км і завдовжки 3000 км (О. Л. Зозуля та ін., 2023).

Можливості ефективного зондування поверхні Землі розширилися із освоєнням космосу. Уже перший супутник-розвідник Corona зробив більше фотографій, ніж усі попередні польоти літаків у програмі U-2. Проблемами такого зондування була висока вартість плівки для фото та тривалий період опрацювання отриманих даних.

З 1964 року за допомогою супутника Nimbus із сімейства радіометрів проводилося дослідження відбиття планети в червоних і ближньому інфрачервоному діапазонах. Паралельно NASA досліджувала земні ресурси за допомогою Earth Resources Technology Satellite (ERTS), що було фундаментом для Landsat program. Це фактично один із перших прикладів використання датчиків, які мали мінімальну спектральну роздільну здатність, але вони реєстрували смуги відбиття в червоному і ближньому інфрачервоному діапазоні, корисні, для розрізнення рослинності і хмар.

З середини 1970-х років з'явилися технології цифрової передачі даних (фотографії), що розширило можливості супутникового обстеження та зменшило вартість його проведення. З цього періоду розпочинається використання цих технологій не лише у військовій сфері. У 1972 році NASA провела дистанційне зондування Землі для

збору інформації про її природні ресурси, за допомогою супутника ERTS, який був перейменований на Landsat-1 (Earth Resources Technology Satellite).

З цього періоду для сільського господарства різко збільшилась кількість наукових обстежень, геології, картографії, лісництва й інших сфер науки про природу. Почалося використання мультиспектральних камер для збору та аналізу даних про стан Землі. Спектральна камера досить дорого коштує і потребує спеціального програмного забезпечення, крім того для оцінки стану посівів, потрібні літальні апарати, які можуть використовувати ці камери.

Розпочинаються дослідження біофізичні характеристики рослинності пасовищ на протязі вегетаційного періоду. Аспірант Дональд Дірінг, його науковий керівник доктор Роберт Хаас та математик доктор Джон Шелл розробили коефіцієнт співвідношення різниці червоних та інфрачервоних променів до їхньої суми як засіб для регулювання або «нормалізації» ефектів відбиття рослинності, який дістав назву **індексом рослинності** (інший варіант – перетворення квадратного кореня відношення суми різниці, індекс трансформованої рослинності). В подальшому інші фахівці з дистанційного зондування формулювали просте співвідношення червоного / інфрачервоного випромінювання та інші спектральні співвідношення як індекс рослинності, вони зрештою сформулювали визначення **нормалізованого диференційного (різницевого) індексу рослинності (RVI)** (О. Л. Зозуля та ін., 2023).

У дистанційному зондуванні Землі, одним із перших, було використано індекс RVI у вигляді **формули**: $RVI = \frac{p_{\text{бч}}}{p_{\text{ч}}}$

де $p_{\text{бч}}$ – значення ближнього червоного спектра, $p_{\text{ч}}$ – значення червоного спектра сонячної енергії.

В 1973 році Джон Роуз із колегами запропонував використання індексу NDVI (**Normalized Difference Vegetation Index, нормалізований відносний індекс рослинності**). Використання даного індексу дозволило в аграрному виробництві набрати практичного значення методам дистанційного зондування. На першому етапі методам дистанційного зондування використовувалися для прогнозування врожайності, пізніше із появою нових індексів, приладів, більшого доступу до баз даних ці методи почали широко використовувати для поточного моніторингу посівів, оцінки стану їх розвитку.

Сучасні підходи до інтерпретації даних значно розширили використання супутникових знімків в аграрному секторі, а розвиток

безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та приладів для них зробив дистанційний моніторинг ще ефективнішим, дозволяючи отримувати точнішу та частішу інформацію про стан посівів і ґрунтів, використовуючи різноманітні датчики й методи аналізу, що знижує витрати на моніторинг та підвищує продуктивність аграрного виробництва. Наприклад детальніша, з високою роздільною здатністю зйомка посівів із використанням різних типів камер (спектральні, РОВ, тепловізори тощо).

Починаючи із кінця 1990-х років за кордоном почали активно розвиватися комплексні технології виробництва сільськогосподарської продукції (Precision Farming), в яких вивчалися можливості використання досягнень науково-технічного прогресу для якісного виконання елементів технології та контролю за ростом і розвитком рослин. Інтенсивно розвивається мікроелектроніка, інформаційна і телекомунікаційна техніка, з'являються прилади із штучним інтелектом, які допомагають швидко й точно визначати різні агрономічні параметри (стан ґрунту, доступність елементів живлення, фізіологічні параметри стану рослин тощо).

5.2. Система точного землеробства та перспективи її впровадження в Україні та Світі

Бурхливий розвиток в останні роки обчислювальної техніки та інформаційних технологій, точних геоінформаційних та картографічних систем створив умови для поширення досягнень інформатизації на сферу виробництва продукції рослинництва з метою її оптимізації.

Національний бізнес починає широке впровадження інформаційних технологій у сільському господарстві. На разі можливості екстенсивного та інтенсивного розвитку рослинництва практично вичерпані. Гостро постала проблема розумного використання наявних природних ресурсів, збереження їх для наступних поколінь.

Керівники господарств найчастіше навіть не знають точних розмірів власних посівних площ, що обумовлено їхньою постійною зміною, у силу різного роду природних й адміністративних процесів. Відновлення картографічного матеріалу, що раніше здійснювалося на гроші держави, практично припинилося. Робота здійснюється на підставі карт 10-15 літньої давності, що не відображає реалії сьогодення. Крім того, змінюються характеристики ґрунтів і вегетації на різних ділянках полів, а також від ділянки до ділянки.

Основні можливості збільшення продуктивності рослинництва тепер пов'язують із суворим виконанням рекомендацій науково-обґрунтованої інтенсивної технології щодо вимог за часом, місцем та кількістю витратних матеріалів на проведення операції. Сприяти дотриманню цих вимог повинне належне інформаційне забезпечення.

Незважаючи на теперішній кризовий стан сільського господарства України, впровадження сучасних інформаційних технологій актуальне і неминуче. Воно вже почалося у найбільш міцних господарствах, число яких в Україні неупинно зростає. Зрозуміло, що впровадження потребує витрат, розробок виробництва та поставок відповідної техніки, але все це цілком під силу науковцям та виробникам України.

Застосування інформаційного підходу до управління дає змогу на основі науково-обґрунтованої технології для обраної культури визначити та реалізувати у господарстві оптимальну технологію формування врожаю, адаптовану до місцевих умов (рис. 21).



Рис. 21. Компоненти системи точного землеробства (за даними компанії Frendt)

Моніторинг забезпечує контроль за дотриманням технології під час робіт у полі, прогноз врожаю та корективи запланованих дій, спрямованих на врахування реальних умов, які складаються у вегетаційний період, включаючи організацію збирання

врожаю (В. П. Гарам, А. О. Пашко, 2005).

Система точного землеробства (СТЗ) дає змогу не лише отримувати конкурентно спроможну продукцію високої якості, а й знижувати шкідливе агротехногенне навантаження, за рахунок зменшення витрат пестицидів, добрив тощо. **Точне землеробство** (*Precision Farming (Agriculture)*) – це система взаємоузгоджених заходів, що ґрунтуються на оптимізації використання засобів інтенсифікації (насіння, добрив, засобів захисту, регуляторів росту рослин) та агрозаходів на конкретній ділянці поля, відповідно до вимог певної сільськогосподарської культури, стану ґрунту і збереження навколишнього середовища, враховуючи унікальні особливості кожної елементарної ділянки поля.

В той же час Міжнародне товариство з точного землеробства (The International Society of Precision Agriculture) в 2019 році запропонувало свій варіант визначення: «**точне землеробство** – це стратегія управління, яка збирає, обробляє й аналізує часові, просторові та індивідуальні дані та поєднує їх з іншою інформацією для підтримки управлінських рішень відповідно до розрахункової мінливості для підвищення ефективності використання ресурсів, продуктивності, якості, прибутковості та сталості сільськогосподарського виробництва». Зрозуміло, що одним із складників точного землеробства має бути цифрова агрономія (О. Л. Зозуля та ін., 2023).

18. Зростання врожайності кукурудзи в США завдяки удосконаленню агротехнологій

1970 рік	2016 рік	Мета на 2050 рік
Урожайність – 4,50 т/га	Урожайність – 10,40 т/га	Урожайність – 20,00 т/га
Гібридне та ГМ-насіння – 53 %	Диференційоване внесення добрив – 19 %	Всі елементи технології вирощування із використанням точного землеробства та діджиталізації
Інші поліпшення - 6 %	Зниження ущільнення ґрунту – 13 %	
	Ефективне зрошення – 11 %	
	Диференційований посів – 13 %	
	Диференційоване внесення ЗЗР – 4%	
	Інше – 12 %	

Світовий досвід необхідності удосконалення технологій

виращування сільськогосподарських культур приведено на прикладі Сполучених Штатів Америки (табл. 18).

Із даних таблиці 18 видно наскільки істотним є використання досягнень науково-технічного прогресу для реалізації генетичного потенціалу продуктивності сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи.

Впровадження точного землеробства визначаються спеціалізацією господарств, рівнем розвитку культури землеробства (типом господарства), фінансового забезпечення та рівня знань головних спеціалістів.

Компанія Френдт запропонувала розділити сільськогосподарські підприємства України на **три типи**: інтенсивні, середньо-інтенсивні та екстенсивні господарства (табл. 19 та рис. 22).

Інтенсивні господарства найбільш поширені серед комерційних агропідприємств України. Високі рівні продуктивності сільськогосподарських культур досягаються завдяки ефективному використанню добрив, ЗЗР, обробітку ґрунту сучасною технікою, посіву високоврожайних сортів або гібридів тощо. Звичайно, що в умовах інтенсифікації застосування агрохімікатів підвищується навантаження на навколишнє середовище, але відхилення від таких технологій в бік екологічно чистих може викликати скорочення виробництва сільськогосподарської продукції. Зменшити екологічне навантаження від інтенсивних технологій може застосування елементів точного землеробства.

Середньо-інтенсивні господарства це перехідний тип господарств, які не в змозі розширювати земельний банк і тому змушені оптимізувати використання ресурсів та впроваджувати нові технології лише в системі обробітку ґрунту.

Екстенсивні господарства це господарства які розвиваються в переважній більшості за рахунок збільшення земельного банку та кількості використаних ресурсів, особливо природної родючості ґрунтів.

Впровадження точного землеробства буде ефективним, якщо господарство планує здійснювати постійні інвестиції у розвиток, проводити капіталізацію виробництва, вивчає можливості використання, сучасної високоефективної техніки, матеріальних ресурсів в умовах інноваційного прогресу, змін клімату, зростання вартості засобів виробництва та паливо-мастильних матеріалів, ефективного використання та зменшення ролі людського фактору у виробничих

процесах.

19. Характеристика аграрних господарств України

Параметри	Тип господарств		
	Інтенсивні	Середньо-інтенсивні	Екстенсивні
Інвестиції у бізнес	Постійні	Нерегулярні	Відсутні
Вдосконалення процесів	Постійне	Нерегулярне	Відсутнє
Професійний рівень фахівців	Високий	Середній	Низький
Технічний парк	Сучасний	Нормальний	Застарілий і переважно базовий
Рівень автоматизації	Високий (координація дій на відстані)	Початковий	Відсутній
Технологія землеробства	Інтенсивна	Оптимальна	Мінімальна або базова
Товарно-матеріальні цінності	Преміум або високого цінового класу	Середнього цінового класу	Дешеві та малоефективні
Врожаї та прибутки	Найвища врожайність та прибуток	Середня врожайність та прибуток	Мінімальна врожайність та прибуток

Характерною особливістю поширення різних типів господарств є певна зональна особливість (див. рис. 22)

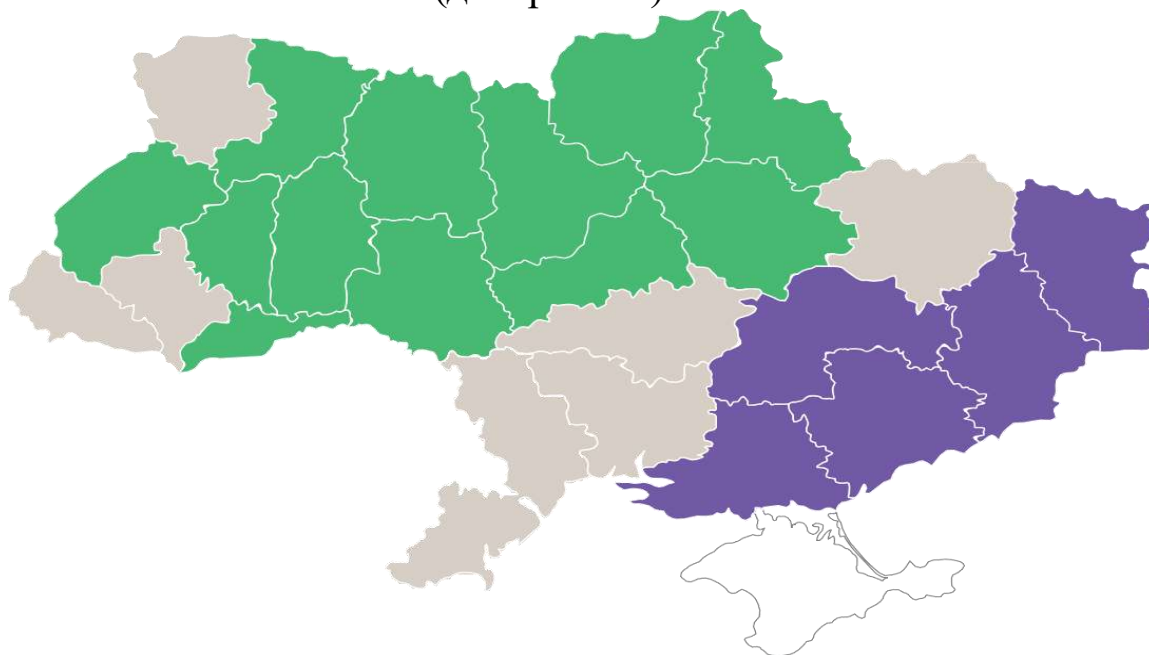


Рис. 22. Порівняння господарств різних типів

Із даних рисунка 22 видно, що найбільша частина інтенсивних господарств знаходиться в Лісостеповій ґрунтово-кліматичній зоні. Середньо-інтенсивні господарства переважають в південній частині нашої країни, а екстенсивні господарства мають лише обмежене поширення.

Європейський досвід впровадження точного землеробства також сприяє популяризації його поширення в Україні. В межах Європейських країн також відмічається різниця у темпах впровадження точного землеробства, зокрема в Західній Європі спостерігається широке впровадження точного землеробства з високим обсягом виробництва аграрної продукції, а у Східній Європі лише починається його впровадження але спостерігаються високі темпи.

В 2019 році Північна Америка показала високі темпи впровадження точного землеробства, за рахунок урядової підтримки впровадження сучасних агротехнологій та наявності розвиненої технологічної інфраструктури.

У Азійсько-Тихоокеанському регіоні відмічені найшвидші темпи застосування точного землеробства, особливо в Китаї, Індії та Австралії, перш за все за рахунок зростання чисельності населення і відповідно потреби в продуктах харчування та економічне росту даних держав.

За оцінкою Всесвітнього економічного форуму, якщо 15-25 % фермерських господарств перейдуть на систему точного землеробства, то до 2030 року врожайність у світі збільшиться на 10-15 %, викиди парникових газів скоротяться на 10 %, а використання води – на 20 %.

У Світі 40 % полів удобрені надмірно, спостерігається щорічно 15-20 % втрат врожаю сільськогосподарських культур через неправильне та не збалансоване внесення добрив. Наприклад внесення азотних добрив у світі за останні 50 років збільшилось на 800 %, за незначного зростання внесення інших елементів живлення.

Сільське господарство є одним з найбільших факторів, що спричиняють зміни клімату. На його частку припадає 26 % викидів парникових газів, що генеруються людством, це другий за величиною забруднювач у світі після енергетичного сектора.

Глобальне потепління супроводжується зростанням температури, частоти появи повені та посухи, зниженням врожайності сільськогосподарських культур.

За прогнозами експертів очікується, що зміна клімату знизить продуктивність світового сільського господарства на 17 % до 2050 року.

Протягом останніх років в Україні зростає інтерес до нових

технологій в сільському господарстві, зокрема і точного землеробства. На ринку України працюють близько 70 українських та міжнародних агростартапів, серед них: FlyAgData – рішення для накопичення, зберігання, візуалізації та аналізу усіх даних в одному місці; Fieldbi – стартап, що розробляє комплексну систему управління агробізнесом; Kray Technologies – розробник дронів для обприскування посівів; BIOsens – розробник мобільної лабораторії для тестування якості продуктів харчування. Великі українські агрохолдинги, такі як Kernel, МХП, «ІМК», UkrLandFarming та «Астарта-Київ», розробляють інноваційні продукти, запускають акселератори та співпрацюють з місцевими й зарубіжними компаніями.

В Україні площі полів на яких впроваджуються елементи точного землеробства досягає 20-30 % оброблюваних площ, або близько 8 млн га. В розрізі елементів технології в агрохолдингах України точне землеробство у внесенні ЗЗР (посекційний контроль) використовується на 50 % площ, рух агрегатів із використанням систем паралельного водіння 42 % площ, внесення мінеральних добрив та під час посіву на 4 % площ, що обробляються.

Україна входить до списку країн, в яких фіксується нестача водних ресурсів, й посідає 32-е місце із 40 країн Європи за цим показником. Сучасні технології іригації дозволяють підвищити ефективність використання води та скоротити витрати вологи в посушливих та напівпосушливих регіонах.

Досить важливе значення для впровадження точного землеробства має аудит техніки конкретного господарства. Оскільки техніка та обладнання різних виробників – це додаткова перешкода для впровадження точного землеробства. Обов'язково перевіряється, чи підтримує термінал керування агрегатами, та чи можливо дообладнати причіпне обладнання пристроями для відключення секцій та для контролю норми внесення. Дуже ефективно допомагає у вирішенні даної проблеми використання **міжнародного протоколу ISOBUS**, через який взаємодіє сільськогосподарська техніка. Він дозволяє керувати всіма типами навісного та причіпного обладнання за допомогою одного терміналу. Для прикладу, якщо у вас в господарстві є трактор компанії-виробника Fendt, сівалка Horsch, обприскувач Amazone та розкидач добрив Rauch, то не потрібно тримати в кабіні 3-4 різних термінали – тепер все можна підключити через один ISOBUS.

Дуже ефективно для збору інформації у єдину систему керування, щодо контролю дозрівання культури, якості виконання поточних

технологічних процесів, розташування техніки, обсягів виконаних робіт тощо зарекомендувала себе система **FlyAgData**, що дозволяє накопичувати, зберігати, візуалізувати та аналізувати усі дані в одному місці. Перевага FlyAgData в тому, що вона сумісна з усіма основними системами Farm-менеджменту та підключається до будь-якої техніки.

Впроваджувати систему точного землеробства необхідно поступово. Неможливо запровадити за один рік перехід господарства на повну технологію точного землеробства, щонайменше на це знадобиться 3-4 роки. Експерти компанії Френдт розрахували, що вартість впровадження елементів точного землеробства для середніх фермерських господарств становить 100\$ на 1 га. Звичайно, що ці кошти не потрібно витрачати одразу, можна розбити на частини залежно від того, який з елементів точного землеробства буде впроваджуватись.

5.3. Принципи точного землеробства та етапи впровадження

За різних причин технології точного землеробства в нашій країні стали інтенсивно розвиватися лише після 2010 року, процес іде дещо повільно, але, безумовно, майбутнє – за ними.

Принципи точного землеробства надають нового змісту застосуванню інтенсивних технологій, без погіршення якості довкілля, за рахунок реалізації адаптивного потенціалу виду, сорту (гібриду), агробіоценозу, тобто їх біологічної здатності пристосовуватись до умов навколишнього середовища. Щоб реалізувати адаптивний потенціал рослин, необхідно повністю використати їхні біологічні можливості не тільки для підвищення потенційної продуктивності за сприятливих умов середовища, а й для збільшення екологічної стійкості (протидії суховіям, посухам, морозам, низьким температурам). За таких умов зростатиме потенційна продуктивність сорту (гібриду), агробіоценозу, що розуміється як вирішальний чинник збільшення врожайності.

Науково-технічний прогрес дає змогу широко застосовувати в сільському господарстві сучасні технології планування та використання агротехнологій. Сьогодні інтенсивно використовуються бортові комп'ютери, GPS-приймачі, методи дистанційного зондування, геоінформаційні системи (ГІС).

Одним із головних шляхів вирішення завдань землеробства є просторово-часова оптимізація умов для рослин (**точне землеробство**). Для цього потрібно, **по-перше**, забезпечити рівномірне розміщення

рослин у полі, що за рядкової сівби означає – на однаковій відстані. Цим створюють однакові площу й об'єм живлення для рослин. **По-друге**, добрива, пестициди необхідно вносити так, щоб забезпечити рівноцінні умови для рослин.

Однак, високі точність і рівномірність застосування засобів інтенсифікації, внаслідок використання досконалішої техніки, не гарантують створення однакових умов для рослин, оскільки на різних ділянках поля вони можуть виявитися в нерівнозначних умовах, у зв'язку з варіабельністю ґрунтового покриву і властивостей ґрунту, забур'яненості поля і заселеності його шкідниками тощо. Це, в свою чергу, може призвести до порушень темпів росту і розвитку рослин, формування різного за якістю врожаю, неодноразовості його досягання. Отже, завдання полягає у здійсненні технологічних заходів, відповідно до потреб рослин та фітосанітарної ситуації стану посівів на кожній елементарній ділянці поля, для чого потрібні його детальні картограми з даними про запас елементів живлення, наявності бур'янів, стан рослин, біологічна урожайність тощо.

Точне землеробство передбачає:

- 1) детальне картографування поля за основними агротехнічними параметрами;
- 2) координатне прив'язування машинно-тракторних агрегатів до поля;
- 3) точне виконання технологічних заходів відповідно до особливостей елементарних ділянок поля.

Точне землеробство передбачає **три основних етапи**:

- збір інформації про господарство, поле, культуру, регіон;
- аналіз інформації і прийняття рішень;
- виконання рішень – проведення агротехнологічних операцій.

Рішення цих трьох взаємозалежних задач можливо за рахунок застосування спеціалізованих технічних засобів і відповідного програмного забезпечення. Максимальна ефективність досягається в результаті побудови **комплексу програмно-технічних засобів (КПТЗ)**, що включає наступні підсистеми:

1. Апаратні засоби для точного землеробства: системи паралельного водіння; пробовідбірники й ґрунтовий аналіз; системи диференційованого внесення; датчики врожаю.

2. Моніторинг сільськогосподарських угідь: моніторинг кордонів робочих ділянок полів; агрохімічний моніторинг полів; складання карт врожайності; аналіз умов місцевості.

3. Моніторинг техніки: автоматизований збір даних на основі GPS навігації; візуалізація переміщень техніки; оперативний облік виконаних сільськогосподарських робіт.

4. Технологічне планування й управління: техніко-економічне планування; оперативне планування; оперативний облік сільськогосподарської продукції.

5. Бюджетування й фінансовий облік: бюджетування й фінансовий облік; фінансовий аналіз; консолідація даних у МСФЗ.

6. Публікація й доступ до даних через Internet.

Основними складовими СТЗ є географічна інформаційна система (FIC, GIS), диференційована глобальна система позиціонування (ДГСП, DGPS) та технологія змінних норм внесення (ЗНВ, VRT).

Географічна інформаційна система (Geographic Information System, GIS) – це система комп'ютерних апаратних засобів та програмного забезпечення, призначена для збирання та обробки даних щодо агротехнологічних параметрів елементарних ділянок поля.

Інформацію можна збирати відбиранням проб у полі (наприклад, для визначення агрохімічних показників) з наступною обробкою результатів аналізів і прив'язуванням їх до координат місць відбирання. На разі створені оптичні прилади з безконтактними датчиками, за допомогою яких в інфрачервоному випромінюванні з літаків або супутників фотографують поля. Інформація з характеристиками параметрів накопичується в базі даних (Data base), використовується для складання тематичних карт (Thematic map) урожайності, вмісту елементів живлення, норм внесення технологічних матеріалів тощо.

5.4. Цифрові технології в системі точного землеробства

Використання цифрової бази у рослинництві відбувається досить давно, що відображається у формуванні книги історії полів, прямого підрахунку кількості рослин на одиницю площі, визначенні кількості добрив на одиницю поля під запланований урожай, відсотку поширення хвороб та шкідників і т. д.

Сьогодні можливість використання великих баз даних в аграрному секторі забезпечується за рахунок використання **цифрових технологій**, які дозволяють підвищувати ефективність прийняття рішень, продуктивність праці та знижують затрати на саме виробництво.

Цифрові технології – це технології вирощування високопродуктивних посівів сільськогосподарських культур із

використанням інтернет-ресурсу, робототехніки, штучного інтелекту, аналізу великих масивів даних, електронних карт і моделей та інше для ефективного використання сучасних засобів виробництва із зниженням витрат на виробництво.

За допомогою цифрових методів можна визначати показники родючості ґрунту, використовувати непрямі методи визначення фізичних величин, які потім на основі кореляційної залежності перераховуються в агрономічні (біологічно значимі) показники, залучати штучний інтелект до формування ідеатипу рослин.

Ми можемо відмітити використання у складі цифрових технологій штучного інтелекту (ШІ). Досить відомим прикладом його використання є розпізнавання видів рослин за фотографіями або підрахунок сходів культурних рослин у сукупності інших видів рослин за допомогою комп'ютера.

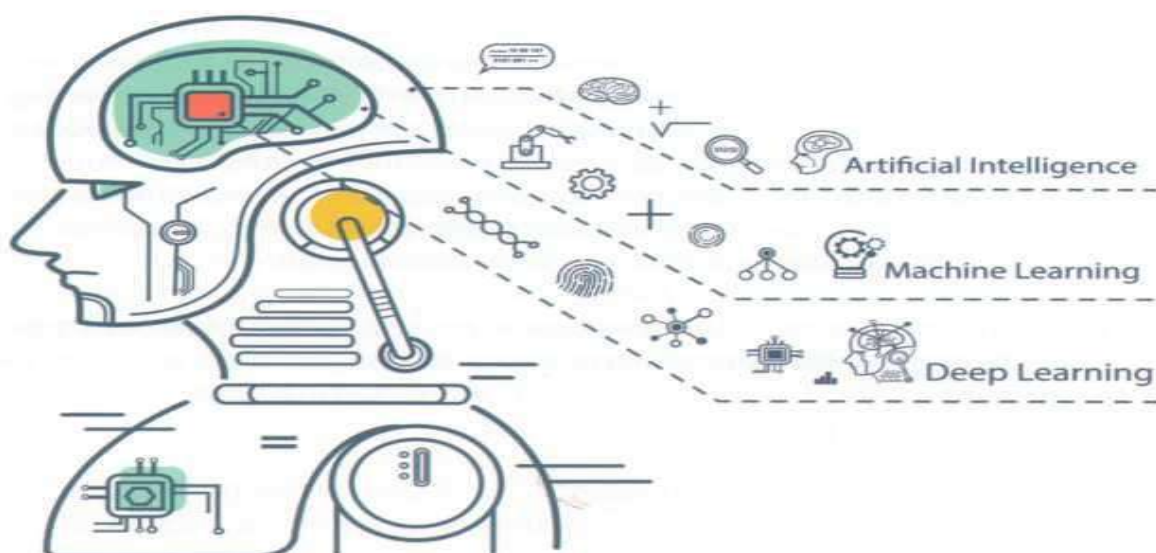


Рис 23. Схема роботи штучного інтелекту (ШІ)

Комп'ютерний зір – це напрям ШІ, який використовують для розпізнавання графічних і відеозображень. Сьогодні машинний інтелект може обробляти й аналізувати графічні дані, інтерпретувати інформацію відповідно до навколишнього середовища.

Розвиток штучного інтелекту відбувається шляхом вивчення розумових здібностей людини і перенесення результатів у сферу комп'ютерної діяльності, саму інформацію штучний інтелект отримує з різних джерел і дисциплін (біологія, інформатика, інженерія, математика, лінгвістика, психологія) (рис. 23).

Штучний інтелект передбачає створення аналітичних систем, які

мають логічну поведінку, можуть вчитися, робити прогнози і гіпотези на основі масиву даних самостійно або під наглядом людини.

Штучний інтелект у поєднанні із спектральними камерами та вегетаційними індексами може ефективно використовуватись для підрахунку сходів культурних рослин у посіві. Ґрунтується це завдання на можливостях штучного інтелекту: при отриманні великої кількості однорідних даних відокремлювати необхідні від інших показників.

Машина отримує великі обсяги даних – тисячі фотографій сходів із маркерами (мітками, ярликами), що це сходи. Потрібно створити алгоритм, за допомогою якого машина могла б по фотографії, яку «не бачила» раніше, визначити, що на ній зображено – сходи культури чи інша рослина. У ролі «вчителя» в такому випадку виступає людина, яка заздалегідь поставила маркери. Машина сама обирає ознаки, за якими вона відрізняє сходи культури від інших рослин. Тому надалі знайдений нею алгоритм може бути швидко переналаштовано на вирішення іншого завдання, наприклад на розпізнавання іншої культури або знаходження рослин кукурудзи з волоттю або без.

Для машинного навчання використовують різні технології й алгоритми, зокрема дискримінантний аналіз, байєсівські класифікатори й інші математичні методи. У кінці XX століття дедалі більше уваги почали приділяти **штучним нейронним мережам (ANN)** – система з'єднаних і взаємодіючих між собою штучних нейронів, виконаних на основі порівняно простих процесорів. Кожен процесор ANN періодично отримує сигнали від одних процесорів (або від сенсорів, або від інших джерел сигналів) і періодично посилає сигнали іншим процесорам. Усі разом ці прості процесори, з'єднані в мережу, здатні вирішувати складні завдання.

Найчастіше нейрони розташовуються в мережі за рівнями (їх ще називають **шарами**). Нейрони першого рівня – це, як правило, вхідні. Вони отримують дані ззовні (наприклад, від сенсорів системи розпізнавання осіб) і після їх обробки передають імпульси через синапси нейронів на наступному рівні. Нейрони на другому рівні (його називають прихованим, бо він безпосередньо не пов'язаний ні з входом, ні з виходом ANN) обробляють отримані імпульси і передають їх нейронам на вихідному рівні. Йдеться про імітацію нейронів, тому кожен процесор вхідного рівня пов'язаний з кількома процесорами прихованого рівня, кожен з яких, своєю чергою, – з кількома процесорами рівня вихідного. Така архітектура найпростішої ANN, яка здатна до навчання і може знаходити прості взаємозв'язки в даних.

Глибоке навчання може бути застосовано лише щодо складних ANN, що мають кілька прихованих рівнів. При цьому рівні нейронів можуть чергуватися з шарами, які виконують складні логічні перетворення. Кожен наступний рівень мережі шукає взаємозв'язки в попередньому. Така ANN здатна знаходити не тільки прості взаємозв'язки, а і взаємозв'язки між взаємозв'язками.

Як правило, залежності, що існують у сучасному світі, істотно нелінійні. Використовувати для їх встановлення лінійні моделі недоцільно через низькі рівні відповідності та варіабельність результатів. З цих причин розробка простих нелінійних моделей, які можна привести до лінійних, теж не дозволяє здійснювати ідентифікацію залежностей із потрібною точністю. Тому коли виникають складності в забезпеченні адекватності представлення процесів сучасного світу простими математичними моделями, використовують **штучні нейронні мережі (НМ)**.

Штучні нейронні мережі мають такі переваги, щодо вирішенні завдань агропромислового комплексу, як ефективна робота у розподілених системах із великою паралелізацією обчислювальних процесів, що дозволяє обробляти великі масиви даних, можливість вирішення надскладних завдань, серед яких **кластеризація** посівів сільськогосподарських рослин відповідно до їхнього рівня фітосанітарного стану, прогнозування можливого прибутку від реалізації сільськогосподарської продукції залежно від стану посівів, погодних умов і фінансової ситуації на зовнішніх ринках, формування однотипних утворень та здійснення уточненої ідентифікації невідомих залежностей.

Загалом, нейромережі найчастіше використовують у завданнях розпізнавання. Наприклад, апарат нейромереж використовується в гугл-пошуку, коли шукають фото, або в камерах телефонів, коли визначається місцезнаходження людини, тощо. Ще одним прикладом використання штучного інтелекту це можливість відрізнити рослини з волоттю та без на ділянках гібридизації для «кастрації» материнської лінії. Цю програму пропонує китайська компанія EAVision. Після того як машина навчилася відрізняти рослини з волоттю і без, програма здатна не лише показати рівень якості видалення волоті, а й указати місця на полі, де необхідно підчистити.

Мультиспектральна камера дозволяє відрізнити живі рослини від сухого рослинного матеріалу, каміння, ґрунту, за рахунок того що нежива матерія активно поглинає інфрачервоне випромінювання, тоді як здорові рослини його активно відбивають.

Нейромережа – математична модель, яка імітує структуру і функціонування нервових клітин живого організму, являє собою множини з певним чином з'єднаних нейронів. Якщо перевести принцип на технологічну основу, то нейронна мережа – це безліч процесорів (комп'ютерів), які виконують єдине завдання в масштабному проєкті.

Завдяки такій структурі НМ має здатність до запам'ятовування, аналізу, узагальнення інформації та прогнозування. Можна наближено вважати штучну НМ машинною реалізацією мозку людини, у якому містяться мільярди нейронів, що передають інформацію у вигляді електричних імпульсів.

Нейронні мережі бувають **прямоzv'язними, повноzv'язними та мережами з оберненими зв'язками**. Найчастіше використовуються мережі з прямим поширенням сигналів та рекурентні нейронні мережі. У **мережах першого типу** кожен нейрон попереднього шару з'єднано з кожним нейроном наступного шару, сигнали йдуть зліва направо; у **рекурентних мережах** нейрони останнього шару з'єднано певним чином із нейронами попередніх шарів.

Розглянемо складники і параметри нейронних мереж для розуміння їх роботи. Елементарною одиницею штучної нейронної мережі є **штучний нейрон**, який оперує даними на вході і передає їх далі. Якщо нейромережа складається з великої кількості нейронів, використовують термін «**шар**». Відповідно є вхідний шар, який одержує дані, n прихованих шарів (у звичайних прямо-zv'язних мережах їх, як правило, не більше ніж три), які їх обробляють, та вихідний шар 1 – шар результатів. Нейрони мають входи і виходи, у нейронів вхідного шару значення на вході збігаються із значеннями на виході. Для інших нейронів на вхід надходять сумарні зважені дані з усіх нейронів попереднього шару, після чого знаходиться значення функції активації, яке подається на вихід нейрона.

Здебільшого на виході нейронів знаходяться значення в діапазоні $(0,1)$ або $(-1,1)$. Для коректної роботи нейромереж у таких випадках потрібно нормувати вихідні дані.

Для біологічних нейронів важливий **синапс** – спеціальне з'єднання між двома нейронами або між нейроном і цільовою клітиною. У **штучних синапсів** є один параметр – **вага**. Завдяки синапсу вхідні дані змінюються під час передачі від одного нейрона до іншого. Якщо припустити, що є три нейрони, які передають дані до наступного шару, то є і три вагові коефіцієнти, відповідні кожному з цих нейронів. У того нейрона, де ваговий коефіцієнт матиме найбільше значення, відповідні

дані відіграватимуть найбільшу роль для наступного нейрона (приклад – змішування кольорів). Насправді сукупність вагових коефіцієнтів нейронної мережі або матриця терезів – це своєрідна пам'ять усієї системи. Саме завдяки вагам вхідні дані обробляються і перетворюються на результат. Під час ініціалізації нейронної мережі значення вагових коефіцієнтів ініціалізуються випадковим чином.

Нейронна мережа в процесі роботи перетворює вхідні рецепторні сигнали на вихідні. Вхідні дані передаються з одного шару мережі на інший аж до кінцевого результуючого шару. Після подання на вхід мережі певних даних можна спостерігати, що одержаний результат далекий від бажаного. Для того щоб вони збігалися або були близькими, нейронну мережу потрібно навчати. Навчання нейромережі полягає в **налаштуванні значень вагових коефіцієнтів**, і цей процес часто називають **тренуванням**. Як відбувається тренування мережі, розглянемо на основі кількох термінів і властивостей нейронної мережі.

Функція активації – дозволяє виконувати певну нормалізацію значення активації (зважена сума входів нейрона), їх є досить багато, найпоширеніші з них лінійна, сигмоїд (логістична) і гіперболічний тангенс, у кожної з них є свої особливості.

Лінійна функція використовується рідко, частіше у вихідному шарі нейронів і дозволяє здійснювати тестування мережі або передавати дані без перетворень.

Сигмоїд – найпоширеніша функція активації, іноді її називають логістичною, має діапазон значень (0, 1), вона дозволяє здійснювати обробку і від'ємних вхідних значень, якщо в задачі є такі дані (наприклад, курси акцій можуть іти не лише вгору, а й униз), потрібна логістична функція.

Гіперболічний тангенс використовується лише за наявності додатних, і від'ємних вхідних даних, адже область значень функції (-1, 1). Використовувати цю функцію лише з додатними значеннями недоцільно, бо результати роботи нейромережі можуть погіршитися.

Для навчання нейромереж здійснюють певні підготовчі операції – ініціалізацію параметрів і вагових коефіцієнтів, визначають потужність множини вхідних даних, розбивають вибірки даних тощо. Традиційно вибірку даних ділять на дві – **навчальну** і **контрольну**. Найпоширеніший, але не єдиний підхід, за якого в навчальну послідовність вибирають точки експериментів із більшим значенням дисперсії, а в контрольну – з меншим. Це пояснюється тим, що область навчання має бути якнайширшою, а контрольні точки в більшості своїй

повинні міститися всередині неї.

Алгоритм поділу такий:

Крок 1. Визначити відсоткове співвідношення між кількістю елементів у навчальній і контрольній послідовності.

Крок 2. Для кожного стовпчика X_i , $i = 1, \tilde{n}$ розрахувати середнє значення його елементів x_{ino} $\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ji}$ та отримати середнє значення множини образів ($X_{1no}, X_{2no}, \dots, X_{\tilde{n}no}$).

Крок 3. Знайти вибірккові дисперсії для кожного рядка таблиці за формулою $D = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_{jno})^2$, $i=1, m$

Крок 4. Для впорядкування таблиці переставити рядки так, щоб першим був рядок з найбільшим значення дисперсії, а останнім – з найменшим.

Крок 5. Відповідно до результату кроку 1 розділити дані в таблиці на навчальну і контрольну послідовності.

Якщо з використанням нейромереж вирішується завдання короткострокового прогнозу (на один такт часу вперед), то шукають ще і оптимальне співвідношення кількості образів у навчальній послідовності до кількості образів у контрольній з метою отримати найпростішу вірогідну модель.

Існують різні підходи до навчання нейромереж. Класичний підхід полягає в ітераційному уточненні значень вагових коефіцієнтів. Одна ітерація часто називається епохою. При навчанні нейромереж навчальні і контрольна вибірка можуть мінятися місцями, це лише покращує точність результату, що визначається як певна вимірювана розбіжність між очікуваними і одержаними значеннями. Помилка розраховується для кожної епохи і при правильному навчанні має спадати зі збільшенням номера епохи. Є середньоквадратичні помилки, середні абсолютні й відносні помилки тощо. Вид помилки вибирає дослідник. Принцип підрахунку помилки в усіх випадках однаковий: подаючи на вхід мережі один числовий образ, відняти від правильної відповіді одержану, далі цю різницю підносимо до квадрата або беремо абсолютну величину, після чого одержане число ділимо на кількість епох.

Існує кілька парадигм навчання нейромереж: пряма, ітераційна, стохастична тощо. Представник першої парадигми – метод навчання нейромережі шляхом знаходження вагових коефіцієнтів як розв’язання системи лінійних рівнянь. Представники другої парадигми – методи, базовані на обчисленні й використанні похідних. До третьої парадигми

належать методи, в основі яких – методи стохастичної оптимізації.

Метод оберненого поширення похибки (back propagation), в основі якого лежать ідеї градієнтного спуску, а саме спосіб знаходження локального мінімуму або максимуму функції шляхом руху вздовж графіка функції у напрямку градієнта. У цьому випадку таким є графік функції помилки. **Градiєнт** – вектор, який визначає крутизну схилу графіка і вказує напрям, у якому потрібно рухатись. Щоб знайти градієнт, потрібно знайти похідну функції в цій точці. Рух у напрямку градієнта приводить до **точки мінімуму функції**. Якщо уявити, що значення функції помилки – це лижник, а графік функції – гора, то велика помилка відповідає лижнику, який перебуває на вершині гори, а нульова помилка – лижнику в самісінькій низині.

Уявімо, що лижника переміщують за допомогою гелікоптера на гору. Наскільки високо або низько – залежить від випадку (аналогічно тому як у нейронній мережі за ініціалізації значення вагових коефіцієнтів визначаються випадковим чином). Припустимо, що лижник перебуває високо і це точка відліку, він спускається вниз у напрямку градієнта. На шляху лижника в кожній точці розраховується градієнт, який вказуватиме напрям спуску і за зміни крутизни коригується. Якщо схил буде прямий, то після n -ої кількості таких дій лижник опиниться в самому низу. Проте здебільшого схил (графік функції) хвилястий і лижник може потрапити в локальний мінімум. Потрапляння в локальний мінімум зумовить те, що лижник назавжди залишиться в цій невеликій низині і ніколи не з'їде з гори, це можливо виключити, спорядивши лижника реактивним ранцем під назвою **момент** (momentum).

Цей ранець додасть лижнику потрібного прискорення, щоб подолати невелику гору, яка утримує лижника в локальному мінімумі. Уявімо, що встановлено певне значення параметру «момент» і лижник без зусиль зміг здолати всі локальні мінімуми та дістатись глобального мінімуму. Позаяк не можна просто відключити реактивний ранець, можна «перелетіти» через глобальний мінімум, якщо поряд із ним є ще низини. Лижник однаково повернеться назад у глобальний мінімум, але варто враховувати, що чим більший момент, то більшим буде розмах, з яким лижник кататиметься по низинах.

Разом із моментом у методі оберненого поширення помилки також використовується такий параметр як **швидкість навчання** (learning rate). Інколи припускають, що більша швидкість навчання відповідає швидшому навчанню нейромережі, це не так. Швидкість навчання, як і момент, є величиною, яку підбирають експериментальним шляхом.

Швидкість навчання можна безпосередньо зв'язати із швидкістю лижника і можна впевнено сказати: тихіше їдеш – далі будеш. Проте тут теж є певні аспекти, адже якщо швидкість буде нульовою, лижник узагалі нікуди не поїде, а якщо поїде з малою швидкістю, то час у дорозі може бути великим. У разі великої швидкості лижник поїде неправильним шляхом і, може, навіть в іншому напрямку, що, як ви розумієте, тільки віддалить нас від правильної відповіді. Тому значення цих параметрів слід обирати за принципом «золотої середини».

Розгляньмо детальніше **метод оберненого поширення помилки** – основний класичний метод навчання нейромереж, його суть полягає в послідовній передачі даних (сигналів) від нейронів вхідного шару до нейронів вихідного шару, розрахунку виходу нейромережі, розрахунку помилки та коригуванні значень вагових коефіцієнтів в оберненому порядку: від нейронів останнього шару – до нейронів першого шару. Інколи використовується стохастичний метод коригування вагів.

Коригування значень вагових коефіцієнтів відбувається відповідно до методу градієнтного спуску, елементи якого описано вище. Вхідні дані можуть подаватись по черзі, випадково або пакетом.

Нейромережу можна навчати з учителем і без (supervised, unsupervised learning). **Навчання з учителем** властиве таким задачам як регресія і класифікація. У цьому випадку дослідник наче виступає в ролі вчителя, а нейромережа – в ролі учня. Учитель надає вхідні дані і вказує бажаний результат, а учень, розглянувши вхідні дані, розуміє, що потрібно прагнути до того результату, який йому надано.

За **навчання без учителя** мережа не отримує бажаний результат або їх кількість неістотна. Такий вид навчання властивий переважно нейромережам, у яких завдання полягає в групуванні даних за певними параметрами. Наприклад, якщо подати на вхід нейромережі 10000, то після аналізу всіх цих статей нейромережа зможе розподілити їх за категоріями, базуючись на словах, які часто трапляються.

Є ще один метод навчання нейромереж – **навчання з підкріпленням** (reinforcement learning). Такий спосіб застосовують тоді, коли, базуючись на результатах, одержаних від нейромережі, потрібно дати їм оцінку. Наприклад, треба навчити нейромережу грати в шахи, тоді щоразу, коли нейромережа набиратиме багато очок, її заохочуватимуть. У такий спосіб мережа почне «розуміти», чого від неї хочуть, і намагатиметься знайти якнайкращий спосіб досягнути цієї мети без постійного надання даних «учителем».

Кожен метод **навчання нейромереж параметричний**, тобто

значення параметрів впливатимуть на швидкість і точність її роботи. Часто такі значення знаходять емпіричним або експериментальним шляхом. До **таких значень належать**: момент і швидкість навчання; кількість прихованих шарів; кількість нейронів у кожному шарі; наявність або відсутність нейронів зміщення; та багато інших.

Підбір значень параметрів важливий і впливає на збіжність алгоритму навчання нейромережі. Розбіжність указує на те, чи правильно визначено архітектуру нейромережі і чи правильно було підібрано значення параметрів відповідно до поставленого завдання. Припустимо, наша програма виводить помилку нейромережі на кожній ітерації. Якщо з кожною ітерацією помилка зменшуватиметься, то все добре і алгоритм навчання нейромережі збігається. Якщо ж значення помилки матиме помітні флуктуації, то алгоритм буде незбіжним. У переважній більшості випадків ця проблема вирішується зміною значень параметрів, інакше потрібно перебрати архітектуру нейромережі.

Існує ще одна проблема з навчанням нейромереж – **перенавчання** – це стан нейромережі, перенасиченої даними. Дана проблема виникає в разі тривалого навчання мережі на одних і тих самих даних. Інакше кажучи, мережа почне не вчитися на даних, а запам'ятовувати і «зубрити» їх. Відповідно коли вже подавати на вхід цієї нейромережі нові дані, то в одержаних даних може з'явитися шум, який впливатиме на точність результату. Наприклад, якщо показувати нейромережі різні фотографії яблук (тільки червоні) і вказувати, що це яблуко, то коли на вхід нейромережі подати жовте яблуко, вона не зможе визначити, що це яблуко, бо нейромережа запам'ятала, що всі яблука повинні бути червоними. І навпаки, коли на вхід нейромережі подати щось червоне і таке, що за формою нагадує яблуко, наприклад персик, мережа визначить наявність яблука, що і є шумом.

Розгляньмо особливості використання нейромережі для прогнозування втрати врожаю на основі аналізу зміни показника індексу вегетації соняшнику. У виробництві часто виникає необхідність прискорити дозрівання соняшнику шляхом проведення десикації, особливо коли на полі спостерігається нерівномірний розвиток рослин. Дуже часто причиною нерівномірності росту і розвитку соняшнику є дефіцит вологи під час посіву в зоні проростання насіння. У регіонах із посушливим ґрунтом рослини часто сходять пізніше, після дощів. Існує також різниця в температурі ґрунту, яка рано навесні залежить від рельєфу. Десь ґрунт прогрівається швидше, десь повільніше. Внаслідок різниці температур сходи з'являються в місцях із кращим прогрівом

раніше, в інших пізніше. Щоб вирівняти час процесу дозрівання і зменшити втрати під час збирання врожаю проводиться десикація посівів.

Перед аграріями постає дилема: здійснювати десикацію й затратити додаткові кошти або зекономити, адже можливі втрати не варті додаткових вкладень на дану технологічну операцію. Щоб оцінити втрати в різних регіонах України, збираються дані втрат з-під комбайну на ділянках із різним рівнем вегетаційного індексу. Для визначення втрат урожаю на ділянках із різними вегетаційними індексами викладали спеціальні рамки, з яких після проходження комбайну забирали втрачене й осипане насіння соняшнику, зважували і перераховували втрати на гектар.

За даними О. Л. Зозулі та ін. (2023) такі дослідження проводилися на більше як десяти полях у різних регіонах та фонах вегетаційних індексів і потенційної врожайності соняшнику. Також враховувалися відмінності у вологості зерна на початку збирання. Обробка даних з використанням методу звичайної кореляції в цьому випадку не дала однозначної чіткої відповіді. Якщо використовувати кожний окремий дослід, то спостерігалася майже лінійна залежність втрат від значення зміни індексів на різних ділянках. Проте розрахувати точну формулу цієї залежності для всього масиву даних з усіх ділянок складно, адже є дуже багато різних вхідних даних: різні значення індексів, різний фон загальної врожайності, волога насіння, марки комбайнів, різні гібриди, різні види добрив та ін.

Сучасні системи обробки інформації (SAS, IBM SPSS, Matlab, Statistica тощо) містять блок роботи зі штучними нейронними мережами. Системи дають можливість за наявними даними побудувати модель нейромережі, встановити відповідні значення параметрів мережі, зокрема кількість проміжних шарів, кількість нейронів у цих шарах, вибрати функцію активації, визначити якість моделі (статистичну відповідність моделі даним). У разі побудови моделі, яка задовольняє статистичні вимоги, дослідник отримує можливість зберегти модель для дальшого використання (зберігаються значення параметрів моделі і значення вагових коефіцієнтів) та застосовувати модель для прогнозування залежності між даними, що не увійшли в навчальну множину, на базі якої було побудовано модель.

Також сучасні системи обробки інформації дають можливість досліднику зберігати побудовану модель для дальшого використання й редагування у вигляді алгоритму, написаного однією із сучасних мов

програмування (Python, C, C++, C#, Java тощо).

Цифрова агрономія – це одержання різноманітних агрономічних параметрів (наявність елементів живлення, властивостей ґрунту, стану розвитку рослин, вологозабезпеченості та інше) шляхом знаходження кореляційних зв'язків між вимірюванням різноманітних фізичних показників (електричної напруги, спектра світла, температури й вологи тощо) й індикаторами, які використовують у землеробстві, та розрахунку їх за допомогою формул із застосуванням емпірично-статистичних методів або з використанням ШІ (О. Л. Зозуля та ін., 2023).

Водночас застосування штучних нейронних мереж вимагає великої кількості обчислювальних ресурсів.

5.5. Агрохімічне обстеження ґрунтів основа ефективного використання добрив

Як уже відмічалось у попередніх розділах підручника ґрунт є не лише високоефективним засобом виробництва та субстратом утримання рослин у вертикальному положенні але і джерелом елементів живлення, вологи для рослин та середовищем існування великої кількості мікроорганізмів.

Звичайно для ефективного використання ґрунтів нам потрібна повна та об'єктивна інформація про агрономічно-цінні властивості ґрунтів господарства та характеристика агрохімічного обстеження. Ґрунти, як і рослинний покрив, мають якісні й кількісні відмінності спектральних характеристик залежно від їхніх відмін, визначених у червоній частині спектра, ближньому, середньому і тепловому діапазонах інфрачервоного випромінювання, що дає змогу розпізнавати й оцінювати їх.

На спектральний коефіцієнт відбиття ґрунту впливають такі властивості ґрунту, як його структура, механічний склад, вологість, колір тощо.

Згідно з першими дослідженнями спектрометричних характеристик природних об'єктів було виділено чотири типи кривих СКЯ (спектральний коефіцієнт яскравості) ґрунтів:

тип 1 – крива, що рівномірно підіймається в напрямку червоної ділянки спектра ($\tau\lambda = 0,022-0,071$); $y = 1,64$;

тип 2 – крива, що рівномірно підіймається в тому самому напрямку у видимій частині спектра і з крутішим підйомом в інфрачервоній ділянці спектра. Уся крива розташована вище за криву типу 1 ($\tau\lambda = 0,064-0,270$); $y = 1,67$;

тип 3 – крива має крутіший підйом і опуклість на ділянці спектра 550-650 нм, уся крива розташована ще вище;

тип 4 – опукла крива з крутим підйомом, розташована набагато вище за всі три попередні типи ($r\lambda = 0,357-0,753$); $y = 1,95$.

Для всіх типів кривих характерно збільшення значень відбивної здатності зі збільшенням довжини хвилі. Спектральна характеристика ґрунтів виражена в червоній частині спектра, ближньому, середньому і тепловому діапазонах інфрачервоного випромінювання. Якісні і кількісні відмінності спектральних характеристик різновидів ґрунтів у цих діапазонах дають змогу розпізнавати їх і дешифрувати.

Колір ґрунтів – важлива діагностична ознака, яка характеризує різні їхні властивості. *Чорне забарвлення* – ознака значного вмісту у ґрунті вуглецю (гумусу) та сполук кальцію, магнію, оксидів марганцю, тощо. *Білий або сірий колір ґрунту* пов'язаний із високим вмістом – кварцу (кремнезему), каолініту, вапнякових матеріалів і водорозчинних солей. *Жовтий або коричневий (бурий) колір* притаманний для ґрунтів, які містять сильно збагачені оксидами заліза, зокрема лимонітом.

Варто відмітити, що на **спектральний коефіцієнт відбивання ґрунту** різних спектрів сонячної радіації впливають такі властивості, як: механічний склад, вологість, пористість, вміст органічної речовини, оксидів заліза і ґрунтових мінералів,

Механічний склад ґрунту – співвідношення у ґрунті механічних часточок різних розмірів (фракцій: фізичної глини – часточки розміром $<0,01$ мм та фізичного піску – часточки розміром $>0,01$ мм). Відповідно до механічного складу розрізняють легкі (піщані та супіщані), середні (легко- та середньо-суглинкові) і важкі ґрунти (важко-суглинкові та глинисті). Спектральна відбивна здатність ґрунту залежить від відповідного механічного складу, зокрема і здатності утримувати вологу. Крім того розмір механічних часточок ґрунту істотно впливає на відбивну здатність. Наприклад ґрунт який має велику кількість фізичної глини характеризується більш гладенькою поверхнею та відповідно більше відбиває падаючої на неї енергії.

Вміст води – з підвищенням вологості зменшується спектральна яскравість усіх ґрунтів незалежно від довжини хвилі випромінювання. Вологі й перезволожені ґрунти на багатозональних зображеннях завжди мають темніші тони, ніж аналогічні сухі ґрунти.

Пористість ґрунту – що менша пористість, то вища відбивна здатність. На нерівностях ґрунту – в порах і міжпоровому просторі – виникає багатократне віддзеркалення, що призводить до збільшення

поглинання енергії спадного потоку випромінювання і, відповідно, до зменшення реєстрованої частки відбитого потоку випромінювання.

Вміст органічної речовини (гумусу) – вміст гумусу в ґрунті впливає на його родючість, зокрема агрохімічні, водні, повітряні, фізико-хімічні й агрофізичні властивості. Залежність між вмістом гумусу і відбивною здатністю у видимому діапазоні довжин хвиль нелінійна і обернено пропорційна.

Основним компонентом гумусу і біополімером землі є органічний вуглець ґрунту (ОВГ). Ґрунт є одним з найбільших джерел вуглецю в природі. На жаль, він також є основним чинником зміни клімату. Вимірювання органічного вуглецю в ґрунті допоможе підвищити стійкість до зміни клімату, зменшити кількість CO₂ в атмосфері, покращити стан ґрунту, збільшити запаси води та її доступність для рослин, а також захистити ґрунт від ерозії. Сьогодні елементи точного землеробства дозволяють формувати 3D-карти розподілу органічного вуглецю ґрунту (В. Р. Черлінката ін., 2021).

Вміст окису заліза (Fe₂O₃) – збільшення вмісту окиду заліза сприяє істотному зменшенню відбивної здатності в короткохвильовій частині видимого діапазону спектра і збільшенню в довгохвильовій і ближній інфрачервоній області спектра.

Всі ці властивості впливають на **спектральний коефіцієнт яскравості (СКЯ)**.

Першу успішну спробу класифікації ґрунтів за кривою спектрального коефіцієнту яскравості (СКЯ) зробив Н. Р. Condit (О. Л. Зозуля та ін., 2023), який визначив **три основні типи кривих СКЯ ґрунтів**, розробив каталог (атлас) кривих СКЯ для 290 районів США і Бразилії в інтервалі довжин хвиль 0,52-2,32 мкм для різних значень вмісту вологи з описом типу ґрунту, материнської породи, кліматичних і топографічних умов у місці відбору зразка та ґрунтового горизонту, з якого його відібрано. Для отримання всієї кривої СКЯ ґрунтів він запропонував проводити вимірювання в п'ятьох «критичних» точках: 440, 540, 640, 740, 860 нм. Було встановлено кореляційну залежність між яскравістю на будь-якій довжині хвилі і яскравістю на вказаних вище довжинах хвиль.

Оцінювати ґрунти можна і за допомогою **рентгенофлуоресцентного аналізу (X-ray fluorescence spectroscopy, XRF)**, тобто методом **спектрального аналізу спектрів флуоресценції елементів**, випромінених за адсорбції високоенергетичного випромінювання, з метою отримання забезпеченості ґрунту елементами

живлення. XRF метод – один з ефективних шляхів ідентифікувати елементи живлення в ґрунті. До його недоліків можна віднести високу вартість приладів і довший період аналізу порівняно з іншими методами спектроскопії. У цих приладах використовують видимий або ближній інфрачервоний VIS-NIR (400-2500 нм) та середній інфрачервоний MIR (2500-25000 нм) спектри.

Для якісного адресного розрахунку норм (доз) мінеральних та органічних добрив необхідно враховувати агрохімічні властивості ґрунту, такі як: кислотність, наявність рухомих форм фосфору й калію, органічна речовина, сума ввібраних основ, тобто основні хімічні індекси родючості ґрунтів. Для визначення значень цих показників проводиться **агрохімічне обстеження ґрунтів**.

Агрохімічне обстеження полів дозволяє розрахувати норми внесення добрив для кожного поля та кожної культури окремо. За базового агрохімічного аналізу визначається вміст наступних елементів: N, P, K, Ca, Na, Mg, S, pH, гумус, а за розширеного ще додають B, Zn, Cu, Fe, Mn, Mo та ін.

Агрохімічний аналіз ґрунту – це швидкий, економічний та надійний спосіб визначення вмісту у ґрунтах елементів живлення, показників родючості та необхідної норми кожного елемента на кожному конкретному полі та елементарній ділянці.

На разі агрохімічне обстеження може проводитись за методиками минулого століття з використанням відбору зразків в межах елементарної ділянки (А. П. Лісовал, 2001). Розмір елементарної ділянки, тобто площа сільськогосподарського поля, що характеризується однією пробою, в загальному випадку визначається кількістю фосфорних добрив, внесених у ґрунт. Для Північно-Західного регіону вона дорівнює 5 га, якщо добрив вноситься не більше 60 кг/га діючої речовини щорічно. Якщо доза фосфору становить 60-90 кг/га, елементарну ділянку зменшують до 4-х га, якщо вноситься більше 90 кг/га, площа становить 2 га. Причому розміри й місце розташування елементарної ділянки визначаються «на око», що відповідно дає приблизний результат. Це особливо позначається на порівнянні результатів аналізу в різні роки, тому що наступного разу проба береться не в тому самому місці, що рік тому, а з погрешністю в десятки метрів або й більше.

Схожі методи обстеження сільськогосподарських полів вважаються застарілими й не відповідають вимогам часу. У багатьох сільськогосподарських підприємствах світу і в Україні зокрема, вже

використовуються високотехнологічні методи, що використовують автоматику, комп'ютерну техніку, систему глобального позиціонування (GPS) (рис. 24, 25).

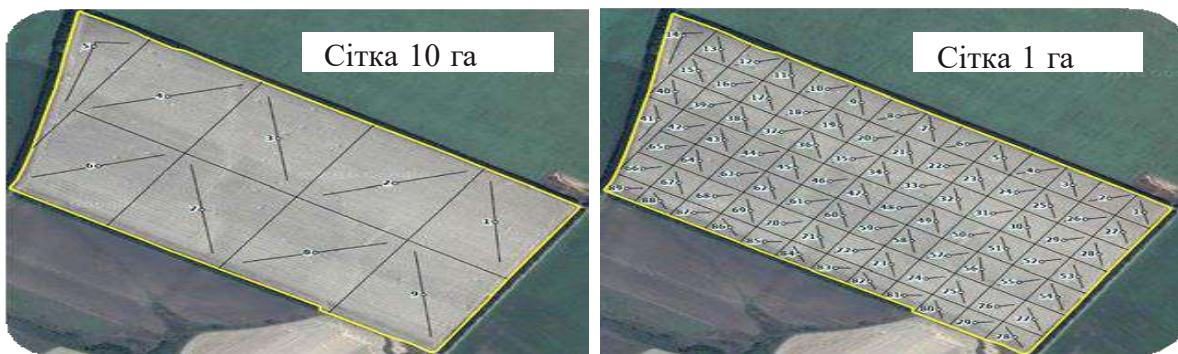


Рис. 24. Схема відбору проб

Відбір проб здійснюється відповідно до сітки, за якої все поле розділяється на рівні квадрати з найрозповсюдженішими розмірами 1, 3, 5 чи 10 га, з яких відбираються зразки. Даний метод є доцільним у випадках, коли попередніх даних про поле недостатньо.

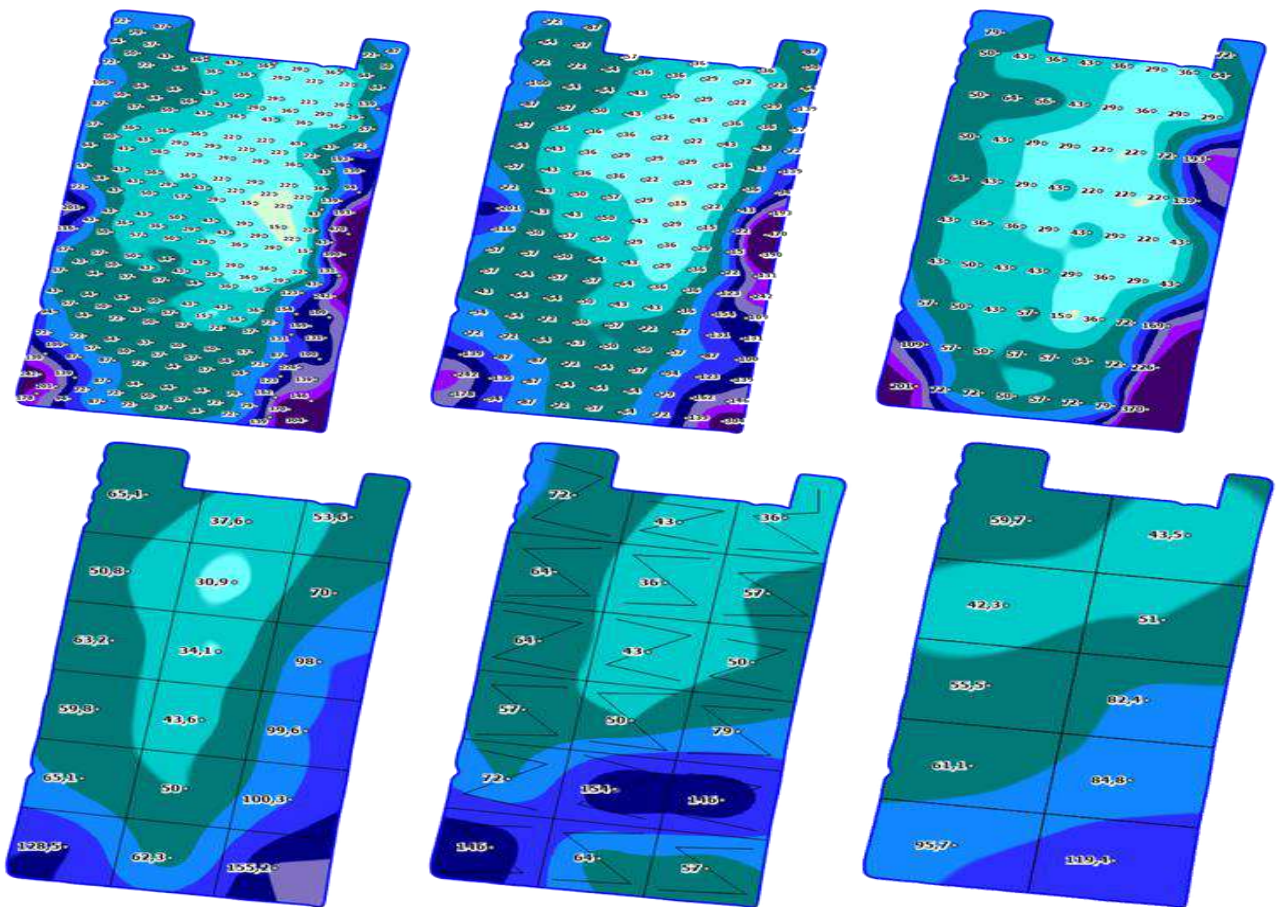


Рис. 25. Картограми вмісту фосфору в ґрунті в залежності від сітки і методу проведення відбору проб

За допомогою спеціалізованих програм (наприклад, Cropwise) створюється схема відбору зразків з GPS-прив'язкою та оптимальним маршрутом. Для відбору проб використовуються автоматичні пробовідбірники, що встановлюються на рамних транспортних засобах (рис. 25). Автоматичний відбір швидший та точніший за ручний.

Наукового-обґрунтованою періодичністю проведення агрохімічного аналізу ґрунту є 5 років, для умов застосування точного землеробства рекомендується через 2-3 роки. Відбір проб ґрунту проводять відразу після збору врожаю в тих самих географічних місцях, щоб відстежувати рівень поживних речовин і переконатися, що поживні речовини, які застосовуються відповідають цільовим показникам врожайності, враховуючи мінералізацію ґрунту та будь-які втрати поживних речовин.



Сучасні мобільні автоматизовані комплекси (рис. 26) дають змогу проводити агрохімічне обстеження ґрунтів і створення електронних карт полів (із сантиметровою точністю) на високому рівні з використанням новітніх досягнень в області інформаційних технологій.

Рис. 26. Автоматичний ґрунтовий пробовідбірник Duoprob 60 (<http://agroit.com.ua/proba/33-gruntovoy-probootbornik-nietfeld-duoprob-60.html>)

Такі **комплекси** складаються з наступних функціональних **компонентів**: 1) транспортний засіб (трактор, пікап, квадроцикл); 2) автоматичний ґрунтовий пробовідбірник (глибина відбору від 10 до 120 см); 3) супутникова система позиціонування (GPS); 4) кишеньковий персональний комп'ютер або ноутбук; 5) програмне забезпечення.

Результати агрохімічного аналізу заносяться у ГІС-середовище, де табличні дані перетворюються у картограми. Отримані карти можна використовувати для прийняття управлінських рішень та створення карт-завдань для диференційного внесення добрив (рис. 27).

Зональний відбір проб здійснюється на основі матриці рельєфу, карти врожайності, індексу NDVI тощо (рис. 28). Такі схеми відбору враховують особливості поля, що дозволяє не лише оптимізувати кількість проб, але отримати повну інформацію про характеристику

грунту.

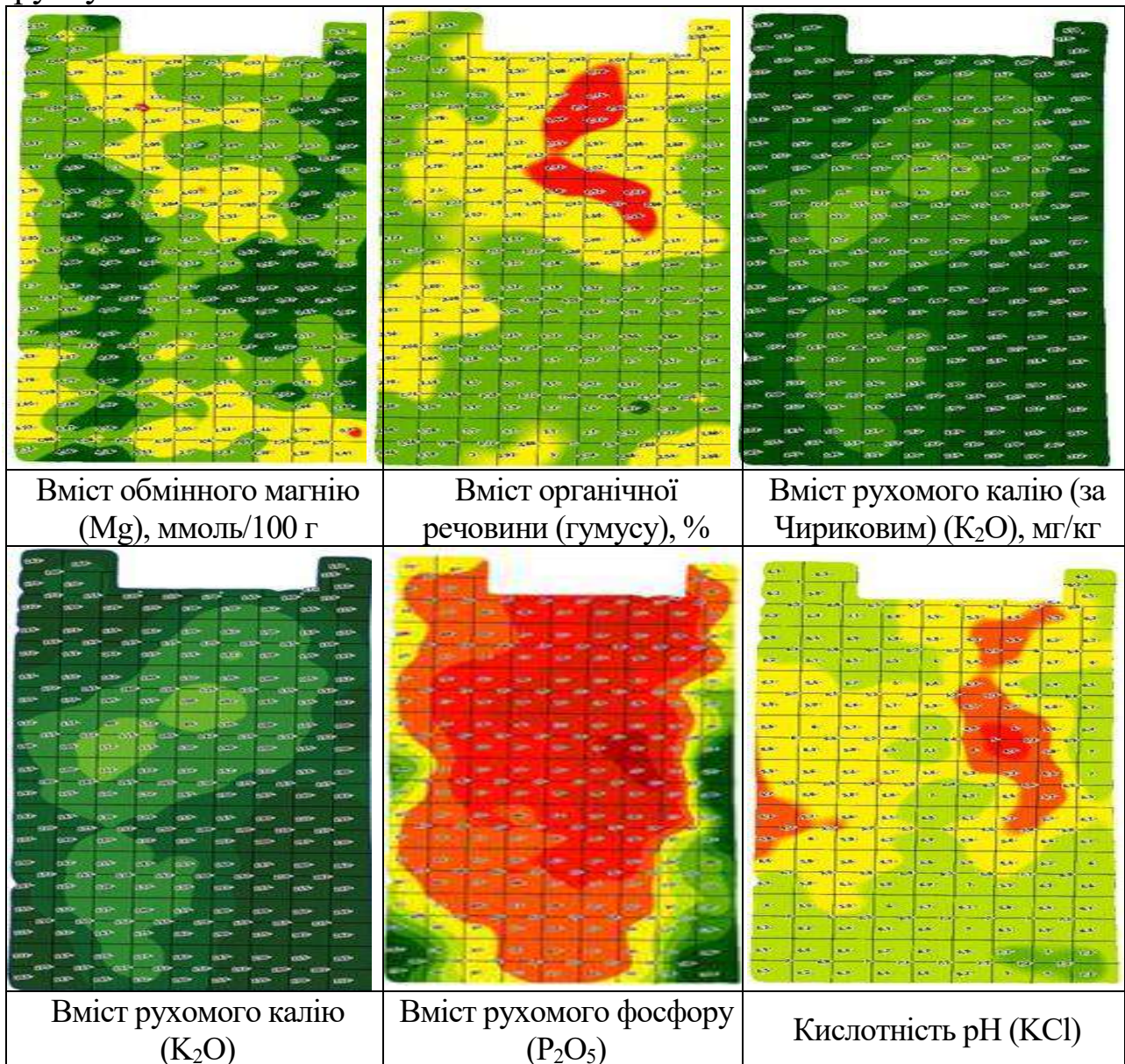


Рис. 27. Обробка та інтерпретація результатів, створення агрохімічних картограм

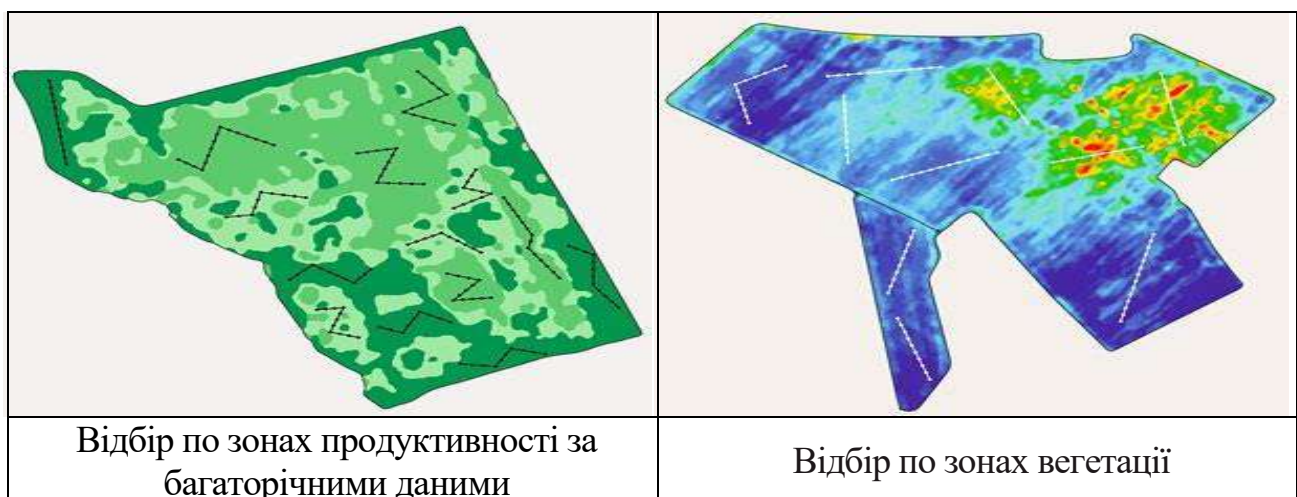


Рис. 28. Відбір по зонах продуктивності та вегетації

Для проведення якісного агрохімічного аналізу ґрунту існує велика кількість програмних продуктів наприклад компанія SWAT пропонує програмне забезпечення **SWAT MAPS** для персонального комп'ютера та мобільний додаток до телефону **SWAT RECORDS** (рис. 29), які поєднуються із мобільним **сканером SWAT BOX**. Також високу ефективність має мобільний сканер ґрунту **TopSoil Mapper**.



Рис. 29. Мобільний додаток до телефону SWAT RECORDS

Мобільний сканер TopSoil Mapper (рис. 30) який легко монтується на вантажівку, або різноманітне сільськогосподарське обладнання.



Рис. 30. Мобільний сканер TopSoil Mapper

Сканування ґрунту може проводитись на різних глибинах – 50, 70, 90 та 110 см, зі швидкістю 50 км/год. Схема вимірювання створюється відповідно до замовлення, найрозповсюдженіші – сітка 1, 3, 5, 10 гектар та зонально. В процесі роботи TopSoil Scanner вимірює електромагнітну провідність ґрунту на різних глибинах. Результати вимірювання залежать від щільності ґрунту, наявності вологи, наявності солей.

Інтерпретація результатів відбувається в спеціалізованій програмі автоматично. Після чого отримуємо: значення щільності ґрунту на різних глибинах; показники вологозабезпечення; значення глибини ґрунту на якій спостерігається ущільнення та є необхідність рихлення. На основі отриманих даних будуються векторні карти відмінності структури ґрунту, вологозабезпечення (у відсотковому співвідношенні), карти ущільнення ґрунту, карти для проведення глибокого рихлення. Варто відмітити, що сканер Topsoil Mapper не визначає механічний склад ґрунту (піщаний, суглинковий, глинистий і т.д.).

Прилад AgroCares Nutrient Scanner (рис. 32) для ефективного агрохімічного аналізу ґрунту в польових умовах, який передбачає визначення вмісту основних елементів живлення NPK, а також вміст органічної речовини, рН. Сам аналіз проводиться в межах 30 хвилин. Спеціально розроблена програма аналізує спектральне зображення ґрунту. Потім на основі спектрального відбиття і багатьох регресійних моделей програма створює цифрові передбачення родючості ґрунту. Спектральний аналіз проводиться в інфрачервоному діапазоні хвиль – 1300-2550 нм. В процесі розробки регресійних моделей беруться до уваги аналізи зразків відібраних традиційним методом, типи ґрунту в регіонах, супутникові знімки, клімат, рельєф, типи сільськогосподарських культур тощо (рис. 31).

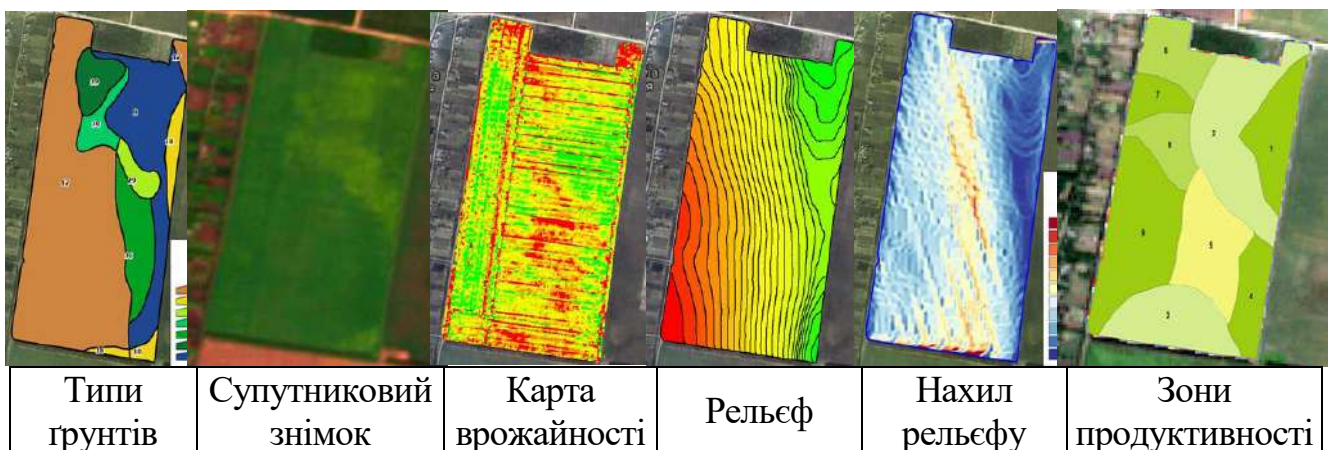


Рис. 31. Супутникові знімки поля та основні показники ґрунту від компанії Innovations quotient (IQ)

Спочатку відбираються проби ґрунту в кількох місцях поля, перемішуються і сканується за допомогою сканера ґрунту. Сканер ґрунту через Bluetooth поєднано зі смартфоном, у який необхідно завантажити спеціальний додаток. Дані зі сканера ґрунту через смартфон надсилаються на сервер компанії, де їх аналізують. Протягом 10-15

хвилин дослідник одержує на смартфон короткий звіт. Детальну інформацію з повним протоколом обстеження можна скачати в особистому кабінеті на сайті компанії.

Компанія ШАРИ та її спеціальна платформа SaaS надає всі можливості моніторингу, генерує описові та прогнозні дані для кожного користувача за допомогою налаштованих моделей ШІ, дозволяє ефективно використовувати вологу та контролювати якість формування врожаю, особливо цукрових буряків, через систему Planet надає щоденну інформацію.

Варто відмітити, що більше буде введено в сервер нових даних, то кращими будуть результати визначення параметрів з використанням штучного інтелекту.

Визначення вмісту гумусу в ґрунті можна проводити за допомогою сканування в ближньому інфрачервоному спектрі за допомогою приладу Soil Scanner, який має досить **високу** точність. Тоді як визначення гумусу в ґрунті відомим лабораторним методом потребує високовартісного обладнання, роботи пов'язано з озолуванням за температури $+800\text{ }^{\circ}\text{C}$ або окисненням ґрунту хромовою сумішшю концентрованої сульфатної кислоти (сірчаної кислоти) і дихромату калію (або натрію). Визначення базується на детектуванні вмісту С, припускаючи, що в органічній частці ґрунту С становить 58 %.



Рис. 32. Soil Scanner для визначення вмісту гумусу та основних елементів живлення в ґрунті

Після вмикання й автоматичного з'єднання зі смартфоном здійснюється контрольний замір на калібровій рамці, далі вимірювальний блок розміщують над відібраним зразком і проводять вимірювання. Вимірювання й передача даних на сервер забирає кілька

хвилин; далі на смартфон одержуються результати аналізу (рис. 32).

Для роботи із SoilScanner потрібно щороку купувати ліцензію на використання програмного забезпечення й доступу до сервісу обробки даних, при цьому кількість зразків за річною ліцензією не обмежена.

Відомі також приклади використання γ -променів для одержання інформації про властивості ґрунтів. Застосовують їх поки що переважно для ідентифікації відмін ґрунтів, величини рН ґрунтів. В майбутньому γ -променеві прилади будуть важливими для прогнозу, картографування поверхні ґрунту та виявлення низки його властивостей (A. Gastrignano, M. T. F. Wong, M. Stelluti et al., 2012; C. Dennerley, J. Huang, R. Nielson, M. Sefton & J. Triantafilis, 2018).

Вміст солей, вологості ґрунту, рН та інших показників родючості можна визначати із використанням електропровідності. **Електропровідність ґрунту** – це здатність ґрунту проводити електричний струм, яка залежить від вологості, фазового стану води, вмісту солей, температури, щільності, гранулометричного складу тощо. Кількісно характеризується коефіцієнтом питомої електропровідності ґрунту, визначається у відповідності до ДСТУ 8346: 2015 «Якість ґрунту. Методи визначення питомої електропровідності, рН і щільного залишку водної витяжки» (табл. 20).

20. Електропровідність ґрунтів та їхніх компонентів при визначенні в сухому й вологому стані (За даними Д. Шпаар та ін, 2009)

Об'єкт	ЕП, mS/m	
	Сухий стан	Вологий стан
Гравій	<0,01	20
Пісок	<0,01	20
Супіски	5	15
Мул	20	50
Льодовиковий валунний мергель	14	33
Лесовидний суглинок	10	33
Суглинки	15	30
Глина	30	60
Болота	6	100

Водний розчин у ґрунті має всі властивості електроліту, через який проходить електричний струм. В електролітах частина нейтральних молекул дисоціює, утворюючи негативно й позитивно заряджені іони. Електропровідність електролітів зумовлено рухом цих іонів до аноду й

катоду відповідно. На аноді й катоді іони відновлюються або окислюються, вступаючи у хімічні реакції, що викликає різноманітні гальванічні ефекти.

Електропровідність ґрунту – інтегральна функція щільності ґрунту, механічного складу, вмісту води, температури, вмісту солей тощо. І хоча електропровідність ґрунту великою мірою залежить від цілої низки чинників, особливо від наявності води в ґрунті (див. табл. 20), ці методи дають можливість достатньо точно визначити вимірювані параметри, за умови врахування стану ґрунту в період аналізу.

Прикладом вимірювання **вологості ґрунту** є використання приладу – Field Scout TDR 150 (рис. 33). В принципі роботи приладу лежить занурення двох голків в досліджуваний матеріал, вимірюючи опір між ними. Після цього прилад аналізує вологість за прописаною формулою і виводить результат на дисплей. За допомогою Field Scout TDR 150 можна отримати дані про вологість ґрунту, електропровідність і температуру поверхні ґрунту. У блок управління даного приладу входить реєстратор даних і GPS-датчик. Усі точки даних можна переглянути за допомогою програми FieldScout Mobile, яка відображає дані вимірювання за допомогою вхідних GPS. Це дає змогу побудувати карту забезпечення водою в межах всього поля. Усі дані можна зберегти на USB-носії, який підключається до приладу через USB-порт. Також є можливість з'єднання з комп'ютером або мобільними пристроями за допомогою Bluetooth.



Рис. 33. Визначення вологості ґрунту в сухому (вгорі) і вологому

(внизу) стані за допомогою Field Scout TDR 150

TDR 150 може працювати в одному із **трьох режимів типу ґрунту**: стандартний, глина, пісок. Стандартний режим придатний для більшості ґрунтів. Режим «глина» буде точнішим для ґрунтів із підвищеним ($> 27\%$) вмістом глини. На піщаних ґрунтах використовують відповідно режим «пісок». Важливо, щоб щупи було повністю занурено в ґрунт і вони щільно прилягали до нього по всій довжині. Якщо потрібно отримати показники на різних глибинах, слід використовувати щупи різної довжини (3,8 см, 7,6 см, 12,2 та 20 см).

Визначення вологи ґрунті проводиться методом імпульсної рефлектометри (Time Domain Reflectometry) з використанням стрижнів різної довжини забезпечує контроль вмісту вологи в потрібному горизонті ґрунту. За одне вимірювання агроном може отримати інформацію про вологість ґрунту VWC %, індекс засолення і температуру поверхні ґрунту. Індекс засолення визначається як співвідношення електропровідності EC до об'ємної вологості VWC %. Наприклад, якщо EC визначено $0,3 \text{ mS/cm}$, а VWC – 25% , то індекс солоності становитиме $0,3 / 0,25 = 1,2$.

Важливим показником родючості ґрунтів є **кислотність**, яка показує наявність у ґрунтовому розчині іонів водню (H^+) та гідроксильної групи (OH^-). **Показником кислотності є pH**, тобто від'ємний логарифм концентрації водневих іонів. Всі ґрунти за рівнем кислотності поділяються на кислі pH менше 6, близькі до нейтральних pH від 6 до 7, нейтральні – pH близько 7 та лужні – pH понад 7. Кислотність ґрунту впливає на мікробіологічну активність, розвиток кореневої системи рослин і доступність поживних речовин, метаболізацію пестицидів та накопичення в рослинах важких металів.

Для визначення кислотності може використовуватись відбір зразків ґрунту та аналізування в лабораторії або в польових умовах за допомогою pH-метрів, які працюють на основі вимірювання напруги між двома електродами, зануреними в досліджуваний матеріал. Через це, pH-метр можна назвати мілівольтметром, але зі складнішим алгоритмом роботи. *Один електрод* референтний (порівняльний), його корпус виготовлено з боросилікатного скла, стійкого до впливу окислювачів, і наповнюється розчином KCl. *Другий електрод* – електрод визначення. Корпус заповнюється суспензією хлориду срібла в розчині соляної кислоти, в який занурюється срібний дріт. Сучасні pH-метри утримують обидва електроди в одному корпусі (рис. 34).

Якщо занурити порівняльний електрод у розчин, то між точкою в

розчині, де він занурений, і його виходом спостерігається постійна напруга U пор. Напруга між входами рН-метра, тобто вимірним значенням, визначається за формулою:

$$DU = U_{\text{вим}} - U_{\text{пор}} = a + b \times \text{pH} - U_{\text{пор}} = c + b \times \text{pH}$$

Тобто, між вимірним вольтметром рН-метра потенціалом і значенням рН розчину існує лінійний зв'язок, на основі лінійної кореляції між напругою і рН за допомогою формул виводимо зовсім інший показник – кислотність / лужність розчину. Саме на принципах кореляційного зв'язку з абсолютно різними показниками побудовано багато сучасних приладів для вимірювання, зокрема хімічних і біологічних показників (О. Л. Зозуля та ін., 2023).



Рис. 34. Польовий рН-метр

Температура розчину (проби) це один із важливих чинників отримання точних результатів. Оптимальна температура зразка для вимірювання $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$, але часто буває так, що вимірювання рН потрібно робити під час польових досліджень, коли температурні показники відрізняються від вказаної температури. У таких випадках зміна температури впливає на електрорухоми силу (ЕВС) рідин, що, своєю чергою, впливає на показники рН. Однак більшість сучасних приладів оснащуються автоматичними (за показниками вбудованого термосенсора) або ручною компенсацією температури (шляхом ручного внесення показника температури об'єкта вимірювання в налаштування приладу), завдяки яким криві калібрування рН-метра відображають значення рН, скориговане щодо температури.

Приведені прилади використовують принцип електропровідності ґрунту, і далі розрахунок агрономічних параметрів на основі моделей, які відображають кореляційну залежність електропровідності й

агрономічно важливих чинників, тому існує можливість проведення всіх однотипних вимірювань одночасно з використанням одного приладу. Приклад такого рішення – DS Logger 500 (AFS AGRO FLOW SYSTEM), багатофункціональний пристрій для вимірювання ущільнення ґрунту, температури й вологості та електропровідності ґрунту (рис. 35). Пристрій може визначати показники на глибині до 45 см, а електропровідність і вологість ґрунту – до 60 см. За допомогою вбудованого модуля GPS автоматично записуються координати, час і дата вимірювань. Карти й графіки вимірювань дають не лише основну інформацію, а й допомагають краще проаналізувати дані, отримані під час вимірювання, порівняти дані, отримані в різні періоди в одній і тій самій області, стежити за проблемними точками на карті.

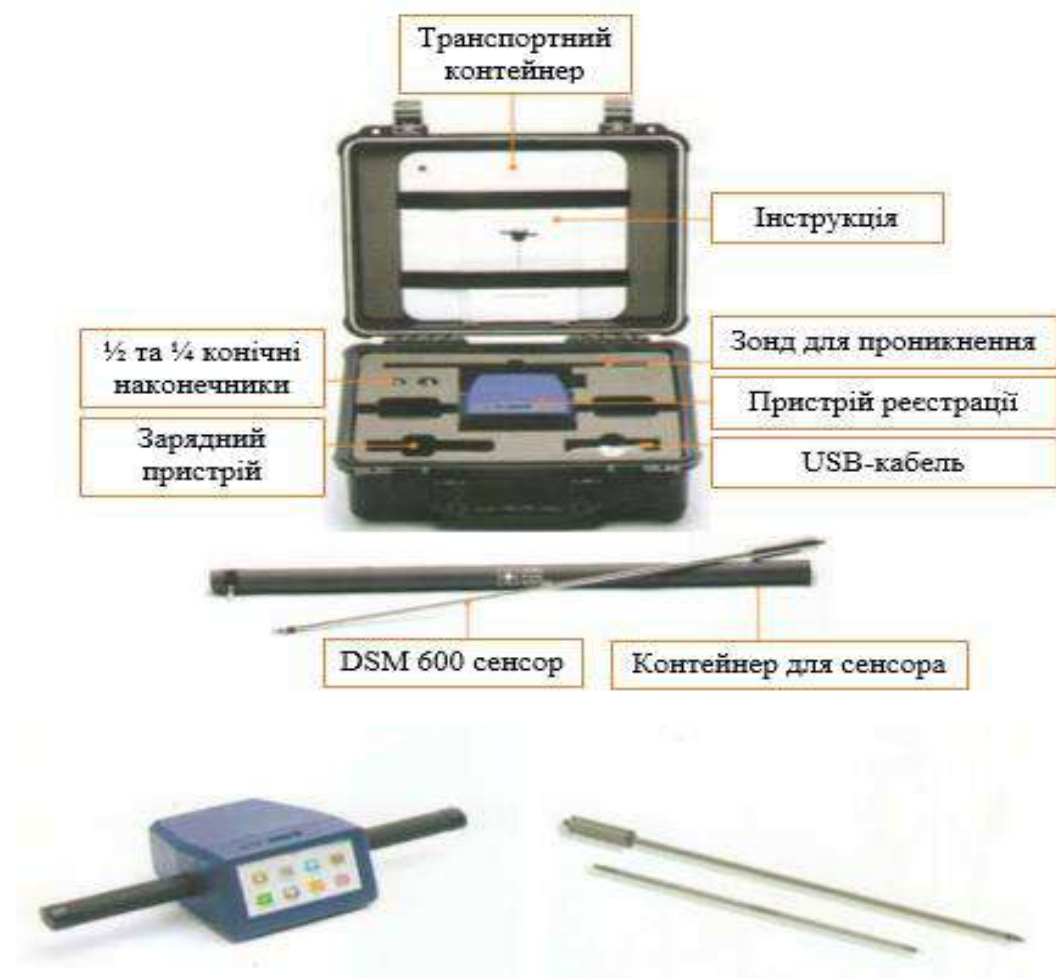


Рис. 35. Прилад DS Logger 500 для комплексного вимірювання параметрів ґрунту, нижче – сенсори (електроди)

Щільність ґрунту це маса одиниці об'єму абсолютно сухого ґрунту з природною вологістю і непорушеною будовою, визначається вона в польових умовах за допомогою пенетрометрів.

Одиниця виміру щільності ґрунту в Міжнародній системі одиниць (SI) – г/см^3 .

Щільність ґрунту залежить від механічного складу, вологості, пористості (аерації), вмісту гумусу і структури. За щільності ґрунту $1,6\text{--}1,7 \text{ г/см}^3$ коренева система дерев'янистих рослин майже не проникає, а за щільності $2,66\text{--}2,70 \text{ г/см}^3$ сільськогосподарські культури знижують урожайність утричі-вчетверо. Щільність ґрунту впливає на повітряні (вміст повітря, повітрообмін, проникнення повітря), водні (водопроникність, вологоємність), теплові (теплоємність) властивості, мікробіологічний склад ґрунту та окисно-відновні процеси. Від щільності залежить спосіб і якість обробітку та технологічні властивості ґрунту. Як уже відмічалось в попередніх розділах підручника щільність ґрунту знаходиться у прямій залежності із продуктивністю сільськогосподарських культур. Оптимальна щільність ґрунту знаходиться в межах $1,1\text{--}1,25 \text{ г/см}^3$.

Рухаючись по полю важка техніка та ґрунтообробні машини руйнують структуру ґрунту, що негативно впливає на інфільтрацію води, розвиток кореневої системи та на врожайність культур.

За даними компанії Френдт через ущільнення ґрунту, спричинене хаотичними рухами техніки по полю спостерігається $10\text{--}20\%$ втрат врожаю. Під час перших проходів техніки ґрунт ущільнюється на $60\text{--}80\%$, в той час як наступні види польових робіт впливають набагато менше. Зменшення ущільнення ґрунту збільшує ефективність використання азоту на $40\text{--}80\%$ внаслідок підвищення його біологічної активності.

За даними О. Піковської (2017) рихлий орний шар ґрунту сприяє підвищеному витрачання вологи на випаровування, а ущільнений створює не сприятливі умови для розвитку кореневої системи рослин.



Рис. 36. Деформація кореневої системи соняшнику через

ущільнення ґрунту

О.Л. Зозуля та ін. (2023) вказує, що ущільнення ґрунту на глибині 10-20 см, обмежує заглиблення кореневої системи соняшнику (рис. 36) і як наслідок рослина відчуває дефіцит вологи, втрачає стійкість до вилягання та істотно знижує урожайність.

Крім того висока щільність ґрунту може викликати пошкодження того ж таки соняшнику ґрунтовими гербіцидами. Зазвичай ґрунтові гербіциди не впливають на сходи культури, проте сім'ядольні і справжні листки дуже чутливі до дії низки компонентів ґрунтового гербіциду. І коли внаслідок інтенсивних опадів вода не проникає швидко вглиб ґрунту, а накопичується на поверхні, діючі речовини гербіциду вимиваються з поверхні ґрунту і рослина із сім'ядольними/ справжніми листками занурюється в розчин препарату, що викликає хімічне пошкодження листків, а за повного занурення рослина гине (рис. 37).

										Поле 1
Щільність (кПа) в різних шарах ґрунту										
2,5 см	5,0 см	7,5 см	10,0 см	12,5 см	15,0 см	17,5 см	20,0 см	22,5 см	27,5 см	
268,6	479,4	686,6	784,3	831,2	872,2	846,9	762,5	760,5	796,2	
										Поле 2
Щільність (кПа) в різних шарах ґрунту										
2,5 см	5,0 см	7,5 см	10,0 см	12,5 см	15,0 см	17,5 см	20,0 см	22,5 см	27,5 см	
248,0	248,0	333,6	292,4	326,7	326,7	355,6	350,2	379,2	560,9	

Рис. 37. Вплив щільності ґрунту на пошкодження соняшнику ґрунтовими гербіцидами (за даними О. Л. Зозулі та ін., 2023)

Щільність ґрунту на полі 1 на глибині 5-10 см становила 479-784 кПа, а на полі 2 – 248-292 кПа (рис. 37). В результаті випадання інтенсивних опадів на 1 із високою щільністю спостерігається інтоксикація рослин діючою речовиною гербіциду через затримування води на поверхні ґрунту. Виходячи із стану посівів сояшнику на полі 1 його потрібно передисковувати і пересівати, а на полі 2 рослини ефективно вегетують.

Пенетрація – показник, який виражається глибиною проникнення тіла стандартної форми (каліброваної голки) в напіврідкі і напівтверді матеріали за певних умов, що зумовлює здатність тіла проникати в матеріал, а матеріалу – виявляти опір цьому прониканню (рис. 38).

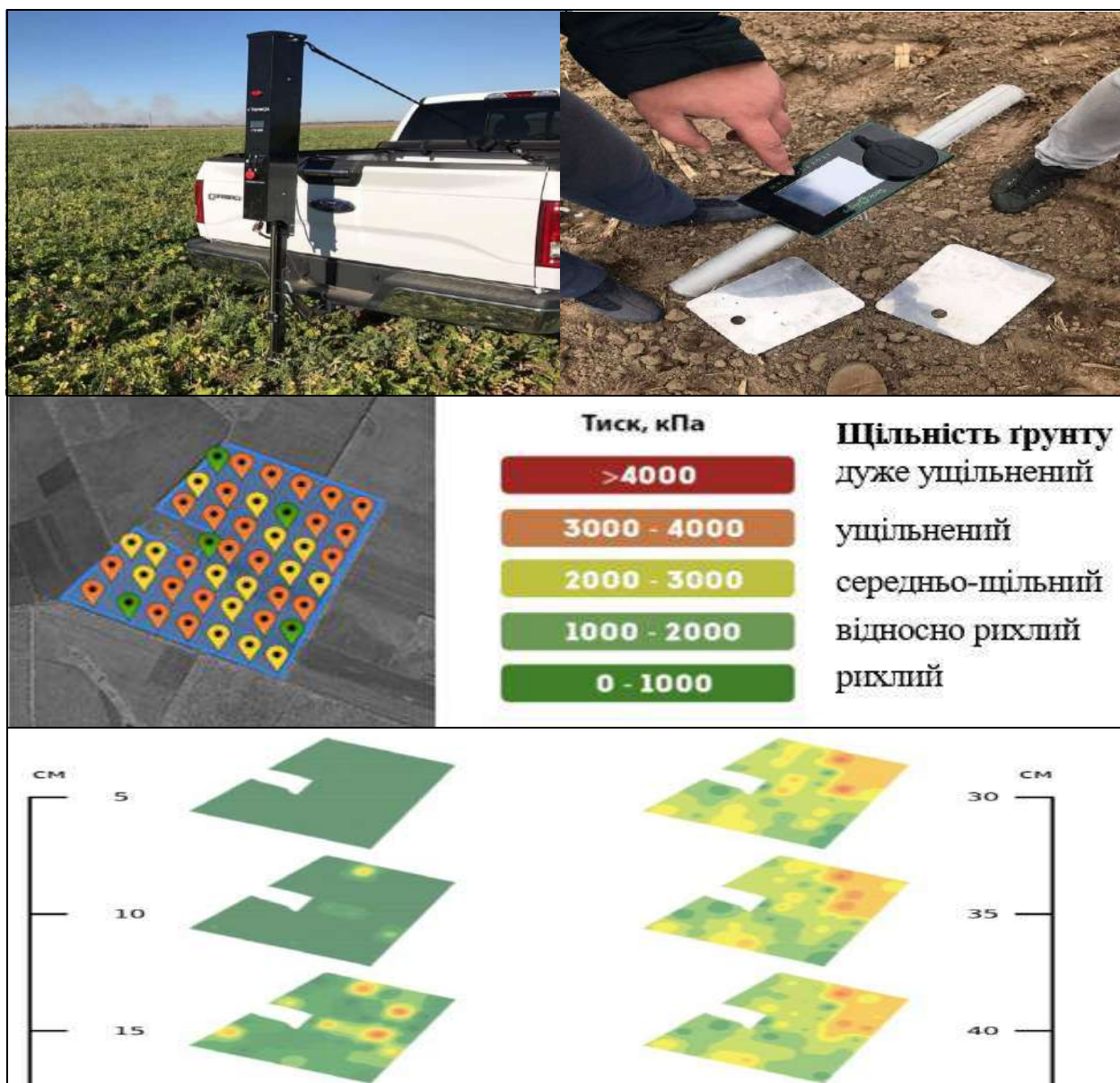


Рис. 38. Мобільний пенетрометр FarmQA та картографування щільності ґрунту

Зі щільністю ґрунту пов'язаний опір опір ґрунту входженню в нього металічного зонду циліндричної або конусоподібної форми. Величину цього опору фіксують прилади – пенетрометри, датчики (наприклад, пружинної дії), які показують величину щільності ґрунту (див. рис. 38).

Вимірювання щільності ґрунту за показником опору проникнення внутрішніми навантажувальними елементами приладу із фіксацією показників на екрані електронного дисплея забезпечують саме цифрові технології. Ще пенетrometer має ультразвуковий датчик, який онлайн фіксує відстань від обчислювального блоку до поверхні ґрунту. Він вимірює час проходження звукової хвилі від моменту випромінювання до повернення відбитої хвилі від поверхні ґрунту.

Нерівності поверхні поля або рослини можуть негативно вплинути на точність вимірювання глибини проникнення зонду, тому для точнішого вимірювання цієї відстані використовують білу дощечку з отвором для входу металічного зонда, завдяки чому вбудована обчислювана система фіксує величину щільності ґрунту на всій довжині виміру. Так можна отримати дані щільності ґрунту на будь-якій глибині вимірювання, що відображається на дисплеї у вигляді таблиці. В електронному блоці є датчик GPS, який фіксує координати точки заміру. Спеціальне програмне забезпечення дозволяє не лише зафіксувати результати вимірювання, а й побудувати карту щільності ґрунту. Такі програми пропонують різні компанії, наприклад американська FieldScout SC 900 і українські DataField, FlyAgData.

Програма після введення контурів поля вираховує кількість необхідних точок заміру і їхні координати. Далі спеціаліст проводить заміри у визначених програмно точках, які автоматично передаються на комп'ютер, де будується карта щільності ґрунту.

Карти щільності ґрунтів створюються шляхом інтерполяції отриманих даних із точок вимірювання (див. рис. 38), і чим більше буде цих точок, тим точнішою буде побудована карта. Дана карта дає змогу оцінити ґрунти за щільністю на полі, місця потенційних загроз (підтоплення, виникнення плужної підшви, пошкодження ґрунтовими гербіцидами тощо) та розробити заходи для нівелювання цих ризиків у цих осередках.

На рис. 39 представлена карта щільності різних шарів ґрунту на полі, сформована за допомогою програмного забезпечення DataField, яке готувалося під посів соняшнику у Луганській області в 2021 році (за даними О. Л. Зозулі та ін., 2023). На даному полі чітко видно ділянки з

підвищеною щільністю ґрунту, особливо на глибині загортання насіння і його проростання. Нижня діаграма показує, що в більшості точок обстеження ґрунт у шарі активного росту (2-20 см) має ущільнену або щільну структуру. В зв'язку із цим, для попередження негативних наслідків необхідно провести відповідну систему обробітку ґрунту (щільювання, кротування) для створення можливості ефективного просочування води під час опадів в глибші горизонти, що не лише зменшить ризик ураження сходів ґрунтовими гербіцидами в період інтенсивних опадів, а й сприятиме накопиченню продуктивної вологи та покращить диханням кореневої системи у ґрунті.

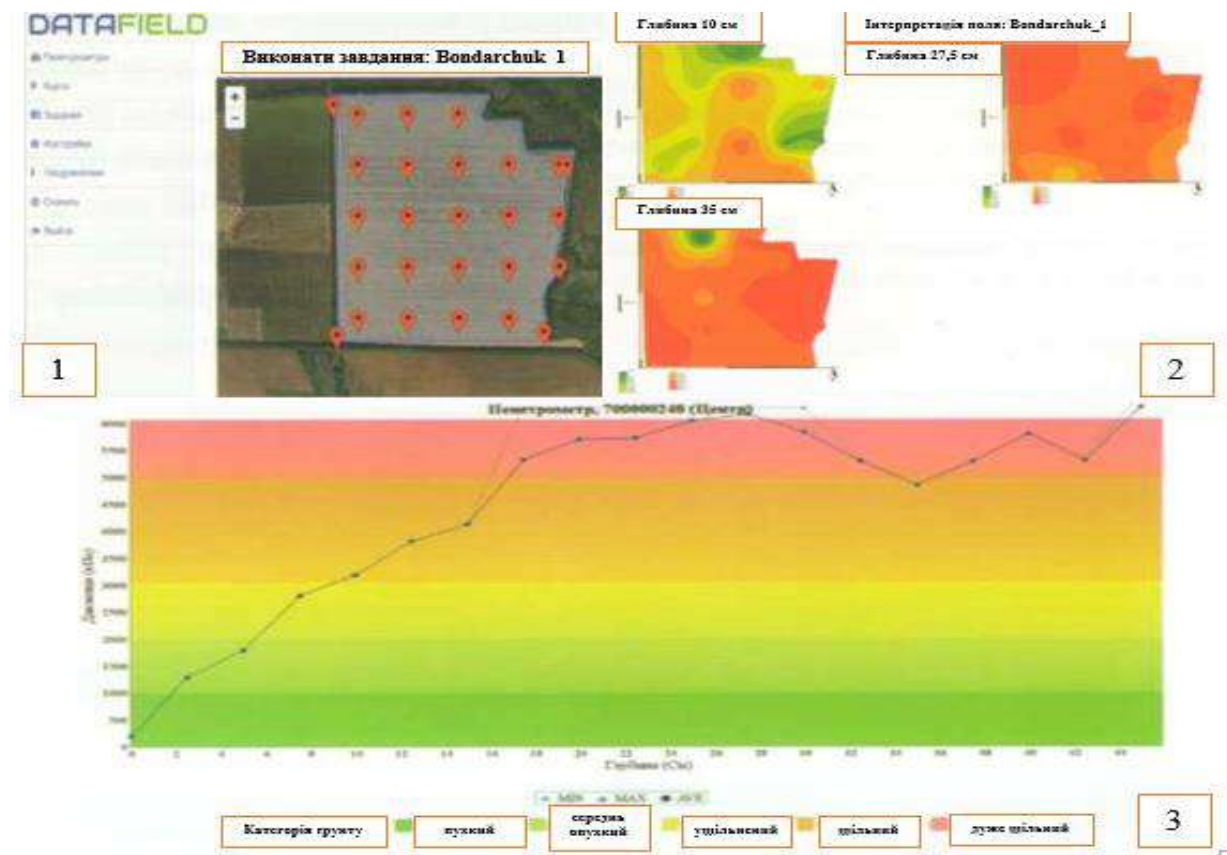


Рис. 39. Карти щільності різних шарів ґрунту поля

Використовуючи карти щільності ґрунтів можна моніторити і глибину проведення обробітку ґрунту за допомогою датчика Hexagon agriculture (рис. 40).

Оцінити загальний стан посіву та виявити проблемні зони можна і за допомогою простої RGB-камери у видимих діапазонах спектра сонячного світла. За даними спостереженнями можливо знайти відмінності у розвитку культур за кольором посіву, побачити пошкоджені та ураженні ділянки, визначити локальні місця забур'яненості тощо.

Зрозуміло, що дані проблемні місця важко ідентифікувати за звичайного маршрутного обстеження, але отриманий за використання дронів ортофотоплан поля дає таку можливість.



Файл виконання моніторингу глибини обробітку ґрунту

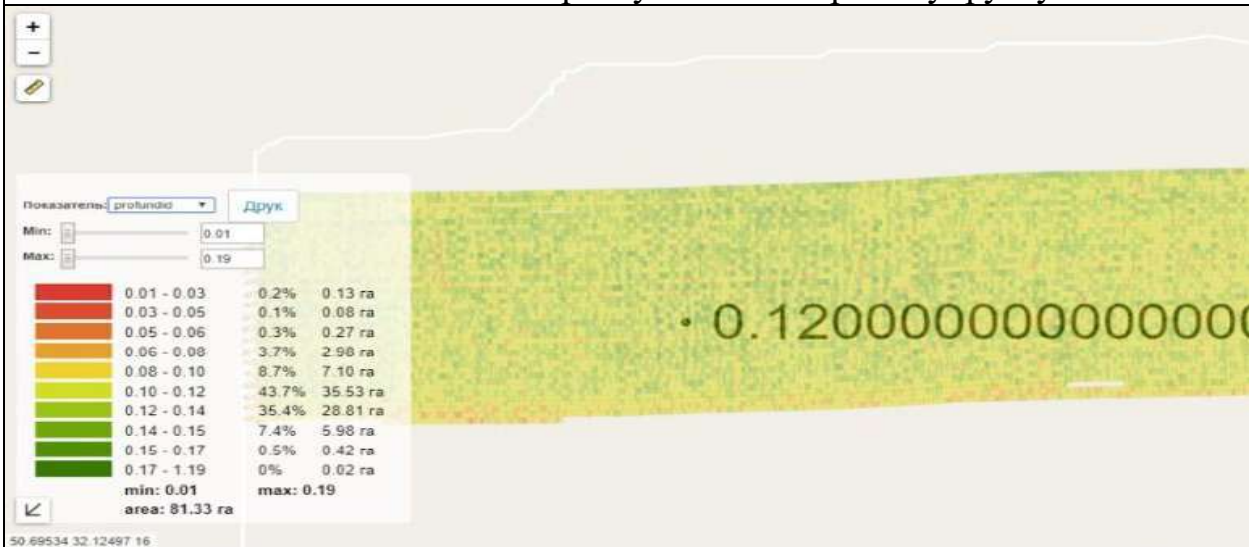


Рис. 40. Моніторинг глибини обробітку ґрунту за допомогою датчика Hexagon agriculture

Наприклад в одному господарстві в Сумській області було помічено, що розвиток рослин кукурудзи неоднорідний. За допомогою дронів було проведено зйомку проблемних ділянок та полів, де посіяні різні гібриди. Після аналізу і зшиття фотографій отримали ортофотоплан цих полів у видимому діапазоні спектра сонячної енергії (рис. 41).

Встановлено, що на всіх трьох полях, де було висіяні різні гібриди, спостерігалася однакова проблема – рівномірні смуги різного забарвлення, що вказує на нерівномірний розвиток рослин кукурудзи, звичайно, що проблеми з насінням не могли дати таку форму плям – в

цьому випадку була б конфігурація суцільного або хаотичного відставання в розвитку. Однорідні та рівні смуги, свідчили про проблеми саме з обробітком ґрунту або внесенням добрив.



Рис. 41. Посів трьох різних гібридів кукурудзи (за результатами RGB-зйомки)

Ще одним прикладом ефективного моніторингу стану посіву за допомогою дронів є обстеження після обробки пестицидами поля (рис. 42).



Рис. 42. Виявлення проблемних місць за допомогою дрона

Додатково за допомогою пенетрометра було визначено щільність ґрунту і встановлено два шари ущільнення. Перший – на глибині 11-12 см, показник 2160-2220 кПа; другий – на глибині 28-30 см, показник 5900-6150 кПа. Завдяки даним обстеженням встановлено, що причина порушення ростових процесів кукурудзи не в гібридах, а в способах і якості обробітку ґрунту, рівномірності розміщення азотних добрив та термінах їх загортання в ґрунт. Виправлення даних помилок допоможе господарству в наступному сезоні уникнути такої ситуації за використання цих або інших гібридів кукурудзи.

Процес визначення щільності ґрунту повністю автоматизовано: користувачу необхідно лише встановити необхідний тип наконечника

(зазвичай їх два – для звичайних і легких ґрунтів), натиснути клавішу запуску вимірювання і плавно ввести щільномір у ґрунт.

Крім агрохімічного аналізу ґрунту для визначення забезпеченості рослин елементами важливе значення має діагностика рослин в період вегетації. Для цього можуть використовуватись прилади на принципах спектрофотометрії. Наприклад один із методів ґрунтується на зміні фотохімічної активності хлоропластів середнього зразка листа рослин, яке діагностується без додавання елемента, а потім з його додаванням.

На разі багато компаній пропонує різні моделі приладів для цього способу діагностики, але в Україні за даними О. Л. Зозулі та ін. (2023) найбільше поширення має «Агровектор ПФ-014», за допомогою якого можна визначити дефіцит 14 елементів живлення, а саме N, P, K, S, Ca, Mg, Cu, B, Zn, Mn, Fe, Mo, Co, J.

У основі даного методу лежить визначення фотохімічної активності суспензії хлоропластів, яку отримують із середнього зразка листка рослини. У суспензію хлоропластів додають відповідний елемент у певній концентрації і знову визначають її фотохімічну активність. У разі підвищеної фотохімічної активності суспензії хлоропластів порівняно з контрольними (без додавання елементів живлення) робиться висновок про дефіцит даного елемента, зниження фотохімічної активності свідчить про надлишок цього елемента, при такій самій активності – про оптимальну його концентрацію в живильному середовищі рослини. Метод дозволяє на протязі 40-50 хвилин, визначити потребу будь-яких рослин у 12-15 макро- і мікроелементах живлення.

Основною вимогою для отримання достовірних результатів листової діагностики є відбір зразків. Обов'язково необхідно враховувати особливості фізіологічної дії елементів (їхню рухомість), потреби культур у елементах живлення на певних етапах розвитку.

Значна кількість неорганічних елементів малорухомі й зосереджені в меристематичних зонах рослини. Через це щоб визначити потребу в добривах, аналіз краще проводити у верхньому ярусі листків, відбір проб рослин має бути репрезентативний на конкретній ділянці (що більше рослин, то вища точність). Після відбору проб їх негайно слід аналізувати. Оптимальний час для відбору проб – ранкові години. Саме в цей період починається активна робота фотосинтетичного апарату.

5.6. Метеорологічний моніторинг

Концепція точного землеробства обов'язково вимагає брати до

уваги **погодні умови**, які впливають на стан, ріст і розвиток рослин, урожайність, розвиток збудників хвороб та шкідників, можливість вчасного виконання сільськогосподарських робіт і т. д. Важливо щоб дані кліматичних умов отримувались у он-лайн режимі.

Погода – стан нижнього шару атмосфери у певній місцевості у конкретний час. Точність **метеоданих** та **прогнозів погоди**, які можна подивитися через безкоштовні метеосервіси, є недостатньою для точного землеробства. Погода залежить від багатьох факторів, які не враховуються такими сервісами, наприклад, близькість до водойм, рельєф, наявність поряд високих насаджень. Власна метеостанція дозволяє господарствам отримувати достовірні погодні дані для конкретного земельного банку.

Метеостанція складається з модуля зв'язку з елементами живлення або сонячною батареєю та набору зовнішніх датчиків, що збирають дані щодо стану повітря, опадів, сонячного випромінювання та ґрунту. 2500 га земельного банку можна моніторити лише однією метеостанцією. Вартість однієї метеостанції варіюється від сотень до двох тисяч доларів США.

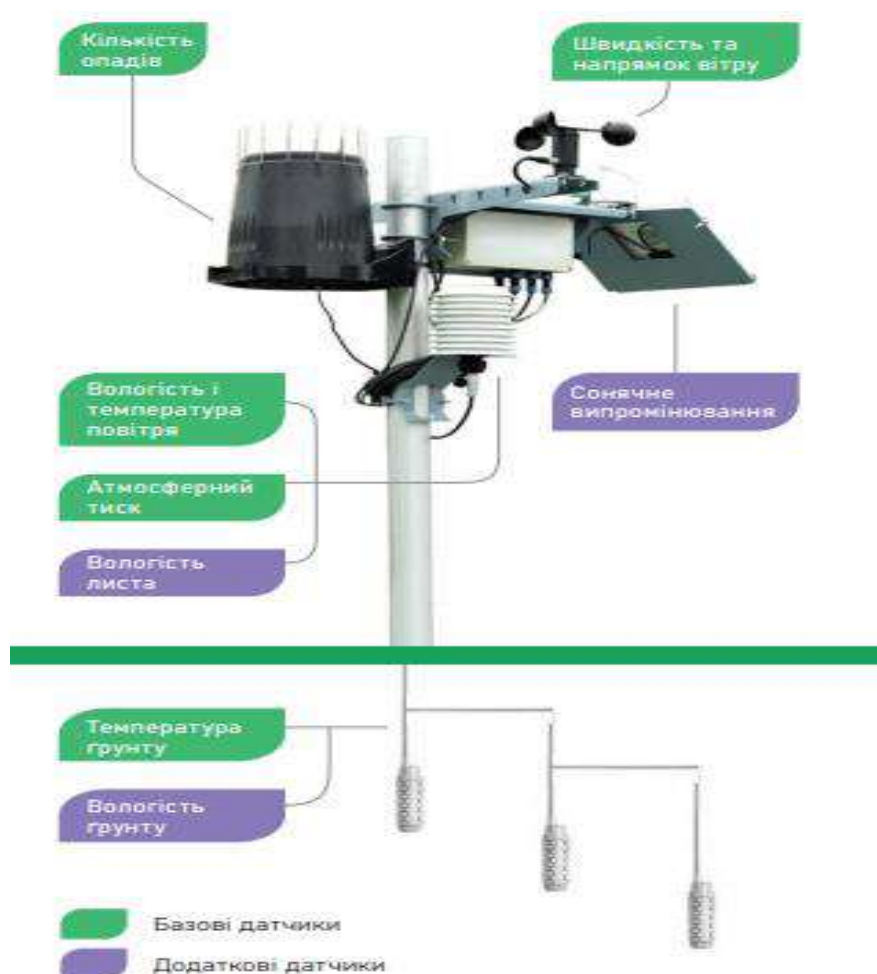


Рис. 43. Датчики метеостанції компанії Френдт

Для моніторингу погоди можуть також використовуватись **мобільні метеодатчики на техніці та автономні метеодатчики у полі** (рис. 43).

Мобільні метеодатчики на техніці це датчики швидкості та напрямку вітру, температури і вологості повітря їх можна встановити прямо на техніку, яка здійснює операції в полі. Інформація з цих датчиків безперервно відображається на планшеті або смартфоні, встановленому в кабіні трактора, і відправляється до бази даних підприємства для контролю, збору та аналізу в режимі реального часу.

Автономні метеодатчики у полі – ці датчики дозволяють уточнювати погодні умови безпосередньо на полі. Наприклад, метеодатчик OneSoil дозволяє контролювати стан рослин, температуру та вологість ґрунту, за рахунок чого, оптимізувати графік поливу, а також визначати оптимальний час для внесення добрив.

Візуалізація даних метеодатчиків можна проводити за допомогою програмного забезпечення та обладнання FlyAgData (рис. 44).



Рис. 44. Візуалізація даних метеодатчиків у FlyAgData

Наявність погодних даних за певний період дозволяє розрахувати усереднені метеорологічні показники, оцінити вплив погодних факторів та спланувати майбутні заходи. Наприкінці сезону аналіз зібраних даних дає змогу прослідкувати, як погода вплинула на продуктивність сільськогосподарських культур та якість врожаю.

Моніторинг погоди у реальному часі допомагає визначити оптимальний час проведення операцій. Наприклад, при обприскуванні

сільськогосподарських культур швидкість вітру не має перевищувати 2 м/с. Перевищення швидкості вітру лише на 1 м/с може призвести до зносу препарату на 10 %, а це, в свою чергу, означає втрати коштів, витрачених на хімікати, і низькі показники врожайності.

Знання метеорологічних факторів, які впливають на посіви сільськогосподарських культур, дозволяє передбачити поширення хвороб та шкідників.

Для вирішення питання об'єктивного отримання значення кліматичних показників для конкретного господарства компанія Френдт пропонує послуги **метеорадара**.

Робоча станція радара працює з наступними радіолокаційними продуктами: індикатор кругового огляду (PPI), індикатор кругового огляду на постійній висоті (CAPPI), композитна рефлексивність (ColumnMax), індикатор «Дальність-висота» (RHI), Echotops (EchoTop), вертикально інтегрована рідина (VIL), максимальна рефлексивність у колонці з бічним верхнім показником (MaxZ) (див. табл. 21).

Індикатор кругового огляду (PPI) це найпростіший (базовий) радіолокаційний продукт. Дані радіолокації, отримані в результаті повного обертання радара з фіксованим кутом підйому, відображаються на фоновій карті, тобто дані з конічної поверхні 3D проєктуються на поверхню кола в 2D.

Індикатор кругового огляду на постійній висоті (CAPPI) - це зріз обсягу даних на визначеній користувачем висоті або висоті над поверхнею Землі.

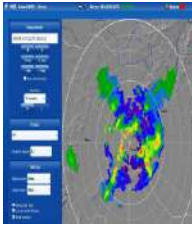
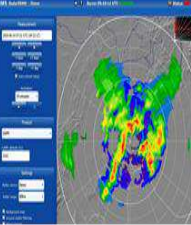
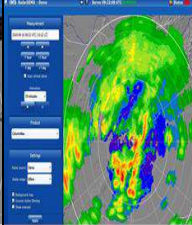
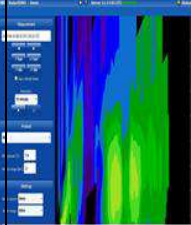
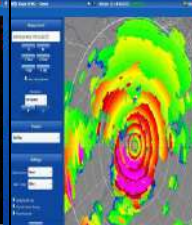
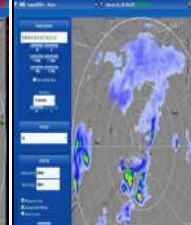
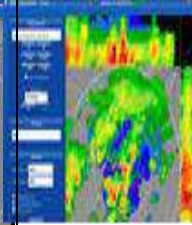
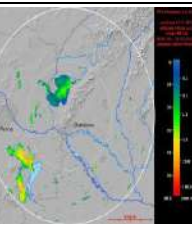
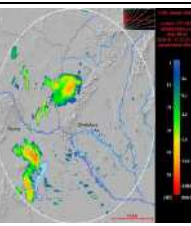
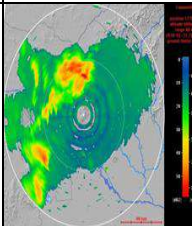
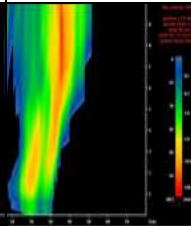
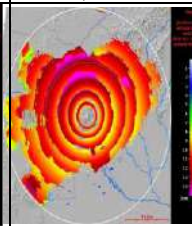
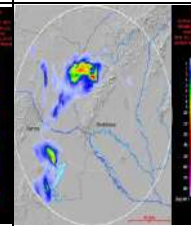
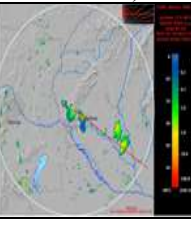
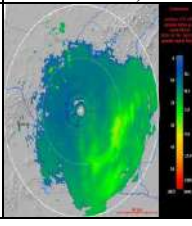
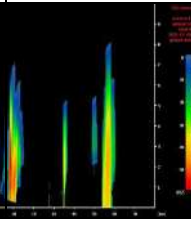
Композитна відбивна здатність (ColumnMax), яку також називають Вертикальною композитністю, відображає найвищу відбивну здатність у відповідному стовпі над землею. Цей продукт дозволяє метеорологу швидко побачити найгірші сценарії в усьому повітряному просторі навколо радара, не досліджуючи численні двовимірні зображення або тривимірний продукт.

Індикатор «Дальність-висота» (RHI) представляє собою вертикальний зріз об'ємних даних радара. Цей продукт відрізняється від більшості радіолокаційних пристроїв, оскільки замість виду зверху він передає вигляд збоку на відбивну здатність радара. RHI чудово підходить для детального перегляду вертикальної структури шторму.

EchoTop використовується для швидкого огляду зон найбільш інтенсивного перенесення та тих висот у небі, де фіксуються сигнали луни опадів. Він використовується як допоміжний засіб для ідентифікації особливостей структури шторму та з метою інструктажів

ПІЛОТІВ.

21. Робоча станція метеорадара

Індикатор кругового огляду (PPI)	Індикатор кругового огляду на постійній висоті (CAPPI)	Композитна відбивна здатність (ColumnMax)	Індикатор «Дальність-висота» (RHI)	Echotops (EchoTop)	Вертикально інтегрована рідина (VIL)	Максимальна рефлексивність у колонці з бічним верхнім показником (MaxZ)
						
Веб-інтерфейс із відображенням PPI	Веб-інтерфейс із відображенням CAPPI (CAPPI на висоті 2000 м; 2020-01-23 21:15, UTC)	Веб-інтерфейс із відображенням ColumnMax (ColumnMax; 2020-01-23 21:15, UTC)	Веб-інтерфейс, що відображає RHI (RHI під азимутальним кутом 338°; 2020-01-23 21:15, UTC)	Веб-інтерфейс із відображенням EchoTop (EchoTop; 2020-01-23 21:15, UTC висота хмар перевищує 14 км)	Веб-інтерфейс із відображенням VIL (VIL; 2020-01-23 21:15, UTC)	MaxZ; 2020-06-16 08:27, UTC
						
	Показано розріз чотирьох злив, розташованих уздовж лінії (CAPPI на висоті 2000 м; 2020-02-09 00:15, UTC)	На малюнку зображені широкі шаруваті хмари (помірний дощ) (ColumnMax; 2020-02-04 19:10, UTC)	RHI при азимутальному куті 120°; 2020-02-09 00:15, UTC			
						

Вертикально інтегрована рідина (VIL) – це сумарна кількість води в стовпі над певним місцем на земній поверхні, виражена в кг/м². Значення VIL можна розглядати як індикатор потенційної кількості опадів.

Максимальна рефлексивність у колонці з бічним верхнім показником (MaxZ) – це свого роду розширений продукт ColumnMax. Область ядра з видом зверху виглядає так само, але на додачу є бічні проекції максимальної інтенсивності як в горизонтальному, так і у

вертикальному напрямках.

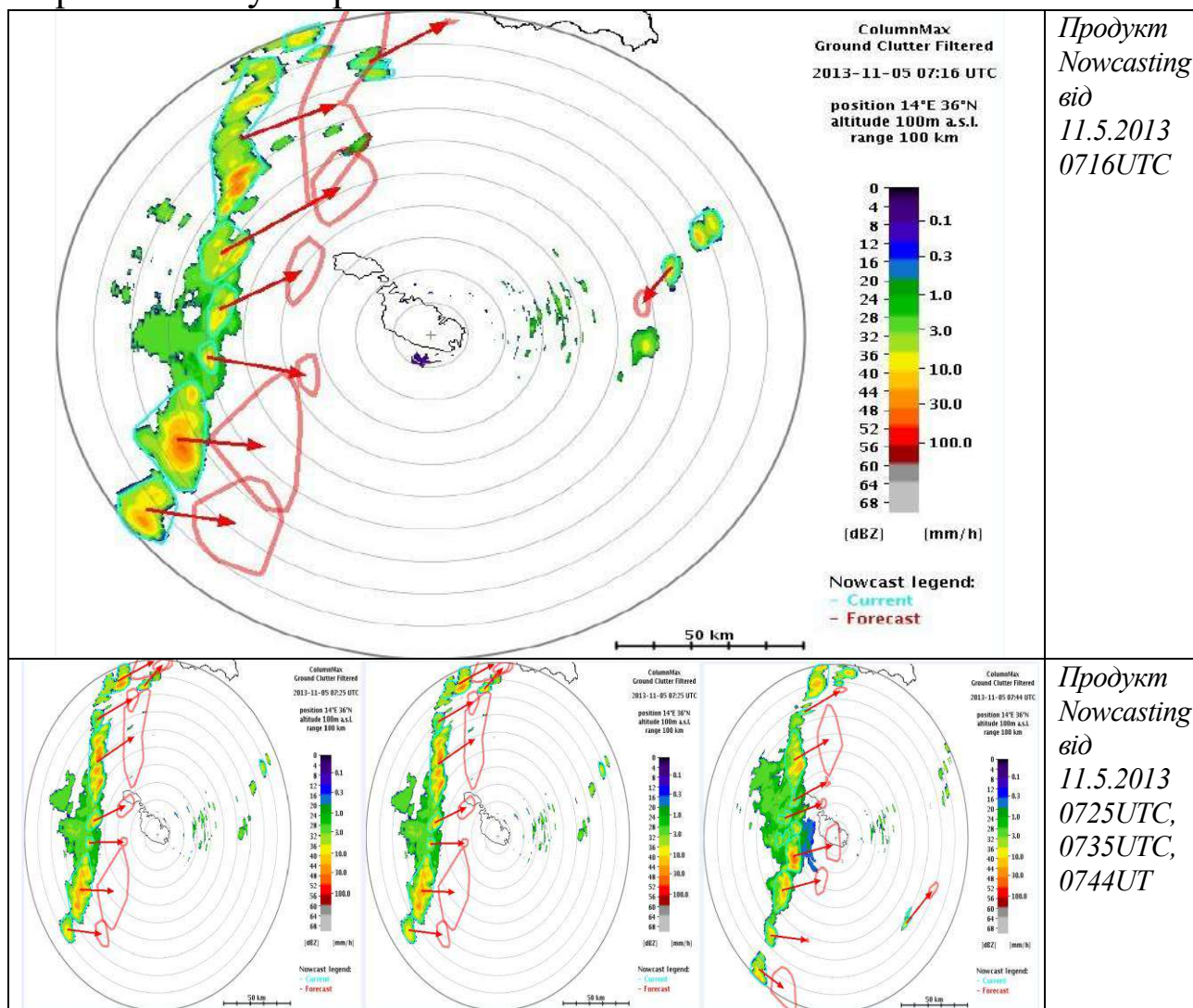


Рис. 45. Додаток для прогнозування поточних погодних умов (Nowcasting Application)

Метеорадар також включає додаток для прогнозування поточних погодних умов (Nowcasting Application), який дозволяє короткостроково прогнозувати рух грози на 30 хвилин уперед (див. рис. 45).

5.7. Моніторинг протруєння насіння

Також у системі точного землеробства важливе значення має **якість підготовки насіннєвого матеріалу** для сівби.

Для контролю якості обробки насіння культурних рослин протруйниками можуть використовувати фотоспектрометрію, за допомогою приладу SLAK (рис. 46а). Принцип його роботи базується на порівнянні рівня пропускання світла крізь розчин контрольного зразка зі стандартом. Важливо розуміти, що визначається не кількість діючої

речовини, а кількість барвника, який входить до складу протруйника. Тому стандартна (калібрувальна) шкала повинна будуватися для кожного окремого протруйника заздалегідь на кореляції між вмістом діючої речовини протруйника і барвника, який входить до формуляції цього препарату. Зміна барвника в процесі виробництва вимагає побудови нової калібрувальної шкали.



Рис. 46. Визначення якості протруювання насіння за допомогою SLAK

Для аналізування відбирають наважку протруєного насіння, з якого змивають розчинником препарат (рис. 46б) і вимірюють рівень пропускання світла через отриманий розчин (рис. 46в, 46г), потім знаходять показник на калібрувальній шкалі і визначають норму витраченого протруйника на тонну зерна.

Якщо протруйник, яким оброблене насіння, складається із двох діючих речовин то для визначення кількості діючої речовини HPLC – аналіз.

Кількісне визначення стійкості формуляції протруйника після стабілізації протруєного насіння – виконують тест на пильність згідно стандартів ESA STAT Working Group.

5.8. Система паралельного водіння, використання автопілотів та підрулювачів руля

Диференційована глобальна система позиціонування (Differential Global Positioning System, DGPS) – радіонавігаційна супутникова система, спеціально скоригована для визначення місцезнаходження стаціонарних і мобільних об'єктів у трьох світових координатах

(довгота, широта і висота) з точністю до десятків сантиметрів. Є поліпшеним варіантом глобальної системи позиціонування (**GPS** – Global Positioning System). **Global Positioning System** – глобальна система позиціонування, що дозволяє в будь-якому місці Землі визначити місцезнаходження та швидкість об'єктів.

Всі апаратні засоби точного землеробства базуються на GPS навігації вимірів, що виконуються, і реєстрації показань датчиків. Обладнання, що постачається, працює автономно на тому технічному засобі, на якому воно встановлено. Однак більшість фірм-розробників забезпечує прилади спеціальним гніздом для зняття інформації, що дозволяє в подальшому побудувати на їхній базі єдину систему управління.

На основі GPS навігації розроблені **системи паралельного водіння та автопілоти** для управління рухом тракторів та комбайнів.

Система паралельного водіння на базі GPS навігації – технічно досконала й економічно вигідна технологія для сучасних сільськогосподарських машин. Особливо ефективне використання систем паралельного водіння разом із широкозахватними агрегатами.

За допомогою систем супутникової навігації можна рухатись і прямолінійно, і криволінійно, головна ідея полягає в тому, щоб звести до мінімуму перекриття й пропуски між суміжними загонками й при цьому зробити витрати лише на обладнання й швидке навчання, а не, приміром, на роботи з розставлення віх або частій заміні піни маркера. При цьому паралельні лінії можуть бути як прямими, так і кривими. Автопілот дає змогу працювати навіть вночі й в туман або коли багато пилу – це підвищує продуктивність праці та зменшує час простою техніки.

Завдяки використанню системи паралельного водіння та уникнення перекриттів площі обробітку зменшуються на 5-10 % і на ~6 % зменшується затрата робочого часу на обробіток та амортизації техніки.

Сучасне апаратне забезпечення дозволяє досягати точності прокладки двох загінок у межах 20 см, а в поєднанні з використанням базових станцій RTK точність може бути збільшена до 2-5 см.

Найпростіший прилад паралельного водіння складається з термінала-супутникового приймача, що встановлюється в кабіні трактора на лобовому склі (або в будь-якому іншому зручному місці) та показує трактористу, як вирулювати кермо щоб трактор/агрегат рухався якомога рівнішими лініями.

Розглянемо які бувають системи паралельного водіння. Перша це

курсказівник – найпростіша та найдешевша система, яка допомагає оператору вручну контролювати маршрут техніки. Механізатору необхідно ввести ширину захвату агрегату та зафіксувати координати початку руху, а після першого проходу – точку завершення руху. Прилад проаналізує дані, побудує паралельні лінії та виведе їх на монітор.

Друга **автопілот з підрулюючим пристроєм** який може самостійно керувати технікою. Автопілоти бувають електромеханічні, що встановлюються безпосередньо на кермо техніки, та гідравлічні. Підрулюючий електромеханічний автопілот можна перевстановлювати з одного трактора або комбайна на інший, що потребує лише перекалібрування. Гідравлічний автопілот встановлюється на будь-яку техніку, незалежно від віку чи бренду, головне – це наявність гідравлічної системи керування.

Третя це **польовий термінал**, що являє собою комп'ютер, який керує багатьма процесами: внесення ЗЗР, положення штанги обприскувача, збір даних про виконання операцій у реальному часі та інше.

Необхідно також сказати про найбільш дорогі системи, які можна використовувати у дуже великих господарствах, де складно проконтролювати якість виконаної роботи. Основною відмінністю їх є використання більш складного терміналу. Такий прилад отримує завдання з персонального комп'ютера агронома. Зазвичай зміст завдання – це назва конкретного поля, його площа, орієнтовний час роботи, ім'я механізатора, тощо. Після виконання наряду, тракторист віддає картку оператору, який переносить ці дані на ПК. В свою чергу спеціальна програма проводить аналіз виконаної роботи: час, швидкість, наявність/відсутність перекриття або пропусків і т. п. (табл. 22).

22. Виробники приладів паралельного водіння

Компанія	Прилад паралельного водіння	Компанія	Прилад паралельного водіння
Trimble	Autopilot	Hexagon	Hex Drive
Raven	SmarTrax MD	John Deere	Autotrac, Universal 300
Fj	Dynamics	Claas	GPS Pilot Flex
Topcon	EHI, AES-35	TeeJet Technologies	UniPilot PRO
Ag Leader	OnTrac3		

Одним із основних джерел «зайвих» втрат при вирощуванні польових культур є **неефективне використання сільськогосподарської техніки**. Знизити ці втрати можливо застосовуючи елементи ГІС технологій за наступними напрямками:

- автоматизований облік всіх переміщень техніки, розрахунок пробігу й оброблених площ;
- виключення розкрадань паливно-мастильного матеріалу (ПММ) (введення системи моніторингу за витратами ПММ);
- визначення оптимальних маршрутів транспортування техніки від бази до оброблюваних полів;
- визначення оптимальних маршрутів доставки врожаю до пунктів прийому;
- контроль за швидкістю переміщення техніки при виконанні польових робіт.

Радіонавігаційні системи в своїй роботі використовують супутниковий зв'язок. Відомо, що навколо земної поверхні, на 6-ти орбітах рухається 24 супутники (активних) (рис. 47). Швидкість сигналу, що надсилає супутник 300 000 км/с. Для визначення місця розташування об'єкта потрібно сигнал трьох супутників, для визначення положення над рівнем моря чотирьох, для роботи за точним землеробством шести.

Існують такі види сигналів (сервіси): 1) безкоштовні; 2) платні; 3) базові станції та RTK.

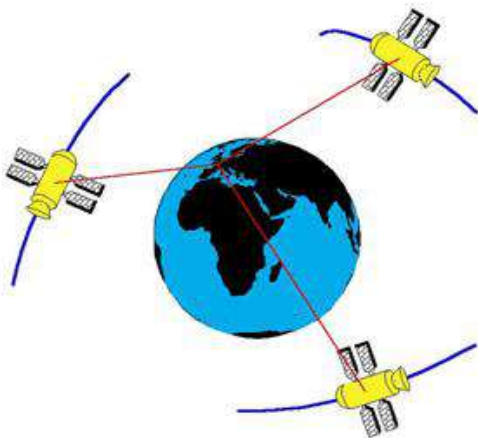


Рис. 47. Штучні супутники Землі

Безкоштовні та комерційні сервіси надають доступ до супутникових знімків. Комерційні сервіси зазвичай пропонують кращу якість та можливість переглянути вже оброблені знімки з розрахованими індексами вегетації, температури ґрунту, засніженості тощо (табл. 23). Сервіси зберігають архів зйомки за роки, що дає змогу отримати історичні дані поля.

Взаємне розташування супутників, відслідковується приймачем, постійно змінюється в міру їх руху на орбітах. Конфігурація супутників оцінюється параметром **DOP (Dilution of Precision** – втрата, послаблення точності). В загальному вигляді, при $DOP < 4$ приймач GPS забезпечує достатню точність визначення місцезнаходження. Чим більше супутників знаходиться в зоні видимості приймача, тим більша точність

визначення координат буде забезпечуватися.

23. Характеристика супутникових сервісів

Супутникові провайдери	Програмні продукти
Sentinels Scientific Data Hub	Cropwise
Planet Labs	GeoPard Agriculture
Maxar	OneSoil
Google Earth Engine	

Обстеження територій виконується з використанням супутникової системи глобального позиціювання (GPS). За даними GPS приймача визначаються фактичні межі полів. Точність вимірів визначається типом GPS приймача, що застосовується, й додатковим устаткуванням. Для сигналів із супутників існують класи точності:

I клас точності, це найбільш точне визначення місцезнаходження об'єктів, забезпечується він стаціонарними радіостанціями (**RTK – Real-Time Kinematics** – кінематика в реальному часі). RTK – власна місцева стаціонарна станція, має радіус дії до 50 км, точність $\pm 1-3$ см (рис. 48).



Рис. 48. Комплект обладнання для водіння з високою точністю

Базова станція дає змогу автоматизувати проведення всіх видів сільськогосподарських робіт, у тому числі точну сівбу, посекційне відключення обприскувачів та сівалок, локальне та рядкове внесення добрив, міжрядний обробіток просапних культур, роботу з широкозахватною технікою з заходом через декілька рядків тощо. За допомогою даної системи можна із року в рік дотримуватись однієї і тієї ж технологічної колії або попадати в одні і ті ж рядки, щоб сіяти «слід в

слід» декілька років.

Саме **RTK-технологія** найбільш ефективно підходить для точного землеробства.

Стаціонарні радіостанції являють собою валізки вагою до 4 кг, в яких знаходяться GPS-приймач, радіомодем і антена.

Власна **RTK** досить ефективна у зв'язку із тим, що при передачі з супутника сигнал втрачає точність, без застосування спеціального обладнання реальна точність позиціонування становить до десятків метрів. Проблемою їх використання є висока вартість станцій (близько 10-15 тис. євро, станом на 2024 р.). Використання RTK-сигналу з власної станції найбільш доцільний для господарств з великою кількістю техніки та наявністю ІТ-спеціаліста.

Базова станція RTK дозволяє зменшити похибку при GPS-позиціонуванні, використовуючи додатковий нерухомий приймач сигналу, координати якого точно відомі. Вона розраховує та формує корекцію – різницю між своїми реальними координатами й тими, що отримано зі супутника. Приймач, за цією поправкою, визначає з точністю до 1 см власне розташування на відстанях до 48 км від базового приймача. Для отримання корекції (Δ) використовуються радіомодеми або інтернет (рис. 49).

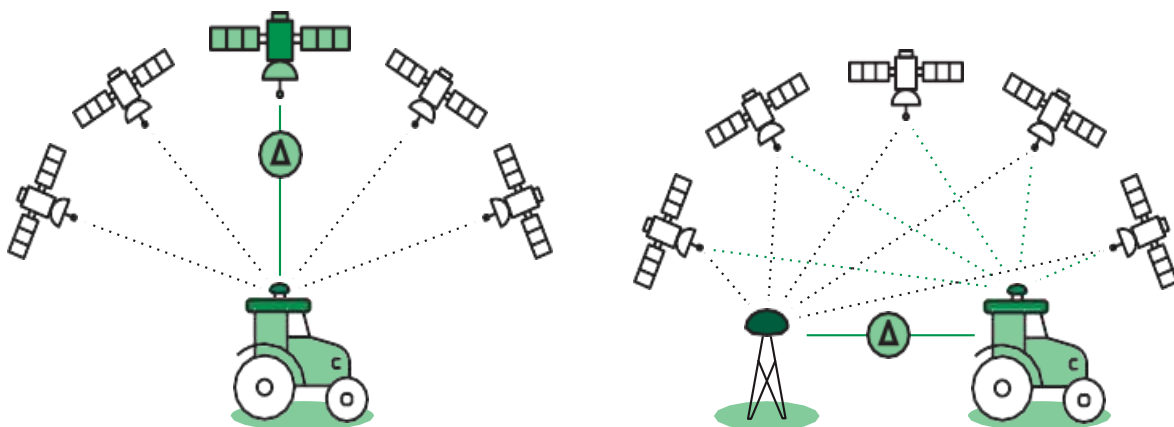


Рис. 49. Особливості роботи супутникового сигналу з та без RTK-станції (компанія FRENDT)

Сьогодні уже відомі та ефективно зарекомендували себе цілі мережні RTK-станції. Наприклад мережа RTK-станцій FRENDR забезпечує покриття полів точним 2-сантиметровим RTK-сигналом по всій території України. Модеми FRENDR мають два GSM-модуля й працюють відразу з декількома операторами мобільного зв'язку та системою Starlink, що дозволяє отримувати безперервне покриття мережею на будь-якому полі. Покриття сигналом здійснюється через

наступні мобільні мережі: Vodafone, Київстар, Life, Intertelecom та супутниковий інтернет Starlink (рис. 50).

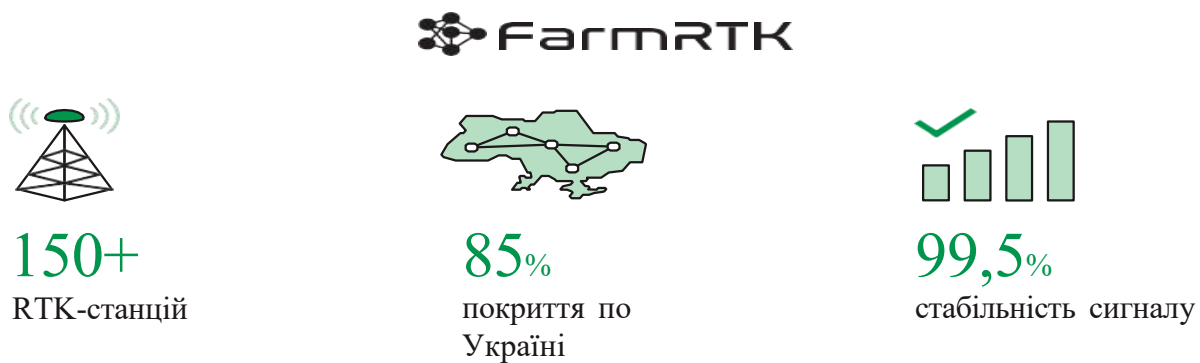


Рис. 50. Мережа RTK-станцій FRENDD

Підключення до мережі RTK-станцій, наприклад: AgroRTK або FarmRTK коштує ~850 €/рік і не потребує ресурсів на встановлення та обслуговування базової станції.

II клас точності, забезпечується ліцензійним, платним сигналом OmniSTAR, TerraStar, Trimble RTX або StarFire. Точність $\pm 3,5\text{-}25$ см, вартість підписки 300-700 \$/рік. Це додатковий супутниковий сигнал, що покращує точність в декілька разів (залежно від вартості).

В залежності від типу підписки OmniSTAR забезпечує декілька рівнів точності: **VBS** та **HP/XP**.

VBS (віртуальна базова станція) дає майже таку ж точність, як EGNOS – $\pm 15\text{-}20$ см. Цього достатньо, щоб якісно проводити обприскування або внесення добрив. Підписка на VBS коштує до 1,5 тис. євро в рік, або 3 євро за годину (при замовленні не менше 150 годин).

HP/XP забезпечує точність $\pm 5\text{-}10$ см. Використовує супутникову навігацію для посіву просапних культур, подальшого обробітку рядків і складання карти полів та урожайності. Річна вартість HP/XP коштує на порядок дорожче. Щоб користуватися сервісом VBS та HP/XP, потрібно мати GPS-приймач, який підтримує такі послуги, або удосконалити GPS-приймач початкового рівня, добавивши до нього спеціальну антену і програмне забезпечення.

III клас точності, надає система EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Services – система широкозонної диференціальної навігації) / WAAS та E-Dif (рис. 51). Система EGNOS використовує сигнали супутників навігаційних систем NAVSTAR і ГЛОНАСС, двох супутників Inmarsat 3f2 (Atlantic Ocean Region - East, Indian Ocean Region), Inmarsat 3f4(AOR-W), PanAmSat(LM-RPS-1), MTSAT2 і супутника Artemis.



Рис. 51. Claas copilot S 7 і RTK мобільна станція при роботі з сигналом EGNOS або EDIF

Цей сигнал безкоштовний, забезпечує точність $\pm 15\text{-}30$ см і навіть до ± 50 см, дає змогу проводити внесення агрохімікатів, боронування та посів. Крім того можна визначати площу полів та слідкувати за технікою, яка працює в полі.

IV клас точності, це **GPS** – Global Positioning System сигнал. Він забезпечує точність ± 100 см.

V клас точності, це навігаційний сигнал, який забезпечує точність $\pm 5\text{-}7$ метрів.

Сигнал супутників може втрачати точність, зокрема виділяють три основні причини спотворення GPS-сигналу: атмосферні неоднорідності, перешкоди від об'єктів (лісосмуги, елементи рельєфу, лінії електропередач) та відбивання сигналу. Тому на практиці точність сигналу протягом робочого часу корегується.

Для невеликого господарства можна використовувати прилад з ручним керуванням та точністю 30 см, що встановлюється на МТЗ який агрегатується з широкозахватним агрегатом, як то обприскувач або розкидач добрив. Власнику, що має потужний імпортований трактор та бажає вести посів не просапних культур, щоб використовувати його на всі сто відсотків, потрібен автопілот з безкоштовним або платним сигналом. Підприємству, що використовує 2-5 автопілотів варто використовувати базову станцію або РТК.

Найбільш поширеними системами паралельного водіння є: **Trimble, Raven, Fj, Topcon, Ag Leader, Hexagon, John Deere, Claas, TeeJet**

Technologies та інші.

Точне управління сільським господарством починається з управління сільськогосподарськими машинами, яке здійснюється за візуальної підтримки автоматичного управління сільськогосподарськими машинами паралельно до визначеної граничної лінії (лінія А-Б рис. 52 та 53) та проходження машини паралельно контурам поля.

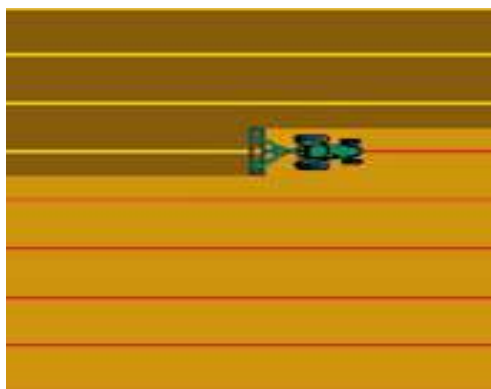


Рис. 52 та 53. Проходження сільськогосподарського агрегату паралельно контурам та поворотам поля.

Контури поля це точна цифрова карта полів, яку можна завантажити у будь-яку систему Farm-менеджменту (або Google Earth) та використовувати як основу для створення навігаційних маршрутів руху техніки, карт-завдань посіву, внесення добрив та ЗЗР, аналізу ґрунтів та моніторингу врожайності.

Існують **три основні методи створення електронних контурів поля**: 1) об'їзд поля (+ RTK-приймач); 2) обліт поля дроном; 3) використання супутникових карт.

За допомогою такого водіння можна зробити паралельні прямі та криві, а також кругові та спіральні ряди. Якщо на полі є перешкоди (наприклад, осередок з деревами), то пристрій призупинить паралельне водіння та об'їде його, а потім продовжить виконувати рядність. Можна ускладнити задачу, задаючи зону розвороту на краях поля. Тоді пристрій розраховує поворот і буде орієнтуватися, коли та як повертати. При встановленні такої системи на трактор механізатор спостерігає за показниками пристрою в середині кабіни та слідує тільки за тим, щоб на полі не зустрілося каміння та інші крупні перешкоди.

Навігаційні лінії для керування технікою можна створити прямо на полі, задавши точки початку та кінця руху. Але для підвищення точності

та знаходження оптимального маршруту навігаційні лінії можна завчасно побудувати на основі електронних контурів поля. В такому разі, лінії можна буде використовувати протягом всього сезону на різній техніці – для додаткової мінімізації витоптування культур. Лінії навігації можуть бути передані як онлайн, так і через USB-накопичувач (флешка), залежно від виробника терміналу (рис. 54).

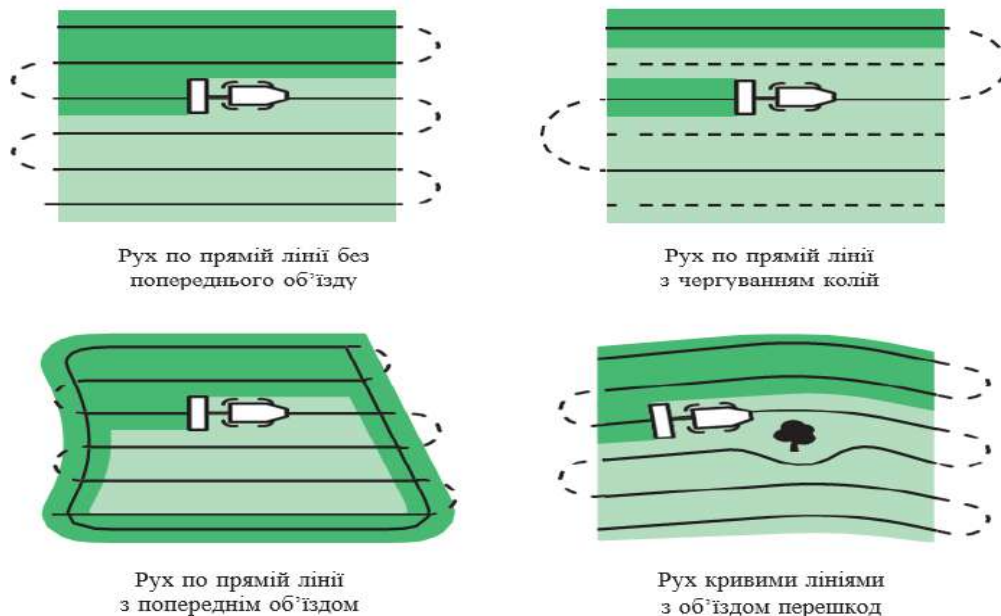


Рис. 54. Типи навігаційних ліній

Claas GPS Copilot працюють вночі та за поганої видимості на безкоштовних сигналах E-Dif (більш точний сигнал) та EGNOS (стандартний сигнал для систем паралельного водіння). Має точність ± 15 см.

E-Drive S2 забезпечує внесення пестицидів, добрив, проведення ґрунтообробних операцій, скошування, посів та збирання врожаю.

Outback S 2 (рис. 55) – система паралельного водіння з гідравлічною системою підрулювання, системою компенсації нахилу трактора та базовою станцією. Базова станція дає точність 5-10 см, має необмежений час роботи, що дає змогу здійснювати високоякісний посів просапних культур.

Забезпечує рух по колії, гребнях, борознах, рядках і валках.

Використання пристроїв паралельного водіння надає наступні переваги:

- максимально використовується ширина агрегату, перекриття рядків зводиться до мінімуму;
- дає змогу працювати вночі та за низької видимості –

збільшуючи при цьому коефіцієнт завантаженості техніки (продуктивність техніки може збільшитись на 15-20 %);

- виключає необхідність додаткових матеріалів для маркування рядків;
- підвищує швидкість руху агрегатів та комфортність роботи водія.



Рис. 55. Система паралельного водіння Trimble CFX з гідравлічною системою підрулювання

Важливе значення прилади паралельного водіння та автопілоти мають для використання **технологічних колій**. Часто безладний рух по полю великої кількості техніки неодмінно призводить до надмірного ущільнення ґрунту та погіршення водопроникності та дренажу, прискорення ерозії та зниження врожайності.

Створення **технологічних колій** дозволяє чітко розділити зону посівів та смуги руху техніки, що на практиці відповідно означає: одні й ті ж колісні колії використовуються для обробки ґрунту, посіву рослин, обприскування та збирання врожаю; колеса всіх тракторів та машин встановлені на однакову або кратну ширину колії.

До **переваг використання технологічних колій** відноситься: підвищення врожайності та відновлення азоту ґрунту орієнтовно на 15 % (за даними компанії Френдт); зменшення потреби в обробці ґрунту для формування насінневого ложа, яке утримує вологу, добре дренується і має на 35 % більше доступної для рослин води; ефективне використання технологій прямого посіву; скорочення на 70 % часу та витрат на посів; відсутність перекриттів під час усіх операцій.

Системи керування агрегатами допомагають трактору та

навісному обладнанню рухатись по одній лінії та підтримувати високу точність під час руху на схилах, що знижує пошкодження культур, підвищує повторюваність колій та покращує врожайність.

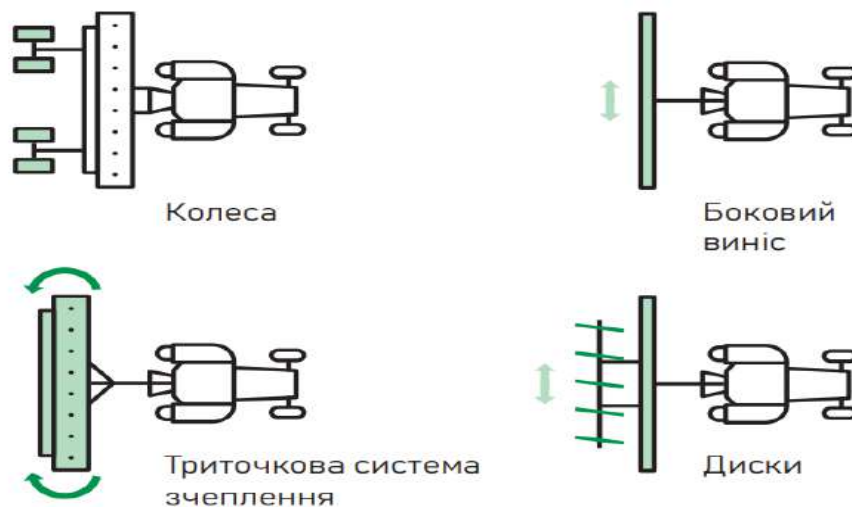


Рис. 56. Види пристроїв для активного керування

Існує два типи керування агрегатами: активне та пасивне. Обидва вимагають наявності ще одного GPS-приймача розташованого на самому знарядді. При пасивному керуванні трактор змінює свій рух так, щоб агрегат постійно знаходився на потрібній траєкторії. При активному керуванні навісне обладнання управляється незалежно від трактора. Це може бути досягнуто за допомогою регульованої триточнової системи зчеплення, керованих осей або коліс, за допомогою великих дисків для керування знарядь (див. рис. 56).

Існують готові **шаблони створення технологічних колій**:

OutTrac – широка колія для комбайнів й вужча для усього іншого обладнання вирівняного на одній осі. Усі знаряддя налаштовані на однакову ширину колії.

TwinTrac (на схемі відсутня) – трактор їде поряд з комбайном, при цьому ширина знарядь складається з ширини колії комбайну та трактору. Наприклад, колія 3 м на комбайні та 1,8 м на тракторі дає ширину захвату 4,8 м.

AdTrac – трактор проїжджає всередині колій. Вкрай необхідно, щоб ширина робочих органів була кратна ширині обприскувача.

Системи керування агрегатами (рис. 57) допомагають трактору та навісному обладнанню рухатись по одній лінії та підтримувати високу точність під час руху по схилах. Це знижує пошкодження культур, підвищує повторюваність колій та покращує врожайність.

Не можна не згадати, також, про системи візуального водіння, що не використовують супутники, а обладнанні цифровими камерами і мають точність $\pm 3\text{-}5$ см. Laser Pilot за допомогою лазерного променя визначає границі рядків і на основі отриманих сигналів направляє зернозбиральний комбайн, оптимально використовує при цьому жатку. Ця система забезпечує високу експлуатаційну надійність навіть при роботі із полеглими зерновими та вночі, оптимально використовує ширину захвату жатки, збільшує точність визначення площі і розташування врожаю, підвищує продуктивність скошування.

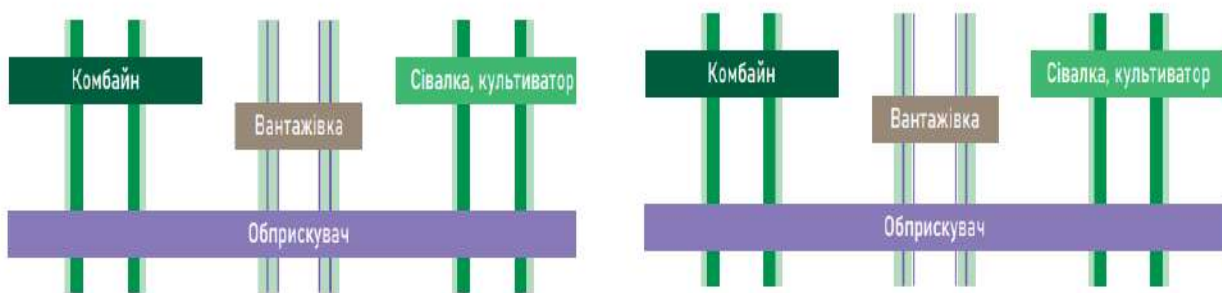


Рис. 57. Системи керування агрегатами

Система паралельного водіння пропонує активну участь механізаторів в управлінні машиною, а **автопілот** дає змогу автоматизувати процес управління. **Автопілоти** бувають **двох рівнів**: повністю автоматична система, коли участь механізатора не вимагається, і система допоміжного управління (**підрулюючий пристрій**).

При роботі з підрулюючим пристроєм механізатору потрібно слідувати за перешкодами на шляху та брати управління на себе в кінці проходу, коли потрібно розвернутися.



Рис. 58. Система Claas cam pilot

Дякуючи сучасним камерам стало можливим повністю автоматичне управління навіть при русі техніки по коліям, рядах та гребнях. Це дає суттєві переваги при роботі із вертикальними культурами. Результатом стає суттєва частка збереження рослин, особливо таких цінних рядкових культур, як соняшник, спаржа, картопля і т. д. (рис. 58).

За допомогою унікальної трьохвимірної камери система Claas cam pilot реєструє просторову структуру поля перед трактором. Автоматично і не травмуючи рослин вона направляє машину по рядах, коліях, гребнях, валках і борознах.

5.9. Сівба в системі точного землеробства

Сівба один із відповідальних елементів технології вирощування від якої залежить індивідуальна продуктивність рослини та посіву в цілому. Сівалка має забезпечити чітке дотримання глибини загортання насіння, оптимізацію розподілу площі живлення, добрий контакт з ґрунтом та доступ до ґрунтової вологи. Забезпечення якісної сівби – це складний процес, що вимагає від оператора досконалого знання матеріальної частини сівалки, використання елементів інтенсифікації та досягнень науково-технічного прогресу і інструкцій з експлуатації техніки.

Часто складність технології в поєднанні з людським фактором є причиною неякісного посіву і відповідних фінансових втрат на старті господарського року. Наприклад, посів кукурудзи відбувався відразу після посіву соняшника. При заміні насіння працівники, що здійснювали обслуговування та налаштування сівалки не провели налаштування сівалки і не встановили необхідної норми висіву. В результаті чого було здійснено посів 55 га кукурудзи з нормою 63 тис. насінин на га. В наслідок цього зниження врожайності кукурудзи склало 2,3 т/га на 55 га, що становить 126,5 тонн. За ціни кукурудзи 140 \$ за тонну сума не отриманого доходу становить 17710 \$, або 322 \$/га.

Звичайно, що для того щоб виконати якісну сівбу потрібно використовувати підготовлене насіння (каліброване, інкрустоване, дражоване і т. д.) високих категорій, правильно налаштувати сівалки, контролювати швидкісний режим посіву, використовувати системи контролю якості сівби та проводити індивідуальний контроль кожного висівного апарату (рис. 59) в режимі реального часу і оперативне реагування та усунення причин в разі відхилення від заданих параметрів висіву.

За недостатньої точності сівби сільськогосподарських культур перевитрати на технологію можуть становити до 18,0 \$/га, а втрати врожайності, наприклад кукурудзи 12 \$/га за рахунок нерівномірності розміщення рядів (**Innovations quotient (IQ)**). Надмірне перекриття призводило до перевитрати насіннєвого матеріалу, зниження виробітку

на 5 %, відповідно з'являлися додаткові затрати на паливе, заробітну плату, чи на залучення орендованої техніки.

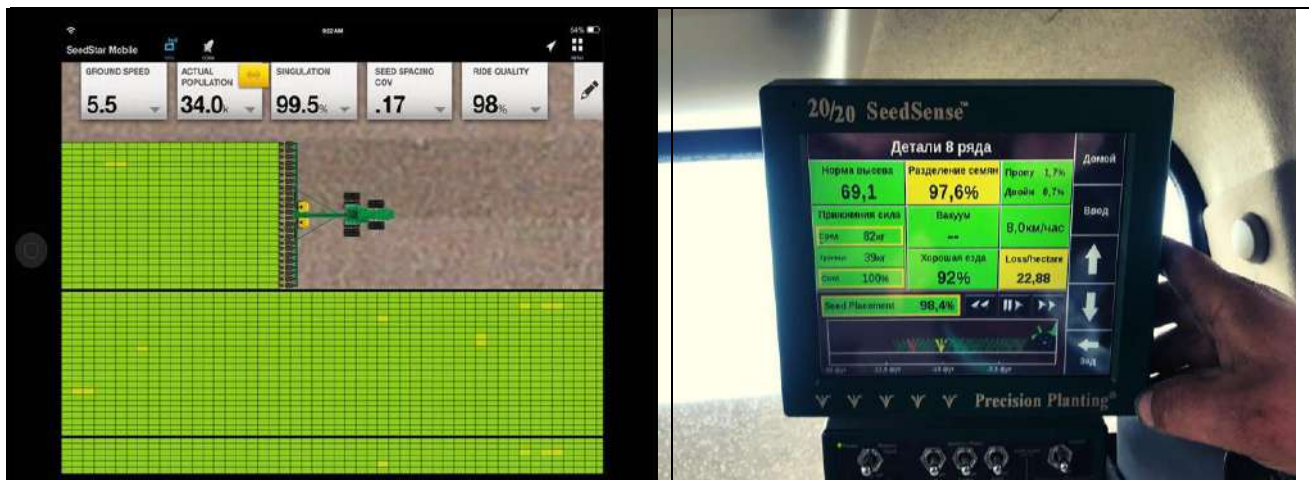


Рис. 59. Контроль за якістю сівби за допомогою SeedSense

Важливе значення у технології сівби культур широкорядного способу сівби має можливість відключення секцій сівалки, яка дозволяє проводити обсів без додаткового перекриття. Виробничий досвід показує, що середнє перекриття 16-ти рядної сівалки становить 7 % площі поля, при цьому перевитрати посівного матеріалу 5 \$/га, зниження врожайності в зонах перекриття на 25 % або 15 \$/га і більше. Чим більша робоча ширина сівалки, тим більше перекриттів. Відсоток перекриттів залежить від форми та площі поля – чим воно більше, тим менший відсоток перекриття. Точка окупності по-рядного автоматичного відключення на 16-ти рядній сівалці – 1000 га.

Більшість сучасних сівалок мають гідравлічний або електричний привід, що дозволяє проводити посів зі змінною нормою та відключенням секцій. Головний елемент, завдяки якому змінюються норми внесення, – це привід висівного апарата. Моделі з механічним приводом потребують переобладнання.

Відключення секцій на вже засіяних ділянках або за межами поля дозволяє уникнути перекриттів, підвищити швидкість роботи, збільшити врожайність та заощадити на посівному матеріалі. Наприклад, посів просапних культур вимагає більшої точності через конкуренцію рослин за життєвий простір. На полі складної форми економія посівного матеріалу може досягати 15 % (рис. 60).

Наявність сучасних датчиків сівалки дозволяє відстежувати процес сівби у реальному часі та отримувати інформацію про роботу кожної секції, а у разі некоректного висіву – змінити налаштування сівалки.

Система Precision Planting дає змогу записати фактичну норму висіву, швидкість посіву, визначити пропуски та перекриття.



Рис. 60. Посів без перекриттів завдяки відключенню секцій сівалки (фото – ЕВ Marfell and Son)

Попри те, що вже існують технології **посіву** з використанням датчиків, найчастіше посів зі **змінною нормою (диференційний посів)** здійснюють на підставі карти-завдання (рис. 61). Для побудови такої карти потрібно спочатку виділити зони продуктивності поля та обрати норму висіву для кожної зони.

Варто взяти до уваги, що оптимальна норма висіву може змінюватися залежно від конкретної ділянки, культури та гібриду. Наприклад, для кукурудзи норми висіву збільшуються в зонах високої продуктивності та зменшуються у зонах низької продуктивності, а для сої – навпаки. Тому для вибору оптимальної норми та досягнення найбільшої рентабельності варто провести власні дослідження, наприклад, з використанням тестових смуг чи ділянок.



Рис. 61. Карта-завдання для диференційного висіву та фактична карта висіву насіння

Сучасні системи контролю висіву, один із найважливіших елементів точного посіву, дозволяють в режимі реального часу відстежувати хід посіву.

Система контролю працює наступним чином: на висівний канал встановлюється датчик контролю висіву, що фіксує кількість насінин, які проходять через сошник. Дані про кількість використаного посівного матеріалу, швидкість та розташування агрегату відображаються на моніторі оператора в реальному часі (рис. 62). Це дає змогу оперативно впливати на якість операції, переналаштувавши техніку. В деяких системах є можливість передачі даних на віддалений сервер – тобто диспетчери можуть віддалено контролювати роботу техніки.



Рис. 62. Монітор системи контролю висіву Hexagon

Після закінчення посіву отримуємо фактичну карту висіву, яку надалі можна використовувати для планування врожайності, складання карт диференційного внесення добрив, а також для загальної оцінки якості виконаних робіт

Досить ефективним методом контролю за якістю сівби є використання дронів (рис. 63).

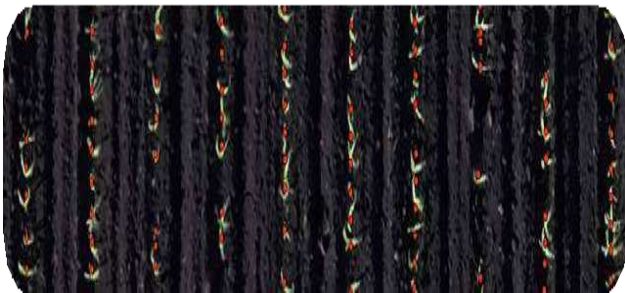


Рис. 63. Визначення якості сівби та підрахунок кількості паростків за допомогою дрона

Можливості сучасних камер дозволяють досить точно визначати кількість рослин на одиниці площі, що створює можливість ефективного контролю на великій площі.

5.10. Моніторинг густоти та щільності посіву

Після появи сходів виникає необхідність підрахувати рослини, щоб визначити їхню щільність у полі. Також необхідно визначити стан перезимівлі озимих або стан рослин після пошкодження градом, зливами, післядії гербіцидів, пошкодження шкідниками тощо. Виходячи

із густоти приймається рішення про збереження або пересів культури на полі.

В агрономічній практиці для визначення кількості рослин на 1 га поля потрібно порахувати кількість рослин на довжині рядка відповідно до ширини міжряддя і додати три нулі до отриманого значення, що відповідатиме кількості рослин на одному гектарі. Наприклад, на посіві соняшнику з міжряддям 70 см на заліковій довжині 14,3 м нарахували 54 рослини, що відповідає 54 тис. рослин на гектар. За міжряддя 30 см довжина ряду для вимірювання має бути 33,3 м. І таких вимірювань на полі залежно від його площі буде понад десяток, в більшій мірі такий облік проводять в одній-двох точках на полі, що може не відповідати реальній середній щільності рослин у полі.

Сьогодні з'явився більш точніший спосіб визначити густоту – за допомогою дронів з використанням звичайної RGB-камери і програми (сервісу) з машинного навчання (рис. 64). Використовуючи спеціальну програму, комп'ютер виділяє цільові рослини червоними квадратами і веде їх підрахунок (рис. 64а). Основне завдання – це навчити програму виділяти саме цільові рослини, які вона відрізняє за формою й розміром, а зменшити похибку, тобто програмуємо чітко виділяти рядки (це легко зробити, особливо для ширококорядних культур), і далі відбувається розпізнавання та підрахунок рослин в рядку, не зважаючи навіть на велику кількість рослинних решток на полі (рис. 64б).

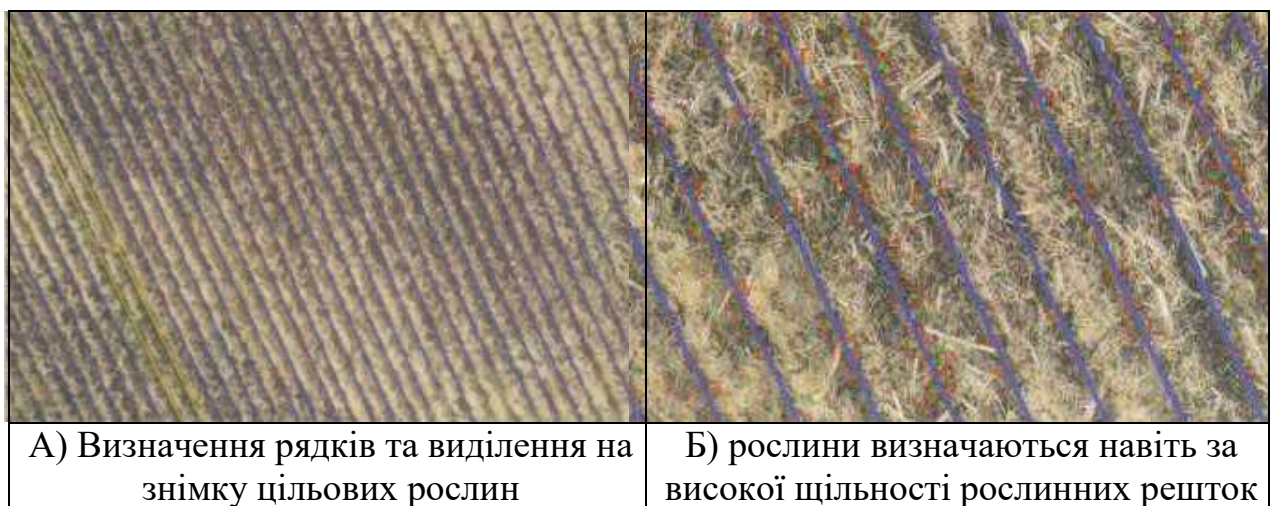


Рис. 64. Оцінка сходів ріпаку озимого за допомогою дрона і SkyGlyf сервісу

Важливою деталлю є утримання відповідної висоти зйомки, бо від неї залежить площа знімка і відповідно розрахунок щільності рослин. Проте витримати стабільну висоту польоту дрона досить важко, тому в

розрахунках можлива похибка. Програма прораховуватиме кількість рослин на знімку, але фактична площа поля, яка потрапила в цей знімок, може відрізнятись від розрахункової. Для розрахунків береться бажана польотна висота, виставлена дослідником, але з огляду на рельєф поля дрон може відхилятися від цієї позначки. Цю проблему вдалося вирішити для широкорядних культур, де для розрахунку площі знімка використовували ширину міжряддя. Дана величина стала, хоча деколи можуть бути огріхи, коли рядки подвоюються внаслідок помилок під час сівби. Однак таке буває нечасто і ці ділянки можна просто не враховувати в розрахунках.

Ще однією проблемою є недостатня роздільна здатність камери для роботи на культурах із вузькорядним способом сівби. Наприклад, в господарстві Рівненської області обстежили густоту стояння рослин ріпаку перед входом у перезимівлю. Вважалося що густота рослин на полі мала бути 1250 тис./га, а підрахунок дроном показав лише 85 тис./га. Причина такої розбіжності в тому, що в процесі машинного навчання програма орієнтувалася на фазу розвитку ВВСН 12-14 і вище, а рослини в меншій фазі розвитку ігнорувалися. Обстеження здійснювали перед входом ріпаку в період перезимівлі, тому вірогідність того, що сходи у фазі ВВСН 00-10 відновлять вегетацію навесні, дуже низька. Огляд поля проводили з одного краю, тоді як з іншого ріпак мав гірший стан перед входом у перезимівлю, що видно зі спектрального знімка.

Для господарства стало зрозумілим те, що перезимувати навіть за добрих кліматичних умов зможе лише 65 % рослин від усіх, тому варто планувати це поле як ризикове, яке, можливо, доведеться навесні пересівати іншою культурою. Взагалі, проблема пересіву традиційно складна для ухвалення коректного управлінського рішення, тому що це додаткові ресурси до вже витрачених, але якщо таке рішення обґрунтоване і виважене, то ухвалюється легше і швидше, що важливо для запобігання зайвим втратам. Особливо часто дані питання виникають навесні після перезимівлі озимих культур.

Наступним прикладом використання дронів для оцінки зрідженості посівів є господарство в Запорізькій області із посівом озимого ріпаку. Встановлено, що після перезимівлі густота рослин була зрідженою, але власник ніяк не міг зважитися на пересів і скористався послугою обстеження за допомогою дрона. Після виконання ортофотоплану поля вже візуально було зрозуміло, що посів має великі прогалини і рослинний покрив дуже нерівномірний. Наступним кроком була фрагментація даного ортофотоплану, де виділили окремо сегменти з

рослинним покривом і ґрунтом та підраховували площу кожного складника (табл. 24).

24. Характеристика розподілу площі поля за складниками згідно із результатами побудованої з дрона карти

Об'єкт	Площа, га	Площа, %
Рослини	23,7	20,5
Ґрунт	87,3	75,6
Незшиита область	4,5	3,9

У результаті аналізу виявилось, що рослинами ріпаку зайнято лише 20 % площі, а 87 % – це ґрунт, де рослини не перезимували або їхня густота низька. На підставі цих даних було прийняте рішення пересіяти поле із соняшником. У результаті господарство хоч і понесло затрати на пересів, але з поля отримало прибуток, якого не було б, якби залишили ріпак, тому що врожай з площі 20 га був би для господарства збитковим. Тим часом з цього поля було отримали понад 3,0 т/га соняшнику, що перекрыло понесені затрати і забезпечило отримання прибутку.

Наведемо ще один приклад оцінки стану посіву через сегментацію. Посів цукрового буряку пошкодив град і господарство замовило оцінку рівня заподіяної шкоди, щоб з'ясувати, що прийняти правильне рішення. Провели обстеження квадрокоптером і на спектральній карті виділили два сегменти з різним забарвленням, де червоні ділянки – зони високого пошкодження, сині – стан рослин задовільний (рис. 65).

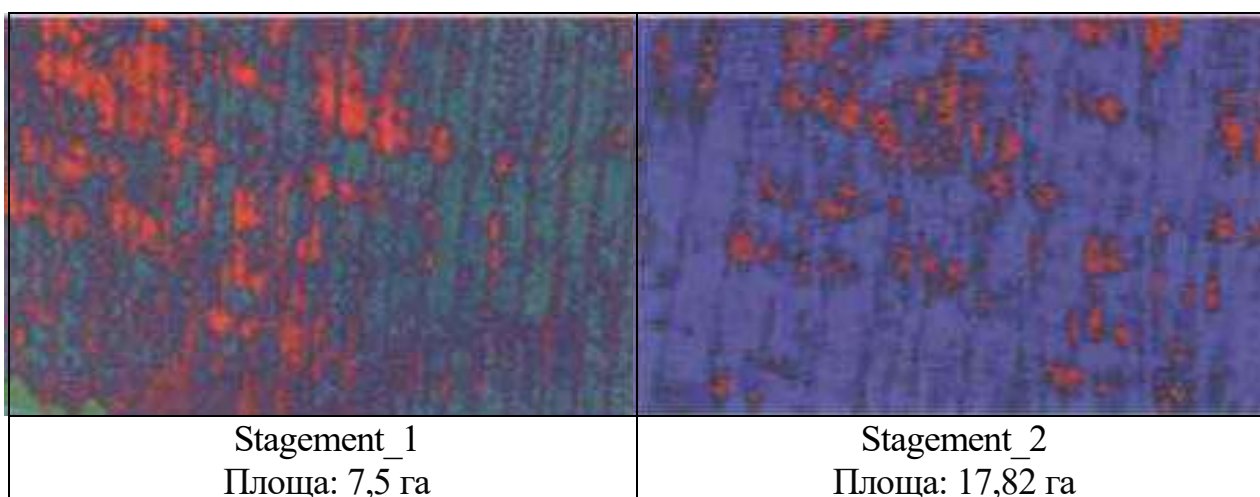


Рис. 65. Сегментація поля цукрового буряку, пошкодженого градом

У результаті аналізу отриманої карти (рис. 65) вдалося точно

встановити, що на полі площею понад 25 га біля 30 % (7,55 га) посіву знищено. Проте на 70 % (17,82 га) буряк не сильно пошкоджено, рослини далі активно вегетували. Для зменшення наслідків пошкоджень господарству рекомендували внести антистресант.

5.11. Супутниковий моніторинг та використання дронів для вивчення неоднорідностей поверхні полів

В основі наукової концепції точного землеробства лежить поняття про існування неоднорідностей в межах одного поля. Для оцінки та визначення цих неоднорідностей використовуються новітні технології, такі як системи глобального позиціонування (GPS, ГЛОНАСС), спеціальні датчики, аерофотознімки, безпілотні літальні апарати (БПЛА) і знімки з супутників. Для аналізу та опрацювання отриманої інформації використовуються спеціальні програми на базі геоінформаційних систем (ГІС). Зібрані дані використовуються для планування висіву, розрахунку норм внесення добрив та засобів захисту рослин (ЗЗР), більш точного передбачення врожайності та фінансового планування. Дана концепція вимагає обов'язково брати до уваги локальні особливості ґрунту (інформація про кількісну та якісну оцінку родючого шару), кліматичні умови.

Супутниковий моніторинг стану полів – це отримання достовірної, вчасної та актуальної інформації. Досить складно здійснювати контроль стану полів на великих площах. Особливо це актуально у періоди вегетації культур перед збором врожаю, аналіз стану після перезимівлі рослин. Для отримання якісного та головне своєчасного висновку по розвитку та стану культур, наявності хвороб або шкідників необхідно мати величезний штат працівників, автомобілі або авіаційну підтримку. Все це потребує величезних витрат на обслуговування, розвинену мережу пунктів оперативного моніторингу, наземних станцій, у тому числі і метеорологічних. До того ж постійно змінюються кордони посівних площ, характеристики ґрунту, умови вегетації рослин. Всі ці фактори заважають отримувати об'єктивну й оперативну інформацію, яка необхідна для контролю і прогнозування сільгоспвиробництва.

Дані **дистанційного зондування Землі (ДЗЗ)** допомагають контролювати стан посівів, виділення ділянок ерозії, заболочування. Крім того, супутниковий моніторинг полегшує контроль термінів та якості проведення основних агротехнічних робіт. Регулярні зйомки

дозволяють спостерігати за динамікою розвитку сільськогосподарських культур і прогнозувати врожайність.

За даними компанії Френдт станом на початок 2022 року запуснено близько 1000 супутників для спостереження за Землею.

Супутники та дрони не конкурують між собою, а доповнюють один одного. Помітивши проблемну ділянку на супутниковому знімку, ви можете актуалізувати її за допомогою безпілота. Супутникова зйомка доступна прямо з офісу і не потребує виїзду до поля, наявності обладнання та навченого оператора. Знімки з дрона мають більшу роздільну здатність, що дозволяє роздивитися поле до рівня однієї рослини, моніторити якість виконаних операцій

Сьогодні більшість компаній, які пропонують послуги супутникового моніторингу посівів, використовують широкий перелік супутників, як-от представлені в табл. 25.

25. Основні супутники, які використовують в аграрному секторі

Назва компанії власника	Супутник	Періодичність прольоту, днів	Діапазон вимірювання	Розмір одного пікселя, м	Ширина зони покриття	Запуск
European Space Agency	Sentinel-2A Sentinel -2B	2-5	R, G, B i NIR R, G, B i NIR	10	210 км	23.06.2015 07.03.2017
NASA & USGS	Landsat 7 Landsat 8	16	R, G, B, NIR i MIR R, G, B, NIR i SWIR	30	185 км	15.04.1999 11.02.2013
NASA	Terra (EOS AM-1)	16	R, G, B, NIR i SWIR	15 i 30	60 км	18.12.1999
National Centre for Space studies	SPOT-6 SPOT -7 Pleiades-1A Pleiades -1B	1-3 1	R, G, B i NIR R, G, B i NIR	6 2	60 км 100 км	09.09.2012 30.06.2014 16.12.2011 02.12.2012
Deimos Imaging	Deimos-1 Deimos-2	3 4	R, G, i NIR, R, G, B i NIR	22 4	650 км 12 км	29.07.2009 19.06.2014
Planet Labs	RapidEye (BlackBridge)	1	R, G, B, NIR i Red-Edge	6,5	77 км	29.08.2008
DigitalGlobe	GeoEye-1 WorldView-2 WorldView -3	3 1-4 1-4	R, G, B та NIR R, G, B, NIR i Red- Edge R, G, B, NIR, Red- Edge i SWIR	1,65 1,84 1,24 i 3,7	15 км 16 км 13 км	06.09.2008 08.10.2009 13.08.2014

На основі одержаних даних та з доповненням іншими (метеорологічні дані, контроль переміщення техніки за допомогою GPS, історії полів тощо) можуть бути сформовані карти зволоженості ґрунтів на основі інтерполяції отриманих із різних ресурсів показників, розрахунки різноманітних індексів, фронтенд, бекенд, архітектура сайту тощо.

Супутники, в свою чергу, мають різну ступінь роздільної здатності. Наприклад, у Sentinel роздільна здатність одного пікселя 10×10 м (рис. 66), тобто він отримує усереднені дані зі 100 м^2 , тоді як Deimos-2 дає змогу отримати усереднені дані зі 16 м^2 , а Pleiades – з 4 м^2 .

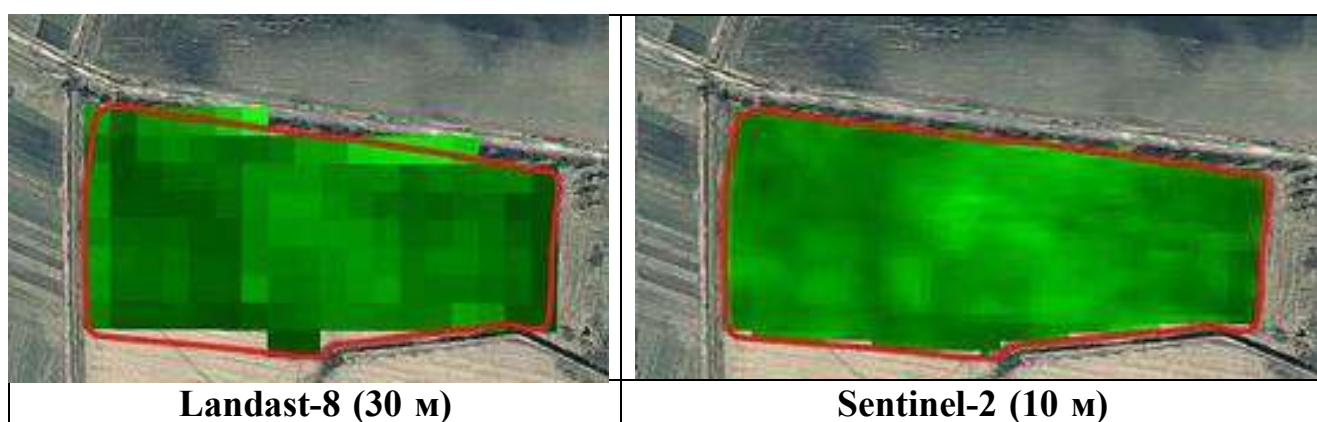


Рис. 66. Різниця у роздільній здатності супутників

Піксель – це найменший елемент (точка) двовимірного цифрового зображення з визначеним кольором і розміром. Один піксель зберігає інформацію тільки про цей певний колір. Будь-яка фотографія, зокрема спектральна, складається з пікселів, а пікселі складаються з підпікселів, розташованих у певній послідовності.

Отже, якщо роздільна здатність камери 10×10 м, то в одному пікселі міститься узагальнена інформація про середній стан рослин на 100 м^2 . А це може бути 50-60 тис. рослин пшениці або 400-600 рослин кукурудзи. Тобто ми маємо усереднену цифру вегетаційного (або іншого) індексу в одній точці з кількома тисячами або сотнями окремих рослин. Звичайно, таке умовне розмивання може давати узагальнену картину стану рослин і не дає змоги виявити невеликі вогнища виникнення інфекцій, заселення шкідниками. Що більше рослин потрапляє в один піксель, то менш конкретна інформація. Для порівняння: роздільна здатність камери квадрокоптера – 3-5 см, тобто інформація про стан однієї рослини міститься в одному або вже в кількох пікселях.

Серед переваг супутникового моніторингу – можливість одразу охопити велику площу посівів. Немає потреби в спеціальних виїздах у поле – одержати індексні карти можна через інтернет в офісі. Можливість аналізувати поля в динаміці через обрані проміжки часу. Можна подивитися історію поля, як розвинулися рослини в рік посіву, на попередниках

Серед недоліків супутникового моніторингу – приблизне картографування проблемних зон, неможливість зіставити видимий і спектральні знімки, неможливо отримати дані за хмарної погоди.

З таблиці 26 можна побачити, що навесні в період, коли потрібен активний моніторинг, протягом двох місяців супутник пролітав над полями 19-20 разів, а доступно для детектування супутником було тільки п'ять днів спостереження; решту разів зняти показники заважали хмари або туман. Тобто дані отримували з періодичністю один раз на 10-14 днів, що замало, особливо для моніторингу фітосанітарного стану посівів.

26. Кількість днів вегетаційного періоду можливих для супутникового моніторингу стану посівів, у 2020 році (за даними О. Л. Зозулі та ін., 2023)

Регіон	Кількість супутникових знімків по періодах вегетаційного сезону								
	Квітень-травень			Червень-серпень			Вересень-жовтень		
	загальна	небо без хмар	%	загальна	небо без хмар	%	загальна	небо без хмар	%
Захід	19	5	25	29	8	30	17	5	31
Південь	17	5	27	28	13	44	16	8	47
Північ	23	4	17	37	14	38	20	9	45
Схід	20	5	27	29	8	28	17	5	28
Центр	20	4	21	31	11	37	18	6	33

В оцінці стану полів важлива точність, проведемо порівняння зйомку з дрона та із супутника (рис. 67) одного поля, вимірювання зроблено одночасно з двох різних локацій.

Розмір зображення із супутника – понад 100 м² на піксель, тоді як детектування за допомогою дрона дозволяє визначати з точністю 0,0009-0,0025 м² на піксель. З практичної точки зору це один знімок із супутника на площу діаметром 10-30 м, а з дрону кожен знімок охоплює ділянку діаметром 2-5 см. Отже, знімки з камери дрону чіткіші, деталізовані, на відміну від супутникових. Варто додати, що в сучасних

камерах на супутниках набагато вища роздільна здатність – менше як метр. Проте дані з цих камер дуже дорогі і масово в аграрному виробництві не використовуються. Якість і чіткість зображення за використання БПЛА покращується десь у 1000 разів, і за допомогою дрону можна обстежити за один виліт не більше як 100 га.

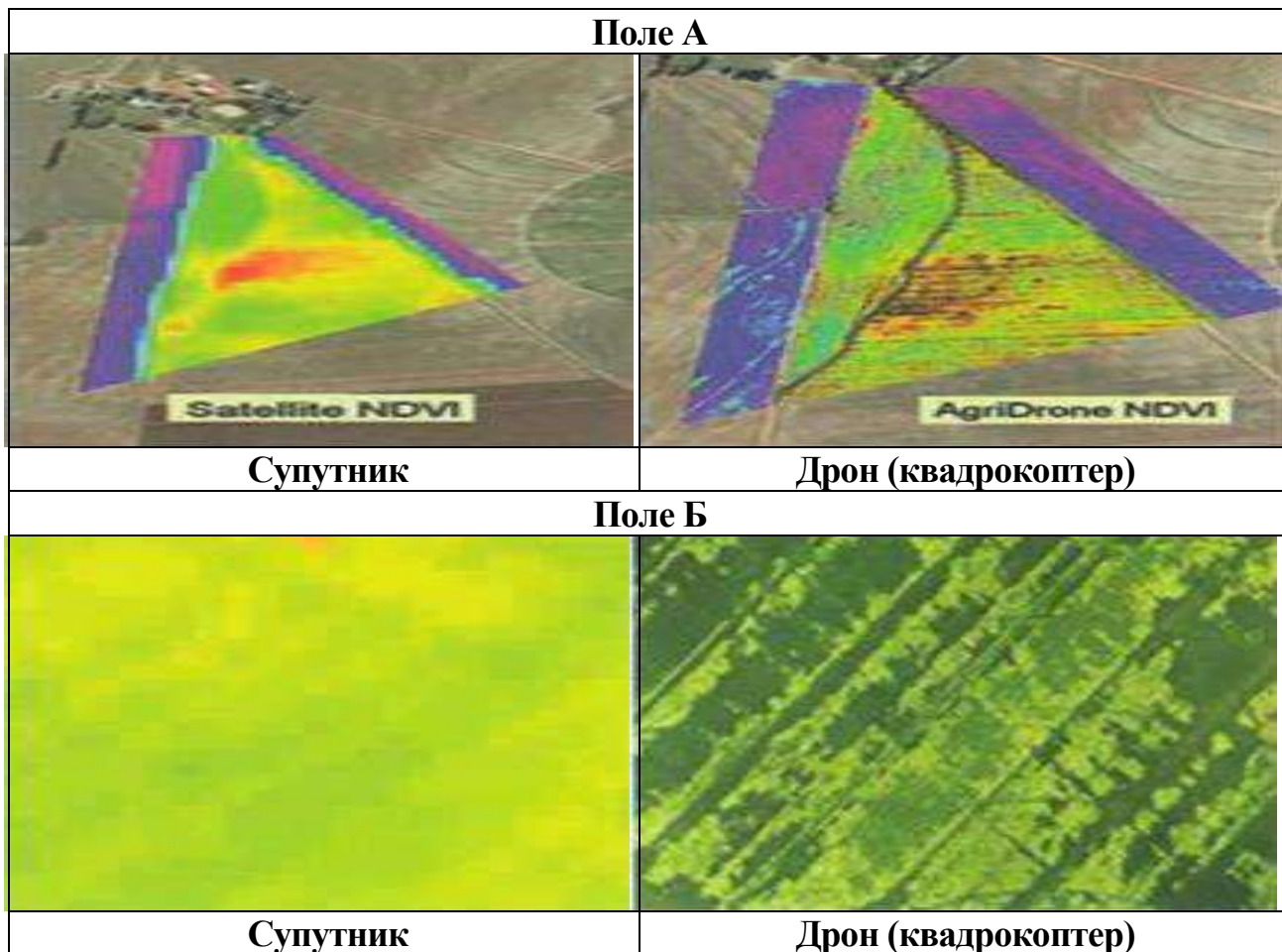


Рис. 67. Індексні карти двох полів (А, Б) зроблені із супутника та дрону

Одна з переваг використання БПЛА – можливість зробити зйомку на різних висотах із використанням як спектральної камери, так і звичайної RGB. RGB-камера дозволяє зробити вибіркові візуальні обстеження окремих ділянок поля, завдяки знімкам із високим рівнем роздільної здатності, зробленими з висоти 1-2 м, що дає можливість оцінити стан посіву без маршрутного обстеження. Можна, наприклад, підрахувати щільність сходів бур'янів і навіть оцінити тип забур'яненості, оцінити поширення хвороб та шкідників. Основні можливості, які дає використання супутникових систем і БПЛА, представлено в таблиці 27.

27. Порівняльна характеристика моніторингу посівів за допомогою супутника і БПЛА

Показники	БПЛА	Супутник
Чіткість картографування	Набагато вища, зображення з роздільною здатністю 2-5 см на піксель	Дані розмиті через посередню роздільну здатність – понад 3-10 м на піксель
Залежність від погоди	Залежність від типу вітру, перешкоджають опади. Але хмарна погода на заважає картографуванню	Сильно залежить від хмар, туманів
Діагностичні можливості	Дозволяє поєднувати зйомку мультиспектральною і звичайною камерою. Можна робити знімки на різній висоті, до 0,5-1 м від поверхні об'єкта. Під час досліджень можна провести спектральний та візуальний облік	Для роботи використовується переважно мультиспектральна камера, зйомка ведеться з великої висоти, що забезпечує отримання детальної інформації із ділянок поля
Періодичність зйомки	Немає обмежень	Лише в періоди, зумовлені орбітою супутника
Продуктивність	Невисока, на протязі години можна обстежити 50-100 га в залежності від вибраної висоти. Перед польотом багато часу займає розробка польотного завдання. Можливі збої в роботі в процесі обробки даних при зшиванні карти через погане перекриття або порушення роботи навігації (як обладнання, так програмного забезпечення)	Висока. З певною періодичністю (5-10 днів) супутник пролітає над земельними угіддями будь-якого господарства
Історичні дані	Можливо зберігати лише той матеріал, який відзнято. Відсутня чітка періодичність, тому історичні дані несистемні	Є змога переглянути історію поля за кілька років
Кількість індексів	Можна отримати будь-які індекси, передбачені програмним забезпеченням	Можна отримати будь-які індекси, передбачені програмним забезпеченням
Обробка даних	Потребує часу залежно від програмного забезпечення, на обробку одного поля необхідно від кількох годин до доби і більше. Необхідно мати спеціальні програми для обробки даних. При розробці програмного забезпечення можна встановити розрахунки більшості необхідних індексів. Є можливість вибудувати гнучку систему аналізу даних, змінювати її в процесі роботи.	Компанії, що пропонують супутниковий моніторинг, дають клієнтам оброблені дані практично онлайн після прольоту над територією, з можливістю продивитись поля в минулі періоди, порівняти дані. Також можна, крім спектральних карт, одержати додаткові дані (погода, стан вологозабезпечення, температура повітря і ґрунту тощо). Проте споживач отримує лише ті індекси, які пропонує компанія, а це може бути й один, чого не завжди достатньо для аналізу стану посіву. Водночас якщо їх кілька, є можливість швидко переходити до

Дистанційне зондування навколишнього середовища за допомогою аналізу супутникових знімків часто потребує уточнення деталей з використанням низько літаючих дронів (О. Л. Зозуля та ін., 2020; Г. М. Гнатієнко, В. М. Домрачев, В. Г. Сайко, 2021; О. Л. Зозуля Г. М. Гнатієнко, В. М. Домрачев, В. Г. Сайко, 2021). Нині в Україні дедалі зростає попит на моніторинг сільськогосподарських земель, незаконної вирубки лісів, зневоднення річкових басейнів, шкідливого впливу на екологію тощо (О. Л. Зозуля та ін., 2020).

Супутникові знімки з роздільною здатністю 3 метри не дають достатньо інформації для контролю урожаю зернових, тому слід залучати додаткові дані.

Дослідження за допомогою дронів і наземних датчиків дають додаткову уточнювальну інформацію, яка дозволяє проводити щоденний моніторинг, крім того, вона якісніша й дешевша, ніж інформація, отримана із супутників. У поєднанні з потужними методами експертного оцінювання, теорією ухвалення рішень, штучного інтелекту (Г. М. Гнатієнко, В. Є. Снитюк, 2008) технологія використання машинного навчання перспективна й актуальна в нинішніх умовах глобалізації, сучасних технологій та роботи в конкурентному середовищі.

Використовується переважно два типи БПЛА – квадрокоптери (дрони) або літаки (рис. 68). На них може бути встановлено будь-які типи камер. У виборі серед квадрокоптерів і літаків визначальні цілі обстеження. Якщо планується спектральна зйомка без RGB-деталізації окремих ділянок, то літак – кращий вибір: вища швидкість, суттєво менший час обстеження. Проте при складній конфігурації поля ця перевага нівелюється. Тому літак має переваги при обстеженні довгих, але не широких полів.



Роторний



Із жорстким крилом літачкового типу

Рис. 68. БПЛА різного типу

Для фітомоніторингу посівів квадрокоптер – більш вигідніший

варіант.

Для поглибленого дослідження стану поля важливе значення має кількість наземних датчиків і місце їх розташування. Одне з головних завдань – визначення тих сегментів супутникових знімків, які треба обстежити додатково. Для цього на першому етапі застосування математичних методів визначення точок додаткового контролю слід використовувати сегментацію супутникового знімку, наприклад за допомогою кластерного аналізу.

У дослідженні стану сільськогосподарських земель варто застосовувати експертну систему, яка використовує нейронну мережу і враховує значення різних індексів, що характеризують стан ґрунту й урожаю (О. Л. Зозуля та ін.,; V. I. Norkin, V. M. Domrachev, V. S. Kirilyuk, 2002; J. McCaffrey, 2014) (NDVI – **відносний** індекс біомаси рослин, VARI – рівень рослинного покриття, SAVI – індекс рослинності тощо).

Один із надійних способів оцінки стану полів – **експертні технології** це технології, які передбачають використання об'єктивної інформації, отриманої від дронів і наземних датчиків, агротехнічним вимірюванням окремих ділянок, визначення напрямів оптимізації. Для побудови точок встановлення наземних датчиків контролю стану ґрунту й урожаю застосовується дворівневий кластерний аналіз (рис. 69).

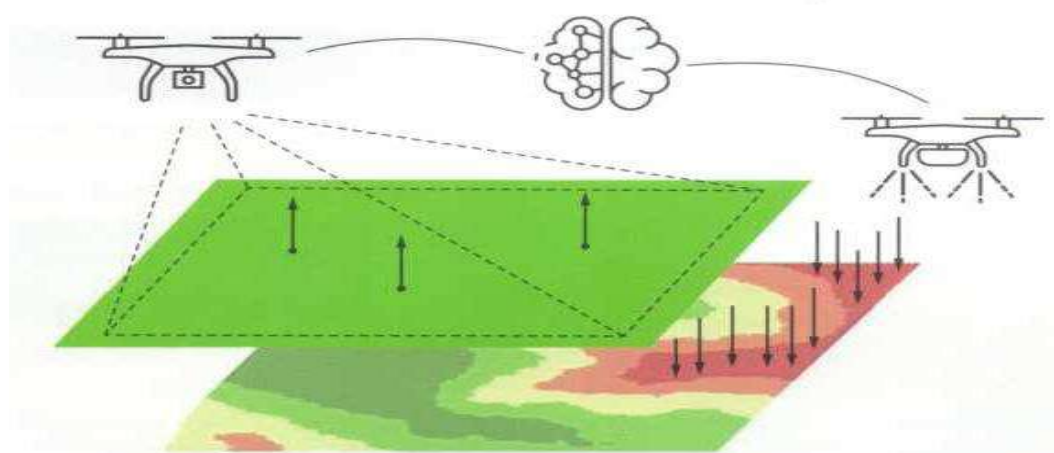


Рис. 69. Схема розміщення контрольних точок для дослідження дронами й наземними датчиками, отриманих із супутникової фотографії поля

Цілодобовий відділений фотомоніторинг полів можна проводити із використанням датчиків CropIer (Варшава, Польща) (рис. 70).

Датчик-сенсор CropIer цілком автономний, має постійну сервісну підтримку, спрощений і безпечний для поля (має мінімалістичний дизайн), дозволяє мати цілодобовий доступ до даних (щоденні

мультиспектральні знімки), точне прогнозування росту рослин за допомогою GGD, віддалено визначати стадії розвитку, фенофази рослин і поліпшувати якість врожаю, моніторити поля в режимі реального часу оптимізуючи час збору врожаю, надає значення вологості температури в режимі реального часу, приймати рішення про необхідність робіт без частоті присутності на полі, скоротити витрати на паливо, обслуговування і амортизацію транспорту, своєчасне виконання польових робіт підвищить якість і кількість врожаю, покращуючи продуктивність і рентабельність господарства. Щоденні знімки та точні дані про стан культурних рослин дозволять точно визначити фазу рослин, коли вони найбільше чутливі до бур'янів та найбільш стійкі до гербіцидів.



Рис. 70. Датчик-сенсор CropIer для віддаленого моніторингу

Встановлюється він у відповідному місці на полі, використовуючи супутникові зображення, дані місцевості і погоду, можна визначати зони продуктивності рослин. Один датчик охоплює площу 5×5 метрів для моніторингу показової частини поля. Для одного поля площею до 80 га достатньо одного датчика.

Приклади використання таких датчиків показують покращення ефективності використання добрив на 25 %, за рахунок контролю стадій росту і розвитку рослин та внесення добрив у періоди максимальної потреби для формування врожайності та мінімального впливу на навколишнє середовище. Підвищення якості продукції на 15 %, за рахунок правильного визначення періоду збирання врожаю на великих площах. Для люцерни правильне визначення фенофази дозволяє отримувати корм вищої якості, оскільки для неї важливо збирати врожай на пізніших стадіях дозрівання, але й не допускаючи перестою.

Ще один приклад моніторингу стану посівів пшениці озимої

приведемо на прикладі компанії Френдт (табл. 28).

28. Моніторинг стану посівів пшениці озимої

Строки моніторингу				
Перед посівом	В період сходів	В зимовий період	Відновлення весняної вегетації	Перед збиранням
Моніторинг стану ґрунту	Моніторинг стану	Моніторинг входження рослин в зиму	Оцінка відновлення вегетації	Прогноз врожайності
Якість обробітку ґрунту	Густота рослин	Моніторинг снігового покриву	Засмічення бур'янами	Визначення строків збирання
Карта рельєфу	Порівняння посівів		Моніторинг поширення хвороб та шкідників	Порівняння полів
Розподіл вологи на полі			Підготовка карт-завдань	
			Порівняння полів	

Шляхом залучення методів теорії ухвалення рішень і математичного моделювання визначається стратегія застосування добрив, тобто розробка серії застосування різних типів добрив для покращення стану полів, на основі застосування критеріїв типу «витрати-врожайність» (Н. Hnatiienko, V. Domrachev, V. Saiko, 2021; V. Lakhno, D. Kasatkin, V. Buriachok et al., 2018).

У завданнях, які розглядаються, можна говорити про суб'єктивний складник. Зокрема, роль суб'єктивного компоненту в завданнях геологічного моніторингу можуть відігравати саме експерти, суб'єктивно вибрані методи дослідження, респонденти в соціологічних опитуваннях, учасники голосування, особи, які ухвалюють рішення, виборці, індивіди, фахівці, суб'єкти, консультанти, дослідники, особи, аналітики, члени робочої групи, відповідальні за вибір, виборщики, учасники опитування, гравці, методи, кола турнірів, серії експериментів, судді, респонденти, замовники, менеджери, політики, «датчики» інформації, покупці, споживачі, користувачі, агенти тощо.

Спектральні камери відрізняються так само, як дзеркальний фотоапарат і «мільниця». Наприклад, камери на Mapir Survey3N і W відрізняються кутом огляду (AOV) і здатністю поділяти спектри на різні знімки, що дуже обмежує широту можливостей розрахунку індексів. Водночас це бюджетний варіант, який до того ж визначає вже готовий

NDVI. Коштує камера десь удесятеро дешевше, ніж, наприклад, Parrot Sequoia. Тому для звичайних обстежень її параметрів цілком достатньо (табл. 29, рис. 71).

Візуальні камери (RGB)			
			
DJI FC6310S	Zenmuse X3	Zenmuse P1	Hasselblad L1D-20c
Камери з мультиспектральними й візуальними сенсорами			
			
Mapir Survey3	Parrot Sequoia+	DJI FC6360	Sony MSZ-2100G

Рис. 71. Приклади спектральних камер

Parrot Sequoia дозволяє проводити зйомки по кожному спектру окремо і в такий спосіб розраховувати багато індексів. На ринку присутні камери, що здатні в одному приладі робити і RGB-знімки, і мультиспектральні. Перевагою такої камери є те, що встановлений (GPS-датчик зв'язаний із камерою, на відміну від інших, де RGB і мультиспектральні камери мають свої навігатори, що впливає на швидкість і якість обробки одержаних даних.

Недоліком всіх цих спектральних камер є те, що після сканування поля необхідно вантажити ці дані в комп'ютер і чекати на обробку, за наявності швидкісного інтернету до однієї доби на підготовку зшитої карти. У разі помилки при зйомці необхідно їхати знову в поле і повторно збирати фотографії. Іноді ж потрібно зробити первинну зйомку швидко, хай і не дуже високої якості. Для цих цілей виробники пропонують спектральну камеру Sony, де швидко і оперативно отримані індексні карти досягаються коштом посередньої якості цих даних. Згадані камери встановлюють на квадрокоптери (дрони) або інші

безпілотні апарати.

29. Оптичні прилади, що використовуються для обстеження посівів за допомогою БПЛА

Тип оптичного пристрою	Модель камери	Роздільна здатність	БПЛА	Опис камери
1	2	3	4	5
Visible Light (RGV)	FC6310S	20MP	DJI Phantom 4 Pro/Adv	Візуальна камера, яка фіксує видимі спектри Red+Green+Blue та зберігає зображення у форматах JPEG, TIFF. Роздільна здатність залежить від моделі камери
	Zenmuse X3	12,4MP	DJI Matrice 100	
	Zenmuse P1	45MP	DJI Matrice 300	
	Hasselblad L1D-20c	20MP	DJI Mavic 2 Pro	
Multispectral + RGB	Mapir Survey3 (модифікації N i W)	8MP Spectral 12MP Visible	Будь-який	Залежно від моделі камери доступні різні діапазони: Red+Green+NIR, NIR+ Green+Blue, Orange+Cyan+NIR, RedEdge, Visible Light (RGB), Near Infrared (NIR)
	Parrot Sequola+	4x1,2MP Spectral 16MP Visible	Будь-який	Найменша легка мультиспектральна камера для зйомки в чотирьох каліброваних зонах спектра Green+Red+ RedEdge +NIR
	FC6360	6x2MP	DJI Phantom 4 Multispectral	Новітня мультиспектральна камера, яка поєднує візуальний і п'ять спектральних сенсорів із такими каналами: RGB, синій, зелений, червоний, червоний-край та ближній інфрачервоний. Реалізована можливість оцінювати вегетацію під час польоту. Усе управління польотом і камерою забезпечує одна програма
	Sony MSZ 2100G	2MP Spectral 12MP Visible	Будь-який	Спеціалізована камера, яка дає можливість обробляти знімки у швидкому режимі (QuickTilling) в програмі Sony Fast Field Analyzer та зберігає знімки у форматі RAW (необроблені дані з сенсора)

Дрон із вбудованою камерою DJI Phantom 4 Multispectral дозволяє безпосередньо в полі виявити проблемні ділянки, завдяки високій продуктивності, він витрачає менше енергії на одиницю обстеження, гарантує високу роздільну якість одержаних індексних карт, але невеликої якості у видимому спектрі (RGB). Проте вона компенсується вищою якістю спектральних знімків.

Зазвичай на безпілотних літальних апаратах навішують дві камери RGB і спектральну, крім рішення DJI Phantom 4 Multispectral.

На ринку сьогодні присутні гіперспектральні камери, які дозволяють проводити зйомку в діапазоні поза видимим спектром, наприклад Specim IQ від Specim Oy (Фінляндія).

5.12. Використання даних вегетаційних індексів та світлових датчиків для формування індексних карт стану посівів

Основою побудови індексних карт є використання спеціальних спектральних камер, які вловлюють різні спектри відбитого рослинами світлового потоку та фіксують їх із прив'язкою до конкретного місцезнаходження.

Відповідно до технічних можливостей обладнання відбувається фіксація відбитого світла і перетворення цих даних в розрахункові індекси.

Електромагнітні хвилі у видимих та інфрачервоних діапазонах є частиною електромагнітного випромінювання і здатні поширюватися практично в усіх середовищах. Натомість у вакуумі (простір, вільний від матерії і тіл, що поглинають або випромінюють електромагнітні хвилі) поширення відбувається без затухання на великі відстані, а в заповненій простором речовині поширення супроводжується переміною поведінки, викликаною зміною основних характеристик електромагнітного випромінювання.

Основними характеристиками електромагнітного випромінювання вважаються частота (ν , Гц), довжина хвилі (λ , м) і поляризація (вісь поляризації). Додаткова характеристика – енергія фотонів (квантів) електромагнітного випромінювання, виражена в електрон-вольтах ($\epsilon\text{В}$), яка враховує постійну Планка (h), швидкість світла (c), енергію одного електрон-вольта ($E_{\epsilon\text{В}}$), частоту (ν) і довжину хвилі (λ).

На разі світлочутливі датчики в таких пристроях, як супутники чи БПЛА (безпілотні літальні апарати), з усього спектра електромагнітного випромінювання здатні сприймати фотони, відбиті від поверхні в різних сегментах видимого й невидимого інфрачервоного діапазону. Незважаючи на те, що видимі й інфрачервоні діапазони становлять лише невелику частину всього електромагнітного випромінювання (сонячної радіації), вони можуть дати велику кількість цінних даних про стан рослин у момент фіксації відбитого від рослин світла. Детальніша інформація про діапазони візуальних і невидимих спектрів є далі на малюнку (рис. 72).

Градація поділу на діапазони спектра світла у науці та практичній

сфері застосування можуть дещо різнитися (табл. 30). Скажімо, на супутнику Sentinel S2A синій перебуває в діапазоні 459-525 нм, а мультиспектральна камера DJI Multispectral вважає синім діапазон 434-466 нм, тоді як загальноприйнятим вважається 450-495 нм. Схожі розбіжності трапляються і в інших діапазонах спектра. Саме тому розрахунки індексів при використанні різних джерел отримання даних можуть дещо відрізнятися один від одного.

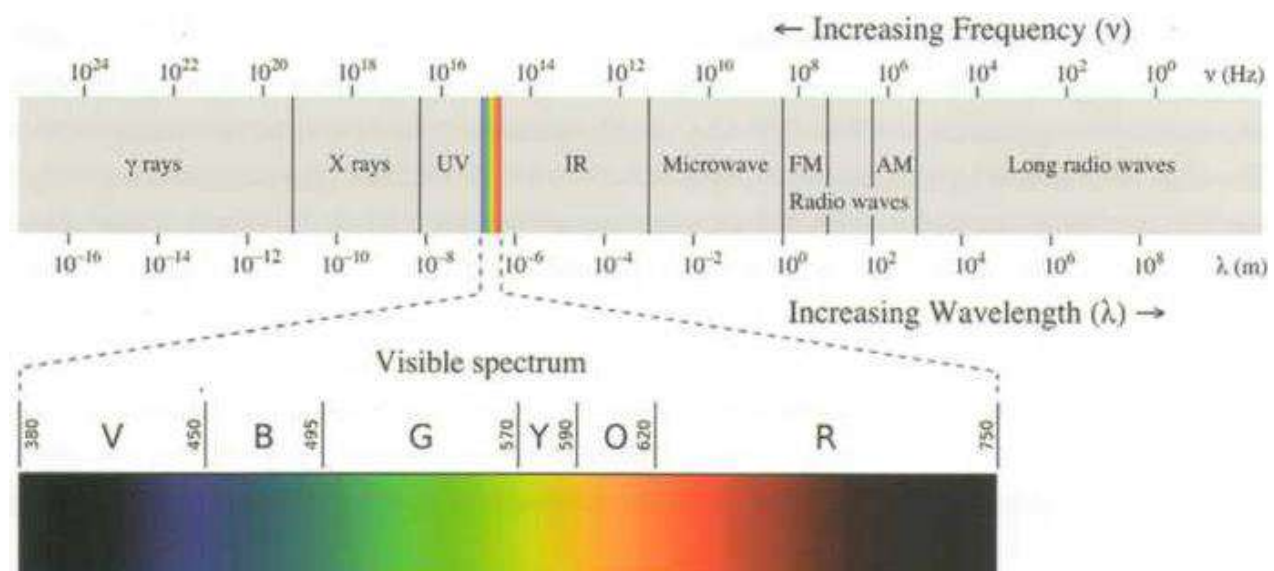


Рис. 72. Аналіз спектрального складу світлової енергії

30. Діапазон спектрів світлової енергії, залежно від контролю різними джерелами отримання спектральних знімків

(<https://www.indexdatabase.de/>, <https://www.dji.com/pl/p4-multispectral/specs>,

<https://www.sensefly.com/camera/parrot-sequoia/>, <https://www.mapir.camera/collections/survey3>)

Діапазон довжини хвиль, що їх контролюють супутники або мультиспектральні камери	Видимий (Visible), нм			Інфрачервоний невидимий (Infrared / NIR), нм		
	Синій (Blue)	Зелений (Green)	Червоний (Red)	NIR ближній	NIR дальній	Short wavelength IR (SWIR)
Загальноприйнята схема поділу	450-495	495-570	620-750	690-750	750-1400	1400-3000
Sentinel S2A/B	459-525	541-578	649-680	696-748	780-886	1563-1659 2093-2290
Landsat-8	452-512	533-590	636-673	недоступний	851-879	недоступний
Rapid Eye	440-510	520-590	630-685	690-730	760-850	недоступний
WorldView-3	450-510	510-580	630-690	705-745	770-1048	1195-1750 2145-2365
DJI Multispectral	434-466	544-576	634-666	714-746	814-866	недоступний
Parrot Sequoia	недоступний	530-570	640-680	730-740	770-810	недоступний
Mapir Survey3	458-492	530-570	635-685	700-750	807-893	недоступний

На кількість світла яка відбивається від поверхні що аналізується на шляху від Сонця впливає проходження його крізь атмосферу, особливості розсіювання та поглинання самою поверхнею та шлях від поверхні до світлочутливого датчика. В цілому весь шлях руху потоків світла – це його атмосферне розсіювання та розсіювання Релея у видимому діапазоні завдяки постійній взаємодії фотонів із частинками й молекулами в атмосфері.

Розсіювання Релея створює ефект серпанку і зменшує контрастність на зображеннях. У кольорових фото воно надає зображенню синьо-сірого відтінку. Більшою мірою таке розсіювання характерне для світлового потоку в далеко-хвильовому діапазоні, де прозорість атмосфери обмежується вузькими смугами. Такі смуги утворюють оптичні вікна в тепловому інфрачервоному діапазоні. З огляду на ці особливості багато супутникових систем оптичного дистанційного зондування Землі мають моделі атмосферної корекції, а також налаштували робочі діапазони датчиків з урахуванням атмосферних «вікон» (рис. 73).

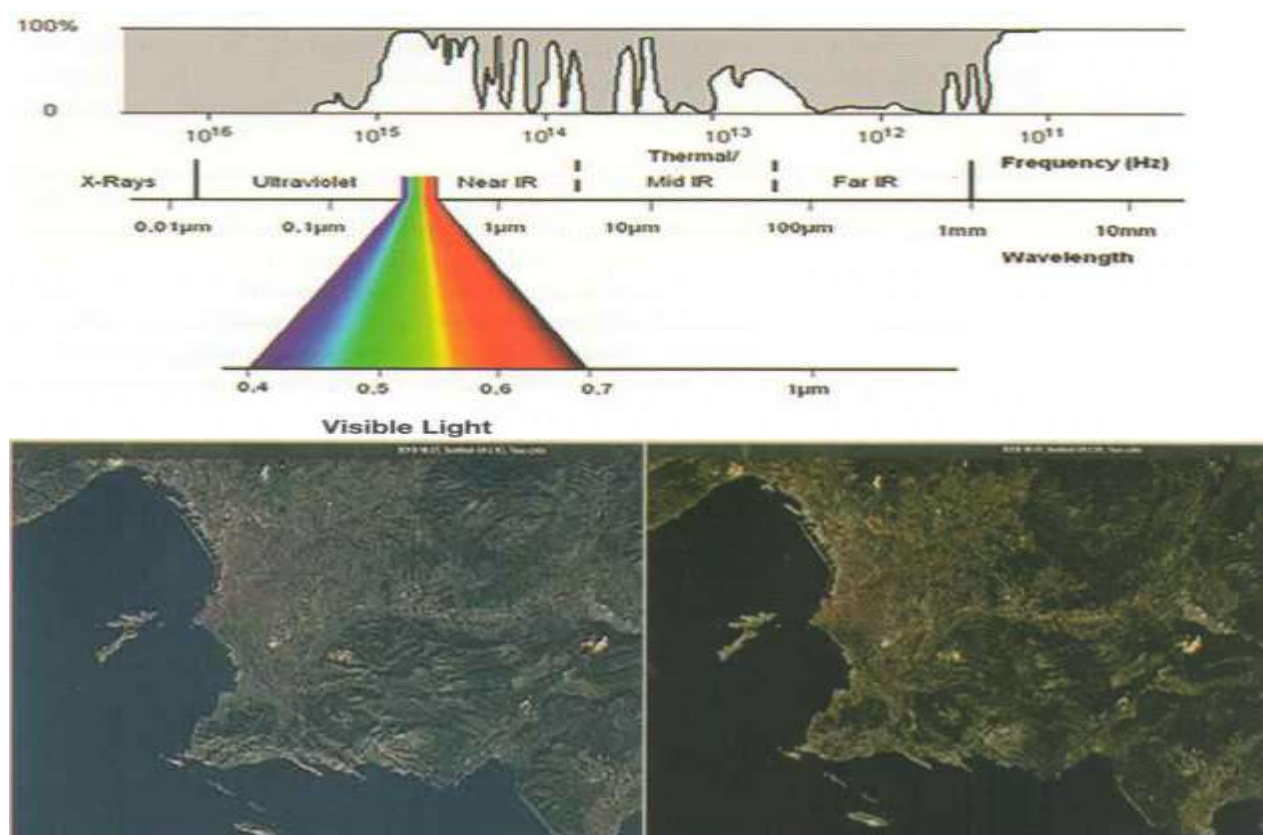


Рис. 73. Вплив атмосфери на проникнення сонячної радіації (випромінення) (<https://www.sentinel-nub.com/develop/api/ogr/custom-parameters/atmospheric-correction>, <https://seos-project.eu/remotesensing/remotesensing-c01-p04.ru.html>)

Однак можна виділити звичайний основний напрямок потоку світла і зафіксувати рівень його відбиття при взаємодії з будь-якою поверхнею (земля, рослини, водні поверхні тощо). При цьому позаяк потік світла безперервний протягом усього часу його випромінювання, в момент його взаємодії з об'єктами на поверхні з'являється умовна «бульбашка» дифузного відбиття, з якого можна виділити вектор дзеркального відбиття. У випадку з рослинами, листя яких просвічується, спостерігається також ефект вторинного відбиття від поверхонь і вторинного поглинання такого відбитого світлового потоку (рис. 74).

Характеристики **дифузної відбиваності поверхні (альbedo)** впливають на пряме відбиття світла об'єктами. Значення альbedo для заданої довжини хвилі або діапазону довжин хвиль залежить від спектральних характеристик світловідбивної поверхні, тому альbedo відрізняється **спектральними діапазонами** (видимий, інфрачервоний, ультрафіолетовий альbedo) або довжинами хвиль (**монохроматичне альbedo**).

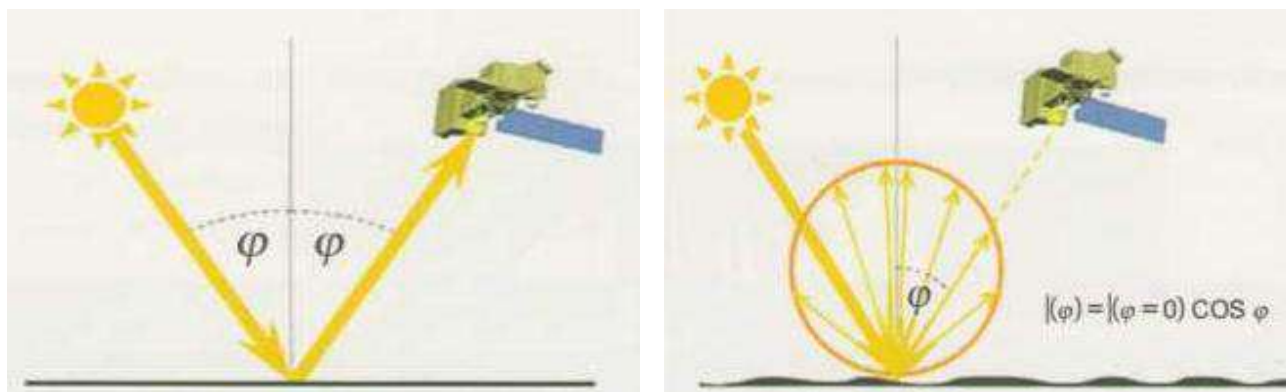


Рис. 74. Дзеркальне (ліворуч) і дифузне (праворуч) відображення відбиття світлового потоку

На відбиття світлового потоку впливає також **геометрична особливість світловідбиваної поверхні**. Тому з метою порівняння дифузне відбиття світла різними типами поверхні виражається у відсотках від еталонного відбиття. **Спеціалізовані апарати** — альбедометри або два різнонаправлені **піранометри** — встановлюють у супутниках, обсерваторіях, метеостанціях для високоточних вимірювань. У побутових пристроях замість альбедометра використовується світлочутливий датчик, який перетворює світловий потік, що потрапляє до фоточутливого елемента, у дискретне електричне

значення (залежно від типу датчика) для дальшого розрахунку рівня освітлення під час фіксації світлового потоку. Зареєстровані значення безпосередньо обліковуються пристроями для запису відбитого світла й деколи для подальшого радіометричного калібрування при аналізі отриманих зображень.

Відбиття світла безпосередньо пов'язано з ефектом утворення видимого кольору спостережуваних об'єктів. Об'єкт можна побачити, лише якщо він відбиває або пропускає світло. Якщо об'єкт майже повністю поглинає спадний на нього світловий потік, то він приймає чорний колір. І коли об'єкт відбиває майже все світло, що падає, він приймає білий колір. Здатність відбивати і поглинати світло визначається молекулярною структурою речовини, інакше кажучи, фізичними властивостями об'єкта. За своєю природою колір об'єкта має фізичні властивості – відбивати і поглинати світовий потік.

Наприклад, зелені рослини здаються нам зеленими, оскільки за освітлення білим світлом вони поглинають червону і синю хвилі спектра і відбивають зелену хвилю.

Процес реєстрації відбитого світла для оцінки стану рослин, схожий на процес звичайного фотографування за допомогою цифрових камер, крім того, що використовуються тільки цифрові пристрої фотофіксації із світлочутливою матрицею (фотосенсором), здатною реєструвати відбите світло в необхідних діапазонах електромагнітного (світлового) випромінювання. Цей цифровий фотопроцес багато в чому залежить від того, як світлочутливий елемент перетворює світло, сфокусоване об'єктивом на нього, в цифровий код.

Світлочутлива матриця – це інтегральний чип, який складається з дрібних світлочутливих елементів-фотодіодів, здатних перетворювати енергію потоку світла в електричний заряд. Існує два основні типи матриці на основі їх класифікаційного методу зчитування заряду: CCD (CCD – Charge-Coupled Device, ПЗЗ – пристрій із зарядовим зв'язком) і CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor або КМОП - Комплементарний метал-оксид напівпровідник).

Для оцінки рослинності використовують діапазони видимих і ближнього інфрачервоного спектрів електромагнітного випромінювання.

Варто враховувати, що в сонячні і похмурі дні кількість зафіксованого відбитого світлового потоку буде різною, що може хибно впливати на інтерпретацію отриманих даних. Загалом значення індексів вегетації розраховуються на основі бітів інформації у відповідних

пікселях відповідно до загальноприйнятих і перевірених формул розрахунку індексів вегетації.

Карта – це візуальне відображення цифрових значень. Вегетаційні індекси, як уже сказано, коливаються в діапазоні від -1 до 1. 0 – це практично чиста земля й відсутність живої рослинності; 1 – найвищий показник розвитку рослин. Цей діапазон розбивається на інтервали, і кожному інтервалу присвоюється відповідний колір. Зазвичай беруть кольорову шкалу Red-Yellow-Green, де відмінний і нормальний розвиток позначається зеленим, посередній – жовтим, а низький – червоним.

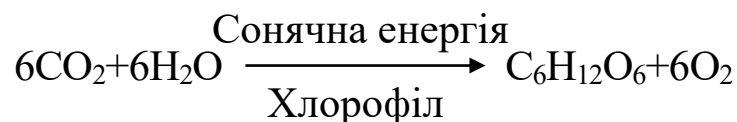
Залежно від цифрового значення в заданому діапазоні програма обробки даних підбирає відтінки відповідного кольору. При обльоті поля камера робить велику кількість знімків, кожен із яких фіксується в пам'яті з прив'язкою до GPS-координат. Потім коли монтується карта, комп'ютерна програма переводить кожне цифрове значення в колір і вставляє цей фрагмент у контур поля з прив'язкою до відповідних координат, де цей знімок робився. При скануванні одного поля комп'ютер повинен переробити гігабайти інформації.

5.13. Вегетаційні індекси та їх використання у моніторингу

Сонячне світло є практично єдиним джерелом енергії для Землі і складається із спектру хвиль різної довжини: *ультрафіолетового випромінювання* (довжиною хвиль 100-380 нм), *видимого світла* (380-760 нм) та *інфрачервоного* (теплого) (від 760 до 3000 нм і більше).

Для фотосинтетичної діяльності рослини використовують не весь спектр сонячної радіації, а лише ту частину, що має довжину хвиль 380-710 нм, вона називається фотосинтетичною активною радіацією (ФАР). ФАР є одним із основних чинників продуктивності сільськогосподарських рослин.

Загальне рівняння фотосинтезу, як складова окислювально-відновної реакції, має наступний вигляд:



В свою чергою, видимий спектр сонячної радіації поділяється на фіолетове (380-440 нм), синє (440-495 нм), зелене (495-580 нм), жовте (580-640) та червоне (640-760 нм) світло. *Видиме випромінювання* чинить на живі організми *енергетичну* (насамперед теплову), *біосинтетичну* (фотосинтез, синтез хлорофілу, вітаміну D),

морфологічну (визначає величину *фітоелементів* – стебел, листків), *інформативну* (фотоперіодизм, морфогенез) і *каталітичну* (регулювання активності ферментів) дію.

Короткі промені (*ультрафіолетові*), які мають більшу енергію, можуть руйнувати структуру і порушувати функції складних біологічних молекул. Вони мають стерилізуючу, мутагенну і бактерицидну дію. Основний їх потік відбивається (екранується) киснем (O₂) і озоном (O₃) у високих шарах атмосфери. Під їх впливом у рослинних і тваринних організмах синтезується вітамін D. Дводольні рослини більш чутливі до ультрафіолетового випромінювання, ніж однодольні. Нижчі організми (гриби, бактерії, нематоди тощо) під впливом УФ – випромінювання гинуть за досить короткий час (наприклад бактерії – за 7 хв.). Летальна дія цього випромінювання посилюється за наявності кисню та з підвищенням кислотності субстрату.

Ближнє ультрафіолетове випромінювання майже не сприяє негативному впливу на зелені рослини, через те що тканини зовнішніх покривів рослин адаптуються до нього в процесі розвитку, а в помірних дозах воно корисне і сприяє нормальному обміну речовин та росту рослин. Ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвиль 290-320 нм за тривалої експозиції (понад 10 год.) шкідливе для рослин, особливо в умовах слабкої освітленості, а менш як 290 нм – згубне.

Інфрачервоне випромінювання має теплову дію на організм. Воно сприяє посиленню синтезу органічної речовини рослинами. Теплове (ІЧ) випромінювання поділяється на коротке (760-2500 нм), середнє (2500-25000 нм) і довге (25000-500000 нм) (О. Л. Зозуля та ін., 2023).

До складу сонячної енергії входить також **іонізуюче випромінювання** (γ – *випромінювання* – довжина хвиль $\gamma < 10^{-5}$ мкм і **рентгенівське випромінювання** – $10^{-5} < \gamma < 10^{-2}$ мкм), яке характеризується мутагенною, патогенною дією, але в енергетичному балансі Землі його частка невелика, оскільки випромінювання з довжиною хвилі менш як 280 нм поглинає озон атмосфери, і воно не досягає земної поверхні.

Вся **сонячна радіація** яка надходить до нашої планети поділяється на такі частини: поглинута, розсіяна та відбита. На основі співвідношення цих частин працює зір людини. Дану взаємодію електромагнітного випромінювання із землею можна визначити за формулою:

$$E_i(\lambda) = E_r(\lambda) + E_a(\lambda) + E_T(\lambda)$$

де E_i – сонячна енергія, яка надходить до поверхні землі; E_r – відбита сонячна енергія; E_a – поглинута енергія; E_t – розсіяна сонячна енергія.

Коли сонячне світло потрапляє на об'єкти, одні частини цього спектра поглинаються, а інші відбиваються. **Поглинута сонячна енергія** це саме та частина, видимого світла, яка використовується рослинами і перетворюється в енергію хімічних зв'язків (органічну речовину). Поглинання сонячного світла рослинами забезпечує пігмент хлорофіл. Варто відзначити, що поглинальна здатність різних об'єктів спектрально селективна, або вибіркова. Наприклад, автотрофні рослини для фотосинтетичної діяльності в більшості поглинають видиме світла (від 400 до 700 нм) синього (блакитного), зеленого і червоного спектра.

Клітинна структура листків, з іншого боку, сильно відбиває ближнє інфрачервоне світло – NIR (від 760 до 1100 нм). Саме на принципі фіксації невидимого для ока спектра NIR, який відбивається від здорових рослин і поглинається пригніченими, побудований **розрахунок різних індексів**. Чим сильніша рослина, і більший у неї відбитий NIR, то він менший у ослаблених – за рахунок поглинання даного спектра клітинами «виснаженої» рослини (рис. 75).

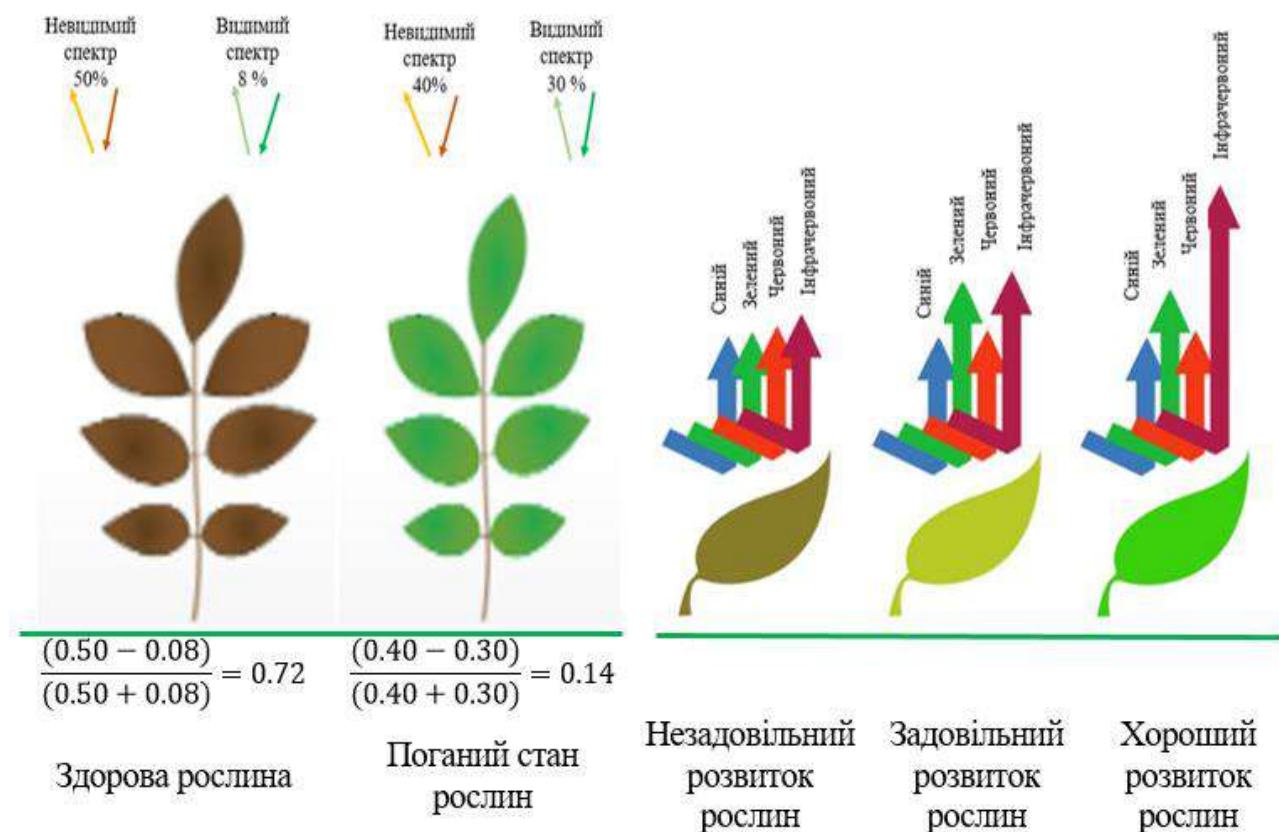


Рис. 75. Відносні величини спектрів залежно від стану рослин (за даними Роберта Сіммона)

Вегетаційний індекс – показник, який розраховується шляхом використання різних спектральних діапазонів даних дистанційного зондування й має відношення до параметрів рослинності в даному пікселі знімка. Розрахунок більшості вегетаційних індексів базується на двох найбільш стабільних ділянках кривої спектральної відбивної здатності рослин.

На основі різниці поглинутого і відбитого спектрів сонячної енергії розраховують **вегетаційний індекс** (найчастіше NDVI).

NDVI (англ. Normalized Difference Vegetation Index) розраховують із видимого і ближнього інфрачервоного світла, відбитого рослинністю (рис. 75) за формулою:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

де NDVI – значення вегетаційного індексу, NIR – значення інфрачервоного спектра сонячного світла, RED – значення видимого червоного спектра.

Найбільш поширений у сільському господарстві індекс, що дозволяє характеризувати щільність рослинності, оцінити схожість, інтенсивність росту, наявність бур'янів або хвороб, а також спрогнозувати продуктивність культур на відповідній ділянці поля.

Здорова рослина (ліворуч) (див. рис. 74) поглинає більшу частину видимого світла, яке потрапляє на фотосинтезуючу поверхню рослини, і відбиває велику частину ближнього інфрачервоного світла. Уражена, пошкоджена або рослина виснажена (праворуч) відбиває більш видиме світло і менш ближнє інфрачервоне світло. Цифри на рис. 74 представлені для реальних значень, але для різних рослин потребують корегування.

Фактично розрахунок NDVI побудований на двох найстабільніших (незалежних від інших чинників) **ділянках спектральної кривої**. У червоній ділянці спектра (620-750 нм) знаходиться максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом, а в інфрачервоній ділянці (750-1300 нм) є ділянка максимального відбиття клітинними структурами листка сонячної радіації. Тому, висока інтенсивність фотосинтезу сприяє меншому відображенню в червоній ділянці спектра і більшому в інфрачервоній. Чим більше листова поверхня рослин і чим більше хлорофілу (зелений пігмент) у листі, тим сильніше рослини поглинають червоне світло, що потрапляє на них, і менше його відображають. В результаті значення NDVI змінюються у діапазоні від –1 до 1.

Використовується не просте співвідношення, а нормалізована різниця між мінімальним і максимальним значенням, що підвищує точність виміру та зменшує вплив на об'єктивність даного показника таких явищ, як зміна освітленості під час визначення, хмарність, поглинання радіації атмосферою та ін.

В об'єктах неживої природи поглинута сонячна енергія перетворюється на теплову, механічну і хімічну. Частина поглинутої енергії, яка надходить на нагрівання поверхні, вертається в навколишнє середовище у вигляді теплового (інфрачервоного) випромінювання.

Енергія **відбитого** об'єктами **випромінювання** в цілому складається з двох частин – відбитого безпосередньо поверхнею об'єкта, та енергії розсіяного випромінювання внутрішніми структурними компонентами об'єкта (О. Л. Зозуля та н., 2023).

Для розрахунку стандартного NDVI з видимого світла беруть саме значення червоного спектра. Виникає питання чому саме червоного, а не синього або зеленого. Використання саме червоного спектра забезпечує більшу варіабельність (відмінності показників) залежно від кольору (стану листка) (рис. 76). У зеленіших рослин збільшується значення індексу, зменшення інтенсивної зеленого кольору знижує даний показник.

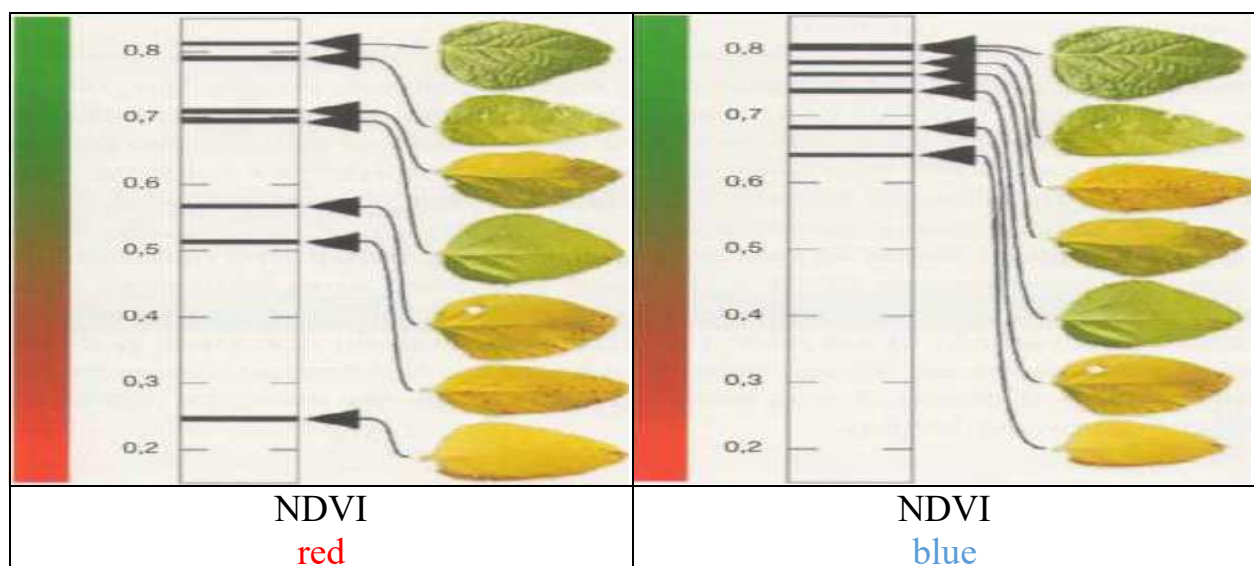


Рис. 76. Значення NDVI у різних спектрах

Використання у формулі значення синього спектра забезпечує високі показники вегетаційного індексу в усіх варіантах, усі значення щільно концентруються у верхньому діапазоні, і важко розмежувати рослини з різним розвитком. Тому для розрахунків стандартного NDVI вибрано саме червоний спектр.

Здорова рослина для фотосинтетичної діяльності поглинає всі спектри видимого світла, а саме червоний, фіолетовий і блакитний (синій), тому їхня роль теж важлива в перебігу фізіологічних процесів. І якщо для розрахунку стандартного NDVI взято значення лише червоної частини спектра, в інших можуть використовувати інші частки світлового потоку. Дуже часто стандартний (класичний) NDVI використовують для оцінки вегетаційної маси в період активного росту та розвитку культурних рослин. Водночас існують і **інші вегетаційні індекси**, зокрема різні модифікації того ж таки NDVI. Якщо в загальноприйнятому варіанті використовують усю частину червоного спектра, то в інших варіантах можуть використовувати якусь конкретну довжину хвилі – R680 або R677.

Усі розрахунки вегетаційних індексів базуються на різниці між кількістю сонячної енергії, що рослина поглинає і що відбиває. І вже використовуючи математичні формули, у яких фігурують різні спектри, ми отримуємо численні вегетаційні індекси.

Для достовірного аналізу стану рослин варто використовувати декілька вегетаційних індексів. Наприклад **індекс вегетаційної маси (NDVI)** дозволяє оцінити стан розвитку вегетативної маси (біомаси), який добре корелює з урожайністю і використовується для прогнозу врожаю. Недоліком даного індексу є те що на початкових етапах розвитку або при зріджених посівах цей індекс має велику похибку, бо визначає ґрунт як неживу рослину.

На значення вегетаційного індексу може впливати наявність додаткової (падаличної) культурної або бур'янистої рослинності (рис. 77).

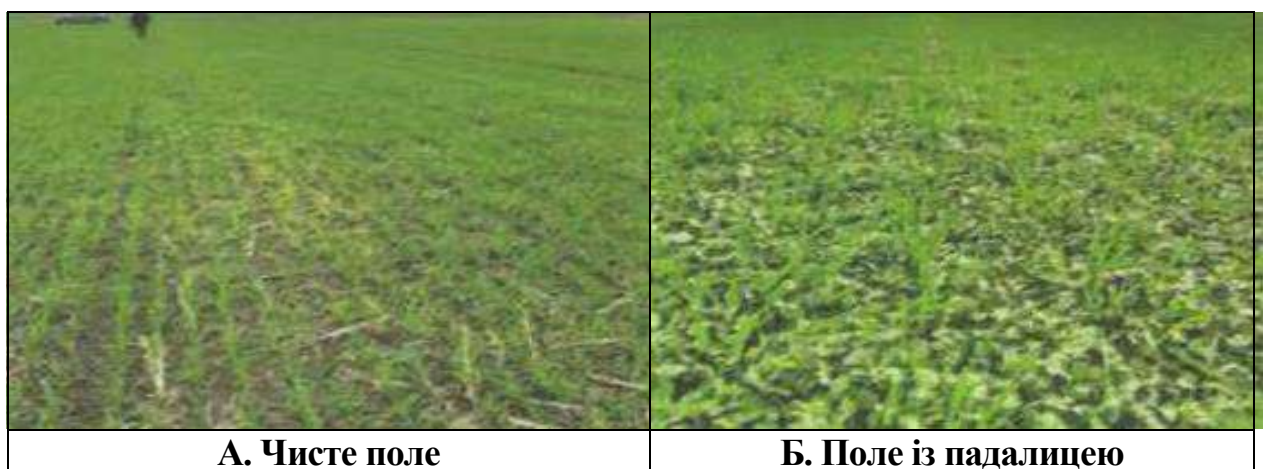


Рис. 77. Поле озимої пшениці перед виходом в зиму

Рівень вегетативної маси за рахунок падалиці на полі Б набагато

вищий, що і підтвердить показник NDVI. На полі чистому від бур'янів і падалиці (поле А), відкритий ґрунт істотно знизить величину індексу NDVI, тому що камера сприймає відкриті ділянки як сухі рослини. На полі 2 необхідно терміново вносити гербіциди для контролю падалиці ріпаку.

У період активного росту і розвитку культурних рослин значення вегетаційного індексу (NDVI) буде змінюватись, оскільки активний ріст рослин сприяє наростанню вегетативної маси рослин. Ріст даного індексу може зростати навіть у рослин які мають пошкодження шкідниками та ураження хворобами (О. Л. Зозуля та ін., 2023). Використання значення лише одного індексу є недоцільним, через те що він є не досить точним індикатором біомаси, значення якого швидко зростає із збільшенням щільності рослинного покриву.

Для порівняння визначення стану полів О. Л. Зозуля та ін. (2023) пропонують використовувати значення декількох індексних карт (рис. 78).

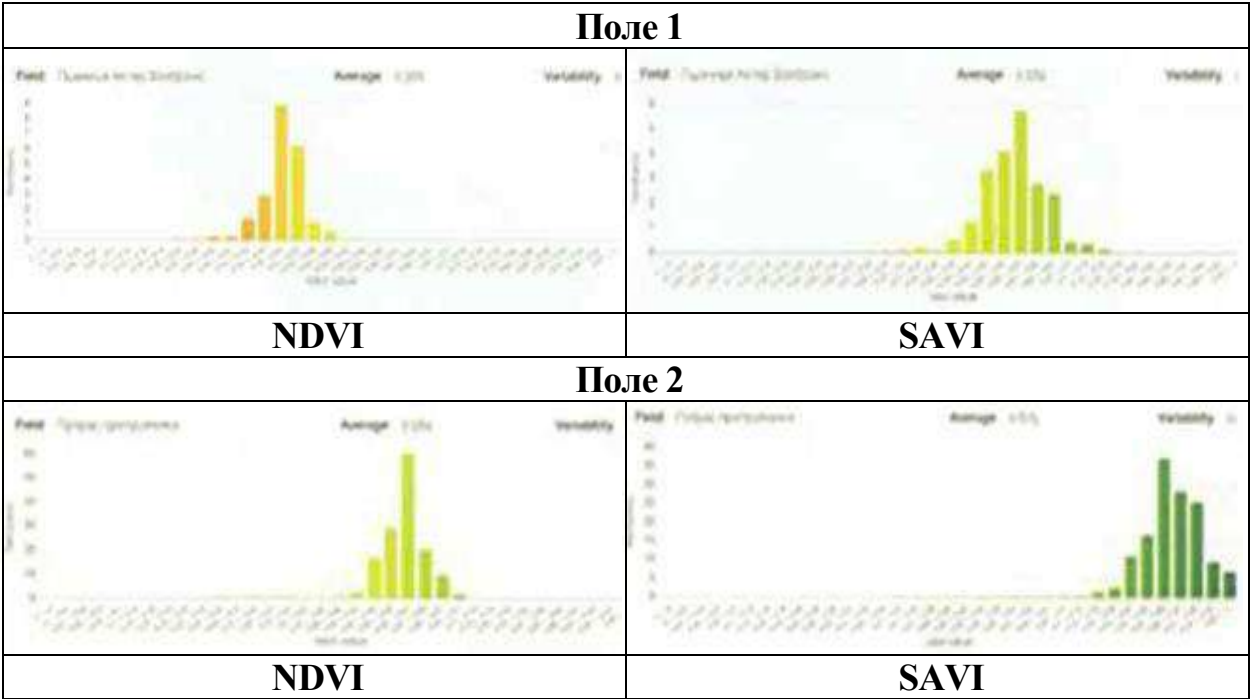


Рис. 78. Оцінка стану полів пшениці озимої за індексними картами

Дані рис. 4 показують на полі Б середній показник NDVI – 0,58, SAVI – 0,87. А на полі А дані показники відповідно становили 0,39 і 0,58. Опираючись лише на ці дані, можна зробити хибний висновок, про те що розвиток пшениці на полі Б на 30 % кращий, ніж на полі А. Проте, реальність показує, що це відбулося лише за наявності падалиці ріпаку.

Використання різних індексів допомагає виокремити проблемні зони розвитку рослин, ознаки яких не пов'язані з наростанням (або гальмуванням) вегетаційної маси. Наприклад, погіршення розвитку рослин за рахунок зниження інтенсивності фотосинтетичної діяльності (рис. 79).

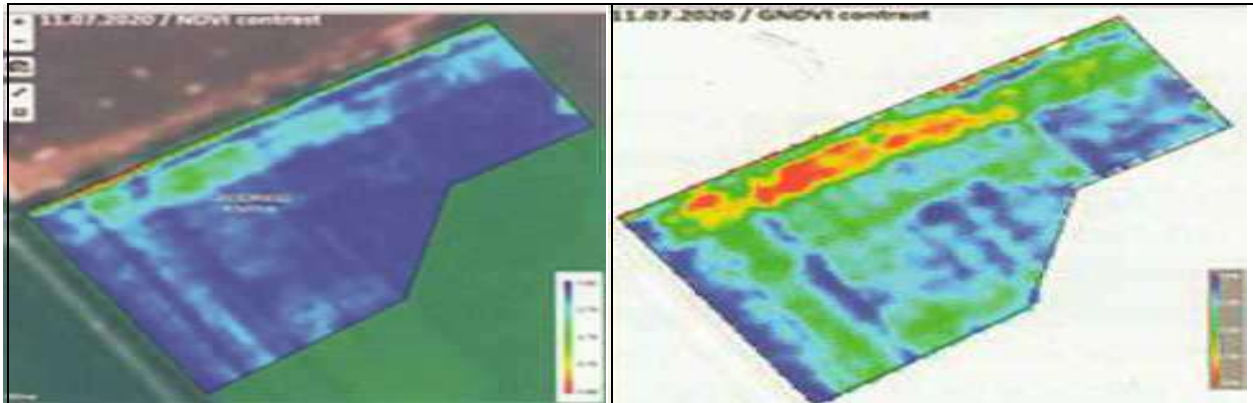


Рис. 79. Характеристика розвитку рослин за різними вегетаційними індексами

Контрастні індексні карти одного і того самого поля, але з використанням різних індексів – NDVI і GNDVI (**GNDVI (англ. Green Normalized Difference Vegetation Index)** –зелений нормалізований диференційний вегетаційний індекс, близький до NDVI, але замість червоного спектра вимірює зелений у діапазоні від 540 до 570 нм).

Розраховується за формулою:
$$\text{GNDVI} = \frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)}$$

За рахунок використання GNDVI можна краще зрозуміти стан рослин на полі та більш точно виділити зони із відхиленням від загального стану.

За використання вегетаційного індексу GNDVI проблемні ділянки посіву виділяють краще. Наприклад, за використання класичного NDVI площа з високим рівнем розвитку рослин (0,79-0,82) становила 80,7 %, тоді як при GNDVI орієнтовно така сама площа має нижчий показник – 0,64-0,67, що свідчить про наявність зон які відрізняються від основного масу показників за фотосинтетичною продуктивністю (рис. 80).

Ще одним **вегетаційним індексом є EVI (англ. Enhanced Vegetation Index)** – це вдосконалений індекс рослинності, розроблений для покращення NDVI шляхом оптимізації сигналу рослинності в районах з високим індексом площі листків (LAI). Індекс використовує синій спектр відбиття для корекції фонових сигналів ґрунту і зменшення атмосферних ефектів, зокрема розсіювання аерозолі. Він

розраховується за формулою:

$$EVI = 2.5 \times \frac{(NIR - Red)}{NIR + 6 \times Red - 7.5 \times Blue + 1}$$



Рис. 80. Оцінка стану посіву культурних рослин з різними індексами (вгорі – NDVI, внизу – GNDVI)

Використання EVI дозволяє якісніше виявляти проблемні зони (ділянки) розвитку рослин, порівняно із використанням класичного NDVI, що особливо важливо для встановлення наявності невеликих локальних зонах осередків поширення хвороб і шкідників. Вчасна їх діагностика на початкових етапах дозволить істотно скоротити втрати врожаю та затрати на захисні заходи в подальшому.

Значення EVI може знаходитись в діапазоні від 0 до 1. Яскраві об'єкти, такі як хмари й білі будівлі, поряд із темними об'єктами, такими як вода, можуть призвести до необ'єктивних значень пікселів у зображенні EVI.

Використання на практиці різних вегетаційних індексів дозволяє отримати повну інформацію про відмінні фізіологічні показники стану рослин у полі та зменшує похибку індексів вегетації за рахунок фізичних чинників (атмосферні явища, родючість ґрунту тощо).

Метод спектрального аналізу стану рослинного покриву за допомогою NDVI є революційним проривом для дистанційного моніторингу, але в нього виявилися обмежені можливості аналізу розвитку рослин. За його допомогою легко можна було виявити проблемні ділянки в період активної вегетації культур та відносно якісно

спрогнозувати майбутню врожайність. Але на початкових етапах (фазах) розвитку використання NDVI дає високу похибку, пов'язану з впливом фону ґрунту, коли площа непокритого ґрунту вище за 40 %, висока забур'яненість ділянки і т. д.

У разі необхідності оцінки водного балансу, активності процесу фотосинтезу, розвитку листового апарату і т. д., використовують і інші індекси, які доповнюють один одного в глобальних дослідженнях рослинності і покращують виявлення змін їхнього стану

Наприклад, у зріджених посівів або на початку вегетації, коли рівень покриття ґрунту рослинною масою низький, доцільніше використати **SAVI – ґрунтовий вегетаційний індекс**, який для мінімізації впливу ґрунту на результати досліджень має коефіцієнт корекції по ґрунту L у рівняння NDVI, щоб зменшити вплив ґрунту (показники ґрунту: вологість, колір, зональність поширення ґрунтів за зона та регіонами тощо). Він розраховується за формулою:

$$SAVI = ((NIR - RED) \div (NIR + RED + L)) \times (1 + L)$$

де SAVI – вегетаційний індекс, NIR – значення невидимого інфрачервоного спектра сонячного променю, RED – значення видимого червоного спектра.

Формула досить подібна до розрахунку NDVI, але в ній є коефіцієнт L, який показує рівень покриття ґрунту зеленими рослинами та коливається в межах від 0 до 1. 0 – це 100 % повне покриття ґрунту зеленою масою, а 1 – це практично чиста поверхня ґрунту. Так за візуальної оцінки відсотка покриття ґрунту на полі встановлюється відповідне значення коефіцієнту. За замовчуванням використовують коефіцієнт 0,5, що умовно відповідає 50 % покриттю ґрунту зеленою масою (О. Л. Зозуля та ін., 2023).

У процесі моніторингу необхідно створювати архівну базу карт господарства зі значеннями NDVI та іншими показниками. Значення показників змінюватимуться протягом сезону, тому дані космічної зйомки дозволяють відслідковувати тенденції та причини, що їх спричиняють. Наприклад, значення NDVI показує густоту рослинності, якщо розрахувати цей індекс для озимих культур на підставі весняної зйомки одного сезону, можна визначити наскільки успішно перезимували рослини. Також, озимі культури підпадають під вплив сильних морозів, чергування «відлиги-заморозки», крижаної кірки, надлишку талих вод і т. д.

Покращення ситуації може бути своєчасна космічна інформація. За допомогою аналізу ДЗЗ на протязі декількох сезонів можливо оцінити

рівень стійкості культур, а також стан перезимівлі. Причому аналіз багаторічного індексу NDVI сприяє визначенню екологічної реакції видів на змінні умови навколишнього середовища, зміну характеристик ґрунту, умов зволоження, забезпеченості елементами живлення.

Наступним індексом є **VARI** який дозволяє отримати показник невидимого спектра NIR. Навіть при тому, що він має досить велику похибку при оцінці стану рослин, він забезпечує картину стану поля, ефективний прогноз урожайності. Для розрахунку даного індексу достатньо звичайної RGB-камери і не дуже складного, доступного програмного забезпечення, як той-таки Pix4Dfields.

Крім того в літературних джерелах (додаток 1-3) описано ще біля сотні різноманітних індексів. Наприклад, існують індекси, за допомогою яких можна оцінити вміст хлорофілу (CVI, CAI, G, gNDVI тощо), водний стрес (DSWI), вміст каротиноїдів (CRI), вміст води в період вегетації (LWVI1), стрес рослин (CSI1), інтенсивність фотосинтезу (CUR), біомасу (NDVI, BRI, CAI, HNDVI, SWIRVI) та багато інших показників.

CVI (англ. Chlorophyll Vegetation Index) – вегетаційний індекс вмісту хлорофілу в листках на основі ефективної нормалізації різних значень LAI, отриманих під час введення червоного та зеленого кольорів. Використовується з початку вегетації до генеративного розвитку, для широкого діапазону ґрунтів і умов посіву, шляхом аналізу значного набору синтетичних даних, отриманих із використанням моделі відображення листкової поверхні.

Розраховується за формулою:
$$CVI = \frac{NIR}{Green} \times \frac{Red}{Green}$$

У формулах, які використовуються для розрахунку існуючих індексів використовується чотири спектри сонячної енергії: червоний (R), зелений (G), блакитний (B) та невидимий (NIR). Останній ділять на ближній NIR і дальній NREdge. Перші три спектри – частина видимого діапазону світлової енергії, вони використовуються у звичайних фотоапаратах і кінокамерах, їх ще називають RGB-камерами (за першими літерами англійських назв кольорів). Кожен із цих спектрів має перебувати в певному діапазоні довжини хвиль. Наприклад, у червоного спектра довжина хвилі 625-740 нм, у синього – 435-500 нм, у зеленого – 500-565 нм, NIR > 740 нм. У низці формул використовують весь діапазон спектра; іноді тільки певну довжину хвилі, тоді у формулі пишуть літеру B і довжину хвилі. Наприклад, R500 означає, що для обчислення вегетаційного індексу взяли параметри хвилі довжиною 500 нм. Якщо стоять аббревіатури RED, GREEN, BLUE, NIR, то в

розрахунках відповідно беруть значення всього діапазону червоного, зеленого, синього або ближнього інфрачервоного спектрів.

Тут ми привели індекси в яких використовуються проста лінійна функція, але у розрахунках окремих індексів використовують складніші нелінійні функції. Наприклад, **GEMI** – нелінійний індекс рослинності для глобального моніторингу навколишнього середовища за допомогою супутникових знімків. Він схожий на NDVI, але менш чутливий до впливу атмосферних явищ. Для його розрахунку існує наступна формула:

$$GEMI = eta \times (1 - 0.25 \times eta) - ((Red - 0.125) \div (1 - Red))$$

$$eta = (2 \times (NIR2 - Red2) + 1.5 \times NIR + 0.5 \times Red) \div (NIR + Red + 0.5)$$

NIR – значення ближнього інфрачервоного каналу, Red – значення червоного каналу.

Індекс GEMI дуже чутливий до фону ґрунту, тому не варто використовувати його на зріджених посівах або з недостатньо щільною рослинністю. Результат визначення більшості вегетаційних індексів, разом із NDVI, коливається від -1 до 1. Негативні значення відповідають ділянкам із водними поверхнями, штучними спорудами, скелями, хмарами, снігом; яскравість ґрунту як правило знаходиться в межах 0,1-0,2; рослини завжди матимуть позитивні значення від 0,2 до 1. Здоровий щільний покрив рослинності як правило має індекс вище за 0,5, а на ділянках із низькою щільністю рослинності або з пригніченим розвитком рослин, найімовірніше, знижується до 0,2-0,5 (рис. 81).

-1-0 Мертві рослини або неживий об'єкт	0-0,33 Хвора рослина	0,33-0,66 Відносно здорова рослина	0,66-1,0 Повністю здорова рослина
			

Рис. 81. Значення вегетаційного індексу GEMI і стан рослин

Завжди слід брати до уваги умови вегетаційного періоду, тип/вид рослини та регіональні особливості, щоб вибрати необхідний для оцінки стану посіву вегетаційний індекс.

Не зважаючи на велику різноманітність вегетаційних індексів,

кількість їх щороку зростає, але на практиці вони використовуються успішно не всі (додаток 2). Вони доступні в сучасних супутникових системах моніторингу посівів, як-от американська FarmSchorf або українська Cropler. Кожна з цих систем має свої переваги, тому вибирають ті індекси, які відповідають основним цілям і завданням.

Наступним досить цікавим індексом є **індекс листової поверхні (ІЛП)** або LAI (Leaf Area Index). Він дозволяє визначати співвідношення площі листової поверхні (m^2) до площі ґрунту (m^2).

Для зернових культур ІЛП розраховують за формулою:

$$ІЛП = \text{висота рослин (м)} \times \text{кількість стебел на } m^2 / 100$$

Значення даного індексу може бути ≥ 0 . Відповідно, чим вище значення, тим більша площа листової поверхні та фотосинтетична діяльність. Даний індекс використовувався для оцінки росту дерев інструментальними методами за допомогою оптичних приборів, як-от LAI2000 американської компанії LI-COR Inc., Lincoln. Практичне використання даних приладів дороге і трудомістке. Сьогодні є можливість розрахувати даний індекс непрямим способом при допомозі спектральних камер за формулою:

$$LAI = 0.1663^{4.2731MSAVI} \text{ або } LAI = 0.0918^{6.0002RDVI}$$

де MSAVI – покращений SAVI індекс з коефіцієнтом самоналаштування L, та RDVI – нормалізований індекс вегетації рослинності.

Індекс листової поверхні (ІЛП) або LAI (Leaf Area Index) може розраховуватись і за іншими формулами (додаток 1). Даний індекс ефективно використовується для диференційованого внесення фунгіцидів для боротьби з хворобами листя й колосу за проведення другого і третього обприскувань фунгіцидами (К. Н. Dammer, J. Wollny, A. Giebel, 2006). Також з'являється можливість регулювати норму внесення препаратів залежно від площі листової поверхні. Досить ефективний даний спосіб для обробки садів, де норма використання пестицидів залежить від об'єму крони. Якщо площа крони на деревах порівняно стала і можна відрегулювати певну норму пестициду, то для польових культур це більш складніше завдання, оскільки площа листової поверхні їх змінюється динамічно і її важко відстежувати. Але з появою LAI стає можливим майже онлайн визначення зміни даного показника і для польових культур за допомогою супутника або дрона та коригувати норму витрати пестицидів, що дозволяє економити витрату пестицидів і зменшити негативний вплив на екосистеми.

Градації стану розвитку рослин незалежно від вегетаційного

індексу, який використовується для аналізу, здебільшого близькі за величинами. Але оцінку у різні фази та періоди розвитку, етапи органогенезу, періоди розвитку оцінку необхідно проводити за різними індексами.

Для аналізу стану рослин рекомендується звичайно використовувати різні індекси, аналізувати стан поля в декількох варіантах індексів різного призначення (вегетаційного, стресу, водного, інтенсивності фотосинтезу тощо). Багато супутникових платформ (наприклад, FarmSshort, EOSDA Crop Monitoring, LAYERS, Innovations quotient (IQ)) забезпечують використання декількох індексів, перехід з одного на інший, при цьому, займає лічені секунди. Завдяки цьому є змога оцінити стан посіву за різними критеріями і виявити проблемні зони. Ознакою проблемних зон може бути не лише зменшення вегетативної маси, а й інтенсивність фотосинтезу або стресовий стан унаслідок дисбалансу водного обміну тощо.

Використання сонячної радіації також стосується спектрофотометрії. **Спектрофотометрія** – метод аналізу, базований на визначенні спектра поглинання або вимірюванні світлопоглинання при певній довжині хвилі, яка відповідає максимуму кривої поглинання досліджуваної речовини. Його використовують найчастіше, це найдосконаліший серед методів абсорбційного молекулярного поглинання, при якому використовують спеціальні спектральні прилади – спектрофотометри, що дозволяють реєструвати світлові потоки в широкому інтервалі довжин хвиль – від 185 нм до 1100 нм, тобто від ультрафіолетового, видимий і майже ІЧ-спектр, та забезпечують високий ступінь монохромного світла (0,2-0,5 нм), здатного проходити крізь аналізоване середовище.

Спектрофотометрію використовують для ідентифікації різних сполук, дослідження складу, будови і кількісного аналізу індивідуальних речовин і багатокомпонентних систем. Криву залежності поглинання від довжини хвилі або хвильового числа називають спектром поглинання речовини. Ця крива – специфічна характеристика певної речовини. Якісний аналіз речовин за їхніми спектрами поглинання проводять двома способами – за відомими параметрами спектра поглинання досліджуваної речовини та через порівняння спектрів поглинання розчину стандартної речовини і розчину досліджуваної речовини одного й того самого складу.

У більшості спектрофотометрів, що їх використовують в аналітичній практиці, монохроматизація потоку світла здійснюється з

використанням дисперсії (розкладаючого світла в спектрі) елементів – призм або дифракційних решіток. Розроблено різні структури спектрофотометрів, які працюють за однопроменевою (одноканальною) і двопроменевою (двоканальною) схемою.

Світло з джерела випромінювання потрапляє в монохроматор, у якому розкладається на спектр. Монохромний світловий потік потім проходить крізь кюветний відсік, де встановлено кювети з аналізованим розчином і розчином порівняння («нульовий» розчин). Проходячи крізь кювети з розчинами, світловий потік потрапляє у фотодіоди приймача випромінювання, у яких енергія світлового потоку перетворюється на фотострум, підсилюється в підсилювачі блоку, після чого посилений електричний сигнал записується в блоці реєстратора.

Як джерело випромінювання на спектрофотометрах використовують лампи розжарювання для роботи на видимій ділянці спектра світла, у якій забезпечують безперервний світловий потік (а не лінійний, заданий ртутними лампами), а також водневі або дейтерієві лампи – для роботи в діапазоні ультрафіолетового спектра (200-350 нм).

Для розкладання світлового променю в спектр у монохроматорі найчастіше використовують призми або дифракційні решітки. Скляні призми, а також конденсори (лінзи) і кювети використовуються при роботі у видимій і ближній ІЧ-зоні. При роботі в УФ діапазоні 200-400 нм використовують кварцову оптику (призми, конденсори, кювети), адже скло поглинає ультрафіолетові промені.

За використання спектрофотометрів, які працюють за однопроменевою схемою, у світловому потоці в кюветне відділення по черзі ставлять кювету з розчином порівняння (нульовий розчин) і кювету з аналізованим розчином. У кюветному відсіку спектрофотометрів, які працюють за двопроменевою схемою, встановлюють обидві кювети одночасно: кювету з нульовим розчином – у порівняльному каналі, кювету з аналізованим розчином – у вимірювальну кювету.

5.14. Моніторинг стану посівів за використання діджиталізації

Поява методів дистанційного обстеження посівів сприяє бажанню відмовитися від польових досліджень і спробувати всі проблемні зони на полі знаходити на комп'ютері за допомогою різноманітних моделей визначення стану посівів. Однак, варто відмітити, що принцип моделювання має свої недоліки. Перш за все це **точність моделі**, тому

що це метод дослідження об'єктів пізнання (явищ, пристроїв, процесів), який базується на заміні конкретного об'єкта досліджень (оригіналу) іншим, подібним до нього.

Проте **аналогія** – це не тотожність. Відмінність між моделлю й оригіналом відмічається в тому, що модель, яка відображає структуру оригіналу, спрощує його, відволікаючись на несуттєве. Через це модель сприяє узагальненню відображенням явища, але ні в якому разі не тотожна йому. **Модель** – результат абстрактного узагальнення практичного досвіду, а не безпосередній результат експерименту.

Кожна модель має певний рівень вірогідності і у **результаті моделювання виникають помилки, які діляться на три типи:**

непоправна помилка, пов'язана з неточним завданням вихідних даних;

помилка методу, пов'язана з переходом на дискретний аналог вихідного завдання;

помилка округлення, пов'язана з остаточною розрядом чисел на комп'ютері.

Ще небезпечніший шлях, коли на основі однієї моделі розпочинають будувати іншу модель, використовуючи дані первинної моделі як тотожні дані. Внаслідок того що використовуємо дві незалежні моделі, кожна з яких має свою ймовірність, ймовірність нової моделі дорівнюватиме добутку ймовірностей кожної з них, що в підсумку суттєво знижує вірогідність такої моделі. Наприклад, одна модель має ймовірність 80 %, а інша – 70 %, але ймовірність нової моделі, побудованої на базі цих двох, буде 56 %.

Якщо порівнювати математичні моделі з біологічними, то перші видаються дуже примітивними бо **популяція** – це сукупність складно організованих окремих організмів. В свою чергу, кожен організм складається з органів, тканин і клітин, здійснює обмінні процеси, рухається, народжується, росте, розмножується, старіє і гине. А кожна **жива клітина** – це складна неоднорідна система, обсяг якої розмежовується мембранами і містить субклітинні органели і так далі, до біомакромолекул, амінокислот і поліпептидів. Зрозуміло, що для таких систем будь-яка математика забезпечує лише грубо спрощений опис.

Через це в багатьох наукових публікаціях, що стосуються дистанційного дослідження земної поверхні, відмічається необхідність проведення саме наземні дослідження, а одержані різноманітні індекси є базою для побудови плану проведення польового дослідження. У

процесі аналізу індексних карт є можливість визначити зони, у яких рослини мають відхилення за певними параметрами (інтенсивність фотосинтезу, розвиток біомаси тощо). Аналізуючи ці дані, можна визначити кількість точок відбору проб або обстеження, їх координати на полі. Це покращує якість і точність обстеження, дає змогу встановити рівень проблеми, визначити їх локацію. Нині в розпорядженні агронома є багато сучасних засобів визначення параметрів стану ґрунту, рослин, які використовують старі методики обстеження, і часто ця робота просто ірраціональна. Витрачається багато часу, не завжди отримуємо об'єктивну оцінку стану, не просто визначити масштаби проблеми. Агроном повинен пройти все поле по двох його діагоналях і обстежити стан рослин у більше як десяти точках. Це забирає багато часу, особливо коли рослини вже високі. Крім того, за такого обстеження можна пропустити проблемну зону з осередковим поширенням.

Температура поверхні ґрунту або рослинного покриву. На температуру рослинного покриву та ґрунту може впливати значна кількість ознак пов'язаних із станом рослин та екологічних факторів (рис. 82), основними змінними при цьому є сонячне опромінення, вітер, відносна вологість повітря, вміст вологи в ґрунті в зоні розташування



кореневої системи, інтенсивність транспірації.

Рис. 82. Біологічні й екологічні чинники, які впливають на

температуру рослинного покриву (M. P. Reynolds, A.J.D. Pask and D. M. Mulan, 2012)

Температура поверхні рослинного покриву пов'язана з кількістю випаруваної (транспіраційної) води, яка необхідна для охолодження. Температура листового покриву корелює з багатьма фізіологічними чинниками: провідністю продихів, швидкістю транспірації, формою води в рослині, ефективністю використання води, індексом площі листка та врожайністю культури.

Температура покриву – функція розвитку кореневої системи – зворотно корелює з рівнем посухостійкості посіву. За визначених умов що нижче температура покриву, то вище рівень посухостійкості і потенційна продуктивність сорту / гібрида. Температура рослинного покриву може використовуватися як показник стресу рослин, перевірки якості зрошення, оцінки генетичної стійкості сортів і гібридів до стресових умов вирощування. Температура покриву – інтегрований показник усього покриву рослин, що має перевагу перед іншими методами визначення стресу рослин (як-от провідність продихів і водний потенціал), тому що об'єднує більшу площу виміру, не впливає на стан продихів (вони дуже чутливі).

Водний потенціал листя (LWP – Leaf water potential) і **водний потенціал ґрунту** (SWP – soil water potential) у посівах – важливі біофізичні параметри, які визначають здатність культури засвоювати воду з ґрунту і транспірувати в навколишнє середовище через листові поверхні.

Водний баланс у рослинах визначається двома важливими компонентами – безпосередньо вмістом води та енергетичним статусом. **Водний потенціал** (ψ) – визначається комбінацією осмотичного потенціалу (ψ_S), матричного потенціалу (ψ_M) та потенціалу тиску (ψ_P). Здебільшого матричний потенціал має мінімальні значення, і водний потенціал листка може бути представлено як $\psi = \psi_S + \psi_P$. У більшості випадків ψ зернових визначають на листках. Такі процеси, як збільшення площі листової поверхні, апікальний ріст, утворення колосу, відбуваються за рівня водного потенціалу листка біля -1,0 (M. P. Reynolds, A.J.D. Pask and D. M. Mulan, 2012).

Для вимірювання стану водного балансу рослин можна використовувати **індекс водного стресу сільськогосподарських культур** (CWSI – Crop Water Stress Index). Це показник відносної швидкості транспірації, що відбувається з рослини на момент

вимірювання. Індекс розраховують за формулою:

$$CWSI = T_{\text{покр}} - T_{\text{вологе}} / T_{\text{сухе}} - T_{\text{вологе}},$$

де $T_{\text{покр}}$ – температура листового покриву; $T_{\text{вологе}}$ – температура листка, коли в рослині добра транспірація; $T_{\text{сухе}}$ – коли у листків немає транспірації. Даний показник широко використовують під час вирощування садових культур і виноградарників (V. Gozalez-Dugo, P. Zarco-Tejada, J. A. J. Berni et al., 2012; V. Gozalez-Dugo, P. Zarco-Tejada, E. Nicolas et al., 2013).

Індекс водяного стресу рослин CWSI – показник відносної швидкості транспірації у рослин під час вимірювання. Він розраховується шляхом визначення температури рослини (TC) і дефіциту тиску пари (VPD), який є функцією вологості повітря. Дефіцит тиску пари, або VPD – це різниця (дефіцит) між кількістю вологи в повітрі і величиною вологи, що може утримувати повітря в стані насичення. У стані насичення вода конденсується, утворюючи хмари, росу або плівку води на листках. Саме остання залежність робить VPD важливим для прогнозування активного ураження рослин хворобами. Якщо на листку рослини утворюється плівка води, вона стає набагато сприйнятливою до факультативних паразитів. З іншого боку, зі збільшенням індексу водного стресу рослині необхідно абсорбувати більше вологи кореневою системою. Для більшості рослин добрий ріст відбувається за індексу водяного стресу в межах 0,8-0,95.

У питанні **енергетичного балансу рослини** різниця між температурою покриву і температурою повітря (TC-TA) пов'язана з дефіцитом тиску пари (VPD), а щільність потоку сумарної радіації (RNET) є теоретичною основою для CWSI. Охолодження рослин у жарку погоду забезпечує випаровування і транспірація. Наприклад, у періоди кінця-травня в Київській області після 18 години, з початком заходу сонця, коли температура повітря в середньому досягає +26...32 °C, відбувається швидке, протягом 15-30 хв. охолодження покриву на +2...8 °C відносно температури повітря за рахунок руху транспіраційних токів і суттєвого зниження рівня прямого сонячного опромінення. Даний період суттєвого зниження температури рослин можна розглядати як оптимальний для проведення позакоренових обробок агрохімікатами в порівнянні з іншими періодами впродовж доби (О. Л. Зозуля та ін., 2023).

Перехід води з рідкого стану в газоподібний відводить певну кількість тепла (приховану теплоту випаровування) з поверхні випаровування. Температура листя визначається наявністю вологи в

ґрунті, кореневій зоні та домінантними умовами навколишнього середовища екоценозу. CWSI поєднує два вищезазначені фактори, щоб дати оцінку водному стресу культурної рослини. Вважається, що коли вологість ґрунту в кореневій зоні зменшується то зменшується і рівень транспірації, а температура покриву підвищується, і навпаки за зростання вмісту вологи в ґрунтовому профілі, інтенсивності розвитку кореневої системи та збільшення рівня транспірації, температура рослинного покриву знижується.

Для визначення температури рослин і ґрунту використовують польові термометри. **Інфрачервона термометрія** запропонувала можливість швидкого кількісного вимірювання рівня достатності води рослинам. Існує кореляційний зв'язок між температурою листового покриву й ураженням рослин хворобами. Що більша площа ураження листків, то вища температура листового покриву. Це зумовлено тим, що транспіраційна поверхня на уражених місцях падає, відповідно підвищується його температура (A. Ayeneh, M. van Ginkel, M. P. Reynolds, and K. Ammar, 2002; J. J. Olivares-Villegas, M. P. Reynolds and G. K. McDonald, 2007; M. Balota, W. A. Payne, S. R. Evett, and T. R. Peters, 2008; U. R. Rosyara, D. Vromman and E. Duveiller, 2008; C. Saint-Pierre, J. Crossa, Y. Manes and M. P. Reynold, 2010).

В агрономії все більше з'являється практика використання **тепловізорів** – оптико-електронних приладів для вимірювання температури й візуалізації температурного режиму поля. Принцип дії тепловізора базується на перетворенні випромінювання інфрачервоного спектра у видимий діапазон світлового випромінювання. Спектральний діапазон, у якому працюють тепловізори, визначається інтервалами довжин хвиль в області максимуму енергії випромінювання об'єктів спостереження у відповідних параметрах прозорості атмосфери. Зазвичай це інтервали довжин хвиль від 350 до 550 нм або від 800 до 1350 нм. Сучасні тепловізори дозволяють виявити об'єкти, які мають температурні контрасти до десятих і навіть до сотих часток градусів і формують зображення високої якості. Вигнута **лінза Френеля** фокусує інфрачервоне випромінювання на піросенсор датчика, після чого сигнал обробляється мікропроцесором і перетворюється на цифрові дані для дальшої обробки.

У результаті сканування тепловізором поверхню рослин або ґрунту, можливо отримати теплову карту даної поверхні. Будь-яка поверхня, яка активно випаровує вологу, буде «холоднішою» порівняно з поверхнями, де таке випаровування менше або відсутнє. Підключення тепловізорів до

БПЛА сприяє зростанню функціональності та продуктивність аналізів температури покриву / ґрунту (рис. 83).

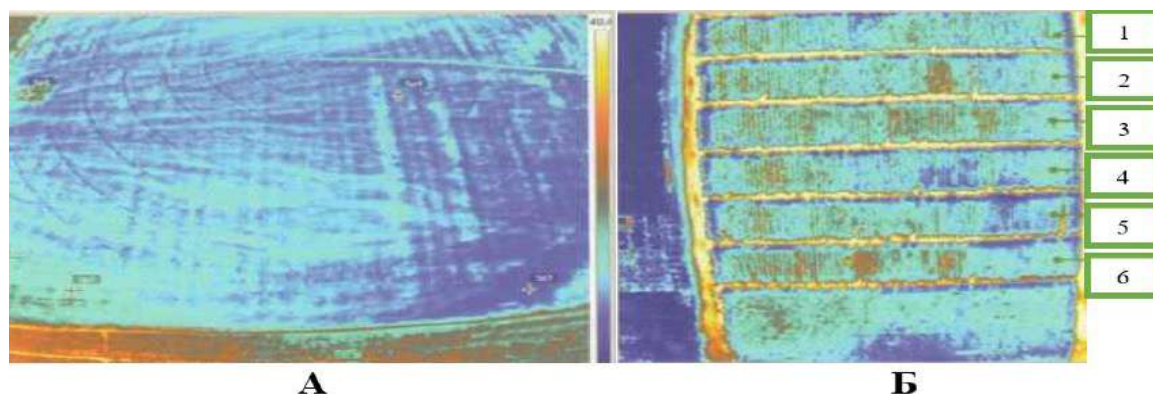


Рис 83. Теплограма поля на зрошенні (а), посів різних гібридів кукурудзи (б)

За тепловізорного аналізу якості зрошування встановлено, що ділянки з більшим вмістом води були прохолоднішими, ніж ділянки з меншими з різних причин величинами випаровування. На основі даних спостережень формується температурна карта поля, де виділені ділянки з різною температурою, тобто з різним вмістом води в ґрунті (рис. 83а). На даній карті видно ділянки з меншим рівнем вологозабезпеченості ґрунту («тепліші» тут блідо-блакитні), що дає змогу визначити проблемні місця в поливній системі для покращення рівномірності зрошування.

Звичайно, що на величину випаровування можуть впливати і структура ґрунту або, і рівень агротехніки, який забезпечує волого збереження, але у кожному разі ми можемо виділити ділянки з різною температурою поверхні і вже на місці встановити причину та внести корективи в агротехнічні заходи на цих ділянках.

Другий важливий у виробництві й селекційній практиці приклад використання теплограм – **порівняння температури рослин різних гібридів кукурудзи для оцінки стійкості до посухи у фазу ВВСН 51** (рис. 83б). Теплограма шістьох різних гібридів кукурудзи (1-6). Жовті поперечні лінії – це відкритий ґрунт між кожним гібридом. Добре видно, що гібриди 2, 3, 6 мають набагато більше «тепліх» зон порівняно з гібридами 1, 4, 5. Особливо «холодні» були гібриди 1, 4. Це свідчить, що на ділянках 1, 4, 5 рівень транспірації суттєво вищий. Тому на цих ділянках рослини стійкіші до перегрівання, активніше охолоджуються, через це їхня теплограма «холодніша», саме ці гібриди стійкіші до умов посухи і мають нижчу температуру поверхні стебла й листя за рахунок

високої активності фізіологічних процесів в умовах високих температур, також за рахунок кращого розвитку кореневої системи.

Моніторинг температури посіву з дрону теж важливо для вдосконалення технологій вирощування культурних рослин. Наприклад окремі форми азоту мінеральних добрив по різному впливають на формування кореневої системи рослин і відповідно сприяють або перешкоджають розвитку кореневої системи, що є складником формування посухостійкості посівів. Результати виробничого досліджу (О. Л. Зозуля та ін., 2023) з вивчення впливу форм азотних добрив на температуру покриву посіву соняшнику (рис. 84), показують, що детектування температури посіву протягом вегетації – складник визначення рівнів посухостійкості посіву, розвитку кореневої системи та є важливим для вдосконалення систем живлення і формування продуктивності посіву культури.

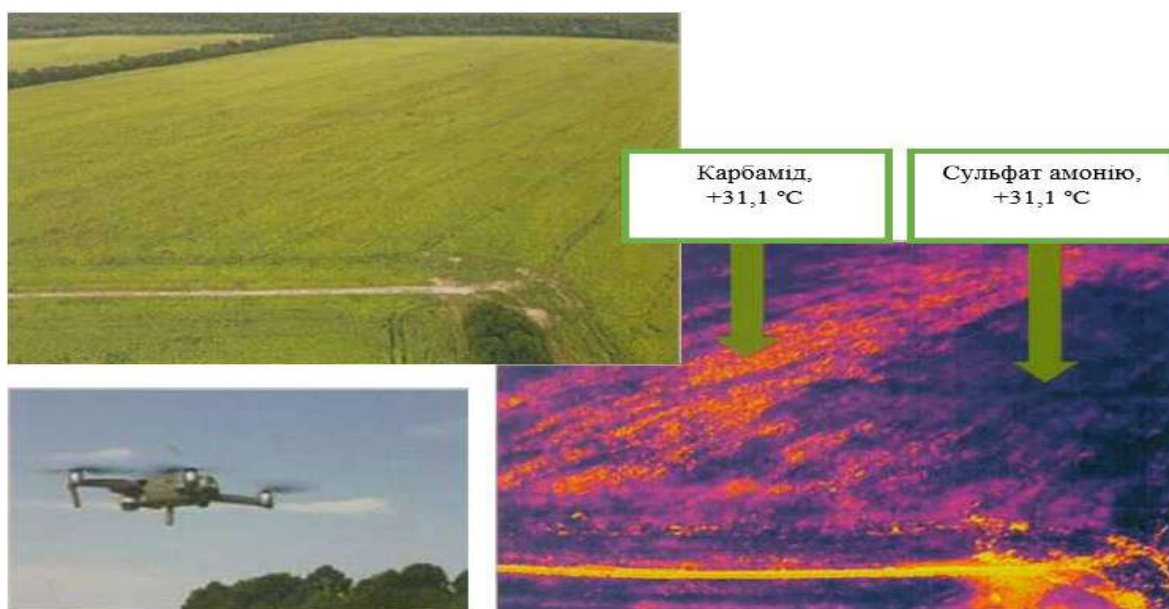


Рис. 84. Теплокарта посіву соняшнику (2021 рік) за внесення різних форм азотних добрив в рядки при посіві, ВВСН 37

Для визначення температури поверхні рослин можуть використовуватися і **інфрачервоні термометри**. Вперше **інфрачервону (ІЧ) термометрію** для практичного застосування в агрономії було застосовано для планування зрошення культур у 1970-х роках. Війт продемонстрував використання інфрачервоної термометрії (ІТ) для скринінгу генотипів в умовах посухи на початку 1980-х років. Використання ІТ в селекційних програмах СІММУТ стартувало на початку 1990-х років із тепловим стресом для поливу, а також параметром відбору батьківсько-стійких форм у програмах схрещування

(в гібридних популяціях F₃) (M. P. Reynolds, A.J.D. Pask and D. M. Mulan, 2012).

Основна перевага використання ІТ – швидкість і простота вимірювання та відносно низька вартість самих термометрів. Обмеження для використання в рослинництві – необхідність використання лише багатоканальних приладів, як-от Sixth Sense LT300 Infrared Thermometer, обладнаних інтегратором і лазерним вказівником. Використання ІТ дозволяє оцінити стрес рослинного покриву великої ділянки, тому що у вимірювання потрапляє одразу кілька рослин / аналітичних точок, що знижує імовірність похибки.

Досить важливим для визначення рівня стресового стану рослин є визначення змін **флуоресценції**.

Квантовий вихід фотосистеми II, визначений за допомогою флуоресценції хлорофілу, і квантовий вихід поглинання CO₂, визначений за допомогою газообміну – два фізіологічно важливі виміри для з'ясування реакції культурної рослини на стрес навколишнього середовища. Обидва вимірювання вимагають точної оцінки поглинання світла листками в діапазоні довжин хвиль фотосинтетично-активної радіації (400-700 нм).

Потужним інструментом вивчення впливу найпоширеніших чинників навколишнього середовища на рослинні організми є аналіз параметрів **флуоресценції хлорофілу**.

Кліматичні умови та хімічні чинники часто є інгібіторами або активаторами біоенергетичних процесів, які проходять у тилакоїдах рослинних клітин і здатні впливати на параметри кінетики та спектральні особливості флуоресценції, а також на її стаціонарний рівень. Дослідження кінетики флуоресценції можуть дати важливу інформацію про вплив чинників навколишнього середовища на параметри фотосинтезу. Це може бути використано для екологічного моніторингу й оцінки стійкості рослин до стресу (рис. 85).

Фізіологічно значущі дані флуориметра Y(II) meter & Plant Stress Kit ґрунтуються на аналізі викладених нижче параметрів.

F_m – максимальна флуоресценція, виміряна під час першого імпульсу насичення після темної адаптації. F_m являє собою багаторазові обороти QA з усіма закритими доступними реакційними центрами. Вся енергія спрямовується на флуоресценцію.

F_s, також відомий як F' – це рівень флуоресценції, створюваний актинічним світлом. Спочатку значення високе, з часом зменшується до значень стійкого стану через ініціювання транспорту електронів,

карбоксилювання й нефотохімічне гасіння. F_s також використовувався для позначення стабільних станів F' .



Рис. 85. Флуориметр Y(II) meter & Plant Stress Kit від компанії Opti-Sciences, Inc., США.

F_m' – значення імпульсу насичення, не адаптоване до темряви, перебуває на знижених значеннях від F_m через NPQ або нефотохімічне гасіння. Коли цей параметр досягає стабільного стану, він використовується для обрахунку квантового виходу фотосистеми II – Y(II) чи $\Delta F / F_m'$ разом із F_s . F_m' у стабільному стані також використовується як компонент для обчислення q_N , NPQ, q_P , q_L , Y(NPQ), Y(NO), q_E , q_T і q_l .

F_o – мінімальна флуоресценція після адаптації до темряви. Вона вимірюється з модульованою інтенсивністю світла, занадто тьмяною, щоб вести фотосинтез, і все-таки достатньо яскравою, щоб виявити флуоресценцію антен до «фотосинтезу».

F_t – це поточний миттєвий флуоресцентний сигнал, що відображається на екрані вимірювання флуорометра. Він використовується для встановлення модульованої інтенсивності джерела світла.

$F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$ – це адаптований до темряви нормалізований тест, який використовується для визначення максимального **квантового виходу PSII**. Це співвідношення – оцінка максимальної частки поглинених квантів, що використовуються в реакційних центрах PSII. Інший спосіб подивитися на F_v/F_m – це коефіцієнт вимірювання, який представляє максимальну потенційну квантову ефективність фотосистеми II, якби всі доступні реакційні центри були відкриті. Від 0,79 до 0,84 – приблизний оптимальний діапазон значень для більшості видів наземних рослин; якщо значення знижені, то це вказує на стрес у рослин.

$F_v/F_o = (F_m - F_o)/F_o$ – це адаптований до темряви тест, який використовується для неістотного покращення виявлення стресу F_v/F_m . Хоча це число може коливатися від нуля до нескінченності, насправді воно зазвичай працює від нуля до приблизно чотирьох. Що менше число, то більший стрес у рослини.

PAR – **фотосинтетично активне випромінювання** від 400 нм до 700 нм. Вимірюється або в мкмоль, або в мкЕ. PAR може вимірюватися в різних одиницях, таких як вати на метр, мікроейнштейни або мікромолі. При використанні кліпси темної адаптації PAR розміри завжди будуть в еквівалентних одиницях, мікроейнштейнах або мікромоль PAR або PPFD; температура листя вимірюється за допомогою вимірювача $Y(II)$ разом із вимірами Y або $Y(II)$. Крім того $Y(II)$ змінюється залежно від рівнів PAR (або освітлення), температури і стресу рослин, здатність реєструвати значення виходу за допомогою цих параметрів забезпечує контроль над важливими змінними. Це дозволяє розрахувати відносну ETR або швидкість транспорту електронів.

PPFD (**щільність фотосинтетичного потоку фотонів**) – це щільність потоку фотонів PAR, вимірюється в мкмоль або мкЕ. PPFD, або щільність потоку фотонів – це кількість фотонів PAR, що падають на поверхню і вимірюються в часі й площі (квадратний метр у секунду). Ці терміни еквівалентні вимірюванню радіаційного випромінювання листків у кліпсі PAR. Крім того, обидва вони можуть бути представлені в будь-якому еквівалентному вимірі, мікромоль (мкмоль) або мікроейнштейнах (μE).

$Y(II)$, або $\Delta F/F_m'$, або Y – це квантовий вихід PSII = $(F_m' - F_s)/F_m'$. Квантовий вихід PSII – це тест, адаптований до швидкого світла, робиться при стаціонарних рівнях фотосинтезу. Це нормоване співвідношення, яке забезпечує визначення показника фактичного або ефективного квантового виходу. Це співвідношення – оцінка ефективної частки поглинених квантів, що використовуються в реакційних центрах PSII. На нього впливає закриття реакційних центрів, спричинене розсіюванням світла й тепла, залученим у нефотохімічні механізми гасіння, тому він чутливий до багатьох видів стресу рослин. $Y(II)$ дозволяє досліджувати процес фотосинтезу, поки він відбувається. Темної адаптації при цьому не потрібно. Щоб отримати надійне вимірювання $Y(II)$, фотосинтез повинен досягти стаціонарного стану.

Встановлено, що $Y(II)$ чутливіший до більшої кількості стресів рослин, ніж F_v/F_m , але слід порівнювати вимірювання лише на одному рівні освітлення, бо значення змінюється за різних умов освітлення.

Фотосинтетичні виміри успішно використовують для досліджень генетичної різноманітності та встановлення фізіологічних реакцій впливу на рослини навколишнього середовища (світло, температура, вологість, сольовий стрес тощо), а також компонентів технологій, наприклад пестицидів.

5.15. Фітосанітарний моніторинг посівів сільськогосподарських культур в умовах діджиталізації

Сьогодні проблема комплексної функціональної діагностики стану сільськогосподарських посівів – актуальний і перспективний напрям досліджень. Проблема прогнозування рівня врожайності сільськогосподарських культур методами дистанційного моніторингу посівів вирішується різними способами, але комплексний підхід, який враховував би позитивні риси різних інструментів моніторингу, як правило, не застосовується. На основі використання протягом останніх досягнень сільськогосподарських, біологічних наукових дисциплін, інформаційних технологій і технологій дистанційної діагностики може бути створено інструментарій, який дозволить одержати позитивний ефект за рахунок застосування переваг різних методів та міждисциплінарних досліджень. Варто зауважити, що кожен із пропонованих підходів добре зарекомендував себе за автономного застосування. Суттєвих синергетичних ефектів може бути досягнуто при створенні методології комплексного використання інтелектуальних технологій, методів дистанційного цифрового моніторингу та останніх досягнень біологічних і сільськогосподарських наук.

Сучасний стан навколишнього середовища: швидка зміна погоди, зміни клімату і шкідники негативно впливають на стан сільськогосподарського виробництва. Втрачається ефективність застосування старих методів моніторингу і обробки сільгоспугідь. З'являються новітні технології й інструменти (наприклад, застосування супутників і дронів). Це потребує розробки новітніх сучасних методів управління процесами обробки та вирощування врожаю. Стає важливим аналіз ситуації в часі (аналіз часових рядів).

У завданнях моніторингу аероекологічного стану середовища успішно використовуються методи поглибленого аналізу навколишнього середовища та методи теорії ухвалення рішень (О. Л. Зозуля та ін., 2020; Г. М. Гнатієнко, В. Є. Снитюк, 2008). Методи теорії ухвалення рішень дозволяють оптимізувати використання дронів

та мінімізувати їх переміщення по проблемних зонах кожного окремо взятого поля. Так здійснюється оптимізація загального завдання використання ресурсів, задіяних в аероекологічному моніторингу полів.

Погіршення стану довкілля: швидка зміна погоди, зміни клімату, техногенні чинники й різноманітні шкідники негативно впливають на стан сільськогосподарського виробництва. У зв'язку з цим втрачається ефективність застосування традиційних методів моніторингу й оцінки стану обробки сільськогосподарських угідь. Виникає необхідність розробляти новітні технології й використовувати інструменти, ґрунтовані на застосуванні супутників і дронів. Водночас застосування нових технологій потребує розробки сучасних методів управління процесами обробки й вирощування врожаю. Тому стає особливо важливим обґрунтований аналіз динаміки зміни агротехнічної ситуації.

Найефективніше боротися зі шкідниками і хворобами можна вживаючи превентивних заходів, що не дозволяють збудникам уражувати рослини, або на початку появи збудника на окремих рослинах, щоб не дати початковому ураженню перерости до рівня епіфітотій. Пестицид не компенсують заподіяну шкоду шкідником або збудником хвороби вони лише запобігають подальшому поширенню шкідливих об'єктів.

Постає дилема з одного боку, необхідно не допустити втрат від шкідників і хвороб, з іншого боку, зайві витрати на обробку, особливо якщо загрози немає, знижують рентабельність. А от із визначенням рівня можливої загрози є певні труднощі. Постійний моніторинг посівів маршрутними обстеженнями – завдання важке, витрачається забагато ресурсів, орієнтуватися на фенологію розвитку рослин не виправдано, це як обробки навмання. Тому важливо ідентифікувати терміни появи шкідливих організмів, що дає змогу провести профілактичні заходи, які набагато ефективніші, ніж ті, що їх проводять уже за масового поширення шкідників або епіфітотії хвороби. Це збільшення норм витрат препарату, часто необхідність повторних обробок посівів.

Як уже відмічалось в попередніх розділах підручника бур'яни, шкідники та хвороби це істотний обмежуючий чинник формування продуктивності сільськогосподарських культур. Через це постійний моніторинг сходів сільськогосподарських культур є обов'язковим елементом ефективного догляду за посівами під час їх вегетації. Він дає змогу оперативно оцінити стан рослин, внести корективи в агротехнічні заходи догляду за посівами. Система моніторингу може включати візуальні, лабораторні, функціональні (інструментальні), дистанційні

заходи контролю.

Візуальні методи моніторингу ґрунтуються на безпосередньому огляді й встановленні порушень зовнішнього вигляду рослин та підрахунках інтенсивності ураження або відхилення від нормального розвитку. За технікою виконання це переважно маршрутні обстеження для візуального виявлення проблем у полі. Метод простий, але потребує багато часу і фізичних зусиль. Зазвичай для обстеження полів агроном має пройти через усе поле й провести аналіз не менше ніж у 10 точках, щоб отримати статистично вірогідний результат. Це забирає багато часу, не завжди це можливо зробити (погода, висока щільність та/або висота рослин, втрата уваги дослідника і багато інших чинників) якісно або взагалі провести дослідження. До того ж точність визначення причин ураження рослин не дуже висока, що пов'язано з тим, що легко сплутати ураження з певними хворобами і патологіями, які спричинені, наприклад, дефіцитом або надлишком макро- або мікроелементів. Багато патологій рослин можуть мати схожі зовнішні ознаки або бути безсимптомними. Також можна реєструвати ознаки лише вторинного ураження на місці первинного. Аналогічна картина з ідентифікацією дефіцитів елементів живлення, за якої дефіцит одного елементу живлення може викликати нестачу іншого /інших.

Лабораторний аналіз дає змогу точно визначити джерело патології, завдяки приладам для хімічного аналізу рослин, новітньої оптики, ПЦР та інше, що дозволяє коректно встановити види патогенів, показники вмісту елементів живлення, вид шкідника. Проте тут досить багато залежить від кваліфікації фахівців. Незважаючи на високу точність результатів досліджень, лабораторна діагностика вимагає багато часу – від відбору проб до конкретного рішення. Ще один «мінус» цього виду діагностики – висока вартість більшості аналізів.

Функціональна (інструментальна) діагностика. У цьому способі діагностики використовують багато різноманітних технічних розробок і приладів, що дають змогу визначити ті чи ті чинники розвитку рослин, патогенів і фітофагів, стан ґрунту та інші агропоказники. Нині розроблено багато апаратів для функціональної діагностики й моніторингу. Є прості (світлопастки, ловильні пояси й клейові пастки, експрес-тести тощо) і високотехнологічні (споропастки, модифіковані метеоприлади, ІЧ-тестери, спектрофотометри тощо). Перевага функціональної діагностики – швидкість отримання результатів, відносна простота роботи з ними, що не потребує спеціального навчання персоналу для роботи з ними.

Дистанційна діагностика з використанням супутникових систем і результатів аерофотозйомки. У сучасному агровиробництві поряд із наземними видами моніторингу активно впроваджують дистанційні методи за допомогою супутників або БПЛА. Дистанційне зондування в поєднанні з моделюванням може вчасно надавати інформацію про стан агроєкосистем на великих територіях. Слід зазначити, що для даних дистанційної діагностики використовують складну обробку отриманих показників, яка може складатися з кількох рівнів:

1. Переформатування вихідних даних
2. Внесення поправок за характеристиками датчика:
геометрична корекція
радіометрична корекція
3. Внесення поправок за характеристиками стану:
геометрична корекція
радіометрична корекція
4. Розрахунок геофізичних параметрів

Жоден прилад для дистанційного зондування Землі не здатен вимірювати фізичний сигнал із безмежною точністю, якщо:

сигнал змінюється в часі, при його реєстрації проходить усереднення по ненульовому інтервалі часу;

змінюється довжина хвилі сигналу, проводиться усереднення по смузі пропускання приладу;

сигнал змінюється в просторі, слід проводити усереднення по ненульовому просторовому інтервалі.

Дистанційний моніторинг стану посівів сільськогосподарських культур та визначення їхніх площ і продуктивності варто здійснювати на основі раціонального поєднання традиційних систем збору й методів спостереження, різномасштабних оперативних даних дистанційного зондування в межах геоінформаційної системи. Матеріали дистанційної зйомки при моніторингу посівів використовують для розробки і обслуговування територіальної вибіркової мережі у вигляді картографічного забезпечення наземних обстежень та як один з елементів просторового моделювання стану посівів сільськогосподарських культур. Також у системі супутникового моніторингу важливе значення мають тестові наземні вимірювання, які формують взаємозв'язок наземних і дистанційних даних. У результаті забезпечується якісніше дешифрування супутникової інформації, точність і вірогідність супутникових даних (О. Г. Тараріко, О. В. Сиротенко, Т. В. Ільєнко, Т. Л. Кучма, 2019).

Для моніторингу використовують різні прилади, зокрема прилад для **вимірювання площі ураження листка WinDIAS**, обладнаний спеціальною камерою-сканером, елементами підсвічування і програмою обробки цифрових даних (рис. 86). У результаті отримуємо протокол із точним виміром відсотка ураження листка хворобами, пошкодженнями або проявами дефіциту елементів живлення. Це дає змогу швидко скласти уявлення про ступінь ураження листової поверхні, точніше оцінити ефективність препаратів для захисту рослин, відійти від візуальної оцінки.

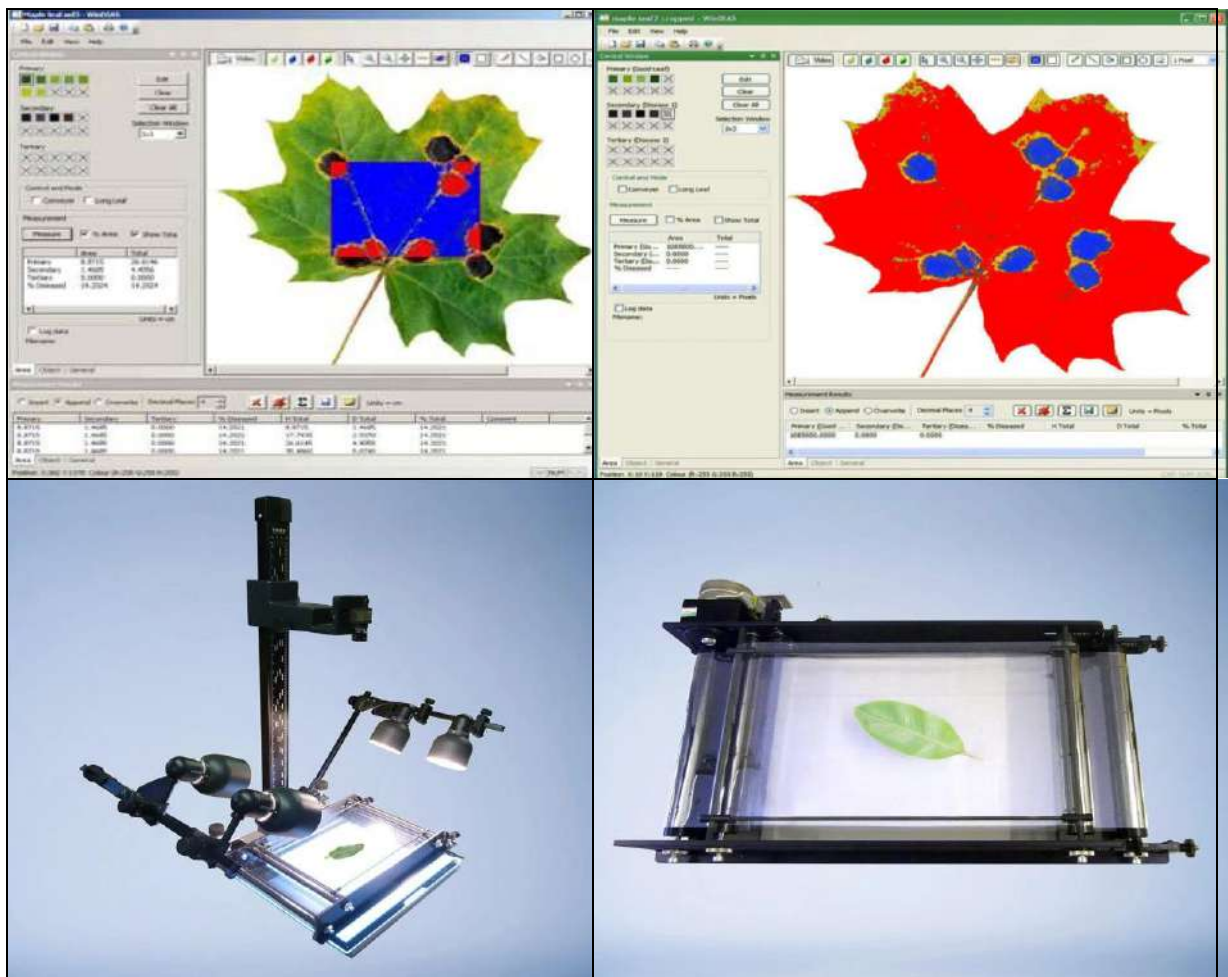


Рис. 86. Сканер WinDIAS, Delta-T Devices для визначення площі ураження листка

Важливим у цій системі є програмне забезпечення, яке може розпізнавати образи (ділянки з різним кольором), знаходити їх на площині сканування та визначати частку площі кожного з них (рис. 86). Недоліком даного приладу є те, що потрібно зривати листки, привозити в лабораторію і там проводити вимірювання. Це час, необхідність належно зберігати листки і пошкоджувати рослини.

Водночас широка площа сканування дозволяє одночасно обробляти кілька листків або листки з великою площею.

Для польового сканування розроблено портативний вимірювач площі листків ADS AM350 від компанії ADS BioScientific (рис. 87), який складається зі сканера з високою роздільною здатністю і сканбордину. Великий обертовий дисплей дає можливість в реальному часі формувати зображення сканованого листка разом із виміряними параметрами площі листка в мм або см. У цьому приладі є опція для вимірювання площі ураження листка безпосередньо в полі, не зриваючи його з рослини. Кожен вимір зберігається в пам'яті, що дає можливість робити заміри одного листка через різні проміжки часу і в такий спосіб мати дані про зміну динаміки площі листка та розвитку хвороби.



Рис. 87. Вимірювач площі листків AM350 Portable Leaf Area Meter виробництва ADS BioScientific

Ще однією корисною функцією даних сканерів є визначення **площі кореня і ризоморфа**. Звичайні методики не дуже зручні, а використання цих приладів дає змогу зробити це швидко й точно. На аркуші білого паперу певного розміру розкладають кореневу систему, і прилад визначає площу корінців (кореневої системи) щодо площі паперу. Так само можна порівняти вплив на рослини протруйників, стимуляторів росту, добрив, властивостей насіння тощо.

Важливий складник моніторингу фітосанітарного стану посівів – **прогноз** – передбачення появи, рівня поширення і чисельності комах, кліщів, нематод, гризунів, бур'янів та хвороб рослин.

В іншому випадку швидко встановити причину появи зон із зменшеними показниками росту на основі лише ортофотоплану не вдалося. На ортофотоплані видно, що посів соняшнику на полі має різне забарвлення (рис. 88б). На індексній карті чіткіше видно ділянки, де рослини відстають у своєму розвитку (рис. 88г). За наземного

обстеження ділянок, де спостерігалось пригнічення рослин, було виявлено осередки ураження соняшнику фомопсисом (рис. 88в).

На спектральній карті можна виділити осередки ураження, визначити площу цих осередків. Щоб запобігти поширенню хвороби, необхідно провести вибіркове обприскування фунгіцидами саме осередків ураження соняшнику, використовуючи дрон-обприскувач, наприклад XAG. Це легко зробити, адже точні координати зон ураження отримані під час обстеження.

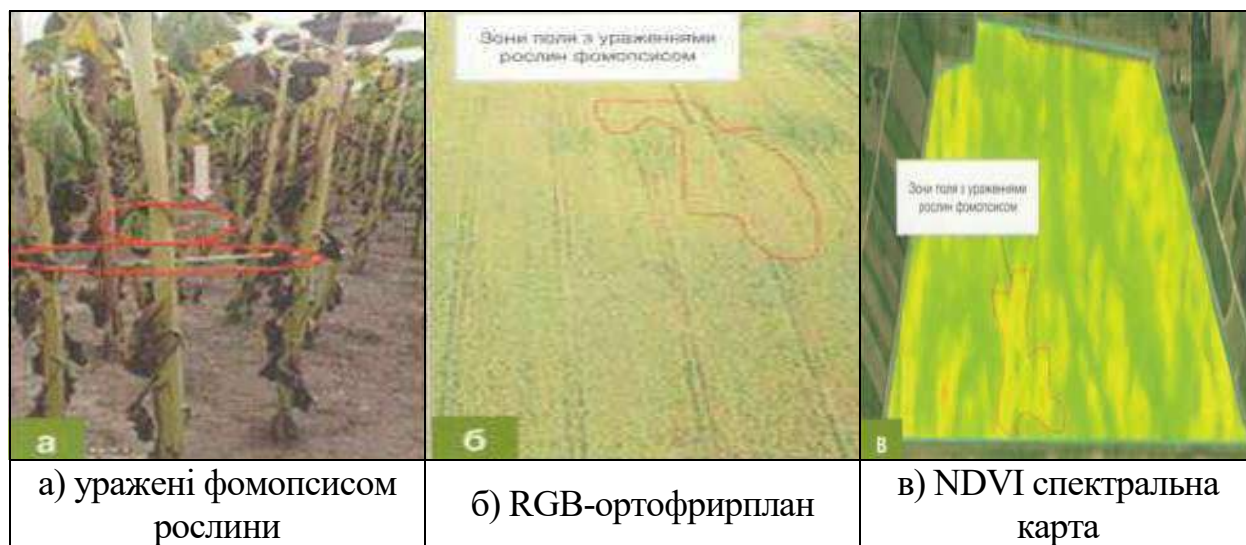


Рис. 88. Обстеження поля соняшнику за допомогою дрона

Моніторинг – система спостереження й контролю поширеності та прогнозу чисельності й інтенсивності розвитку шкідливих організмів. Розробляється на основі фітосанітарної діагностики – визначення видів і показників шкідливих організмів за допомогою певних методів і технічних засобів. За результатами моніторингу складається фітосанітарний прогноз – обґрунтоване передбачення термінів появи, рівня поширеності й розвитку шкідливого організму та можливих явищ і процесів у фітосанітарному стані агроценозів у майбутньому.

У практиці поширені **три види прогнозів** – *багаторічний* (стратегічний), *довгостроковий* (річний), *короткостроковий* (фенологічний, оперативний), кожен із яких вирішує певне завдання.

Багаторічний (стратегічний) **прогноз** необхідний для планування науково-дослідних робіт, підготовки і видання спеціальних посібників, матеріально-технічного забезпечення, захисту рослин від тих шкідливих організмів, які домінуватимуть у певний період.

Довгостроковий (річний) **прогноз** уточнює фазу динаміки в багаторічному циклі шкідливого організму, чисельність та інтенсивність

розмноження **полівольтинних видів** (шкідники які розмножуються в понад 2 генераціях) і патогенних збудників хвороб в окремих зонах країни, дає змогу визначити площу заселення шкідником або ураження збудником хвороб, рівні шкідливості, очікувану площу цілеспрямованого застосування засобів захисту рослин.

Короткострокові (фенологічні), або оперативні прогнози в річних межах охоплюють розвиток одного покоління полівольтинних видів, встановлюють терміни проходження окремих стадій онтогенезу фітофагів із довгостроковим періодом розвитку генерації і рослин-господарів, зоофагів, патогенів та інших природних регулювальних чинників, уточнюють шкодочинність і доцільність проведення захисту рослин, методи боротьби, площі обробки (Й. Т. Покозій, В. М. Писаренко, С. В. Довгань та ін., 2010; R. Muirhead-Thompson, 2012).

Фітосанітарний моніторинг забезпечує можливість вдосконалення застосування агрохімікатів, зменшує до 50 % кількість пестицидних обробок, зберігає корисну ентомофауну, підвищує економічну ефективність заходів захисту.

До короткострокових прогнозів належать багато різноманітних технічних розробок, які визначають ті або інші біотичні чинники розвитку патогену чи фітофага. Вони дають можливість алгоритмувати їх і розробити прогноз розмноження шкідника. Нині розроблено багато інших **приладів для проведення моніторингу**, зокрема споропастки, ловильні пояси, клейові пастки, експрес-тести, модифіковані метеоприлади та інше.

Метеопредиктори в прогнозі появи шкодочинних організмів. Показники температури повітря, відносної вологості повітря, температури і вологості ґрунту, суми опадів тощо за окремі періоди використовують для розрахунків фенології стану популяції окремих шкідливих організмів, перебігу їхніх критичних періодів у життєвому циклі. Здебільшого для аналізу ці дані використовують після спеціальної математичної обробки.

Найчастіше використовують суму позитивних (понад 5 або 10 °C) та ефективних температур ($\sum T_n$, $\sum T_e$), гідротермічний коефіцієнт (ГТК), які визначають за формулами:

$$\sum T_n = t_{n1} + t_{n2} + \dots + t_{nn},$$

де t_{n1} – середньодобова температура першого дня понад +5 °C; t_{nn} – середньодобова температура останнього дня вище за +5 °C;

$$\sum T_e = (t_e + t_{6n}) N,$$

де t_e – середньодобова температура вище за біологічний поріг, °C; $t_{оп}$ – температура біологічного порогу, °C; N – кількість днів аналізованого періоду;

$$ГТК = 10 * \sum R / \sum T_n,$$

де $\sum R$ – сума опадів за період, мм; $\sum T_n$ – сума позитивних температур вище порогових за період, °C.

Така модель успішно використовується в прогнозуванні появи різних стадій шкідників. Наприклад, до початку льоту яблуневої плодожерки потрібно 90-110°C ефективних температур, для періоду масового льоту – 150-170 °C, для відродження личинок 1 покоління – 230 °C, а для розвитку двох поколінь в цілому необхідно 1400-1500°C (Н. У. Fadamiro and J. Cibrowski, 2003)

Дані показники звичайно не є абсолютними величинами та можуть мати стотні відхилення в залежності від природно-кліматичних зон, особливостей мікроклімату регіону тощо, але ці відхилення загалом допустимі для прогнозування орієнтовних періодів появи шкідників і термінів обробки.

Для прогнозування поширення хвороб рослин важливу роль має особливість взаємодії температури й вологості. Н. А. Наумова одна з перших розробила модель прогнозування фітофторозу картоплі (рис. 89).

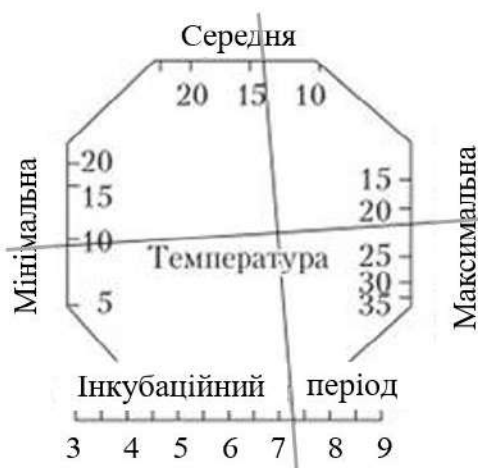


Рис. 89. Номограма Наумової для визначення інкубаційного періоду фітофторозу картоплі (Наумова, 1935, 1965)

Для розрахунку необхідно взяти середню мінімальну і максимальну температуру за три дні, а також середню температуру за даний період. На номограмі з'єднують лінію середньої мінімальної і максимальної температури і проводять перпендикулярно лінію середньої щоденної температури так, щоб вона утворила перпендикуляр з уже побудованою лінією мінімальної і максимальної температури. Внизу ця лінія буде вказувати період інкубаційного періоду інфекції.

Існує також модель визначення поширення септоріозу за ураження збудником *Septoria tritici*, яка базується на тому, що за високої відносної вологості повітря або листка протягом більше як 14 годин може

відбутися зараження рослин збудником. Інтенсивність цього ураження залежить від температури повітря, найоптимальніша +16...21 °C. Тому за низьких температур біля +7 °C ураження септоріозом буде слабе, за оптимальних – найбільше. Кореляція між температурою і тривалістю зволоженості листка та ступінь ураженості септоріозом представлено на рис. 90.

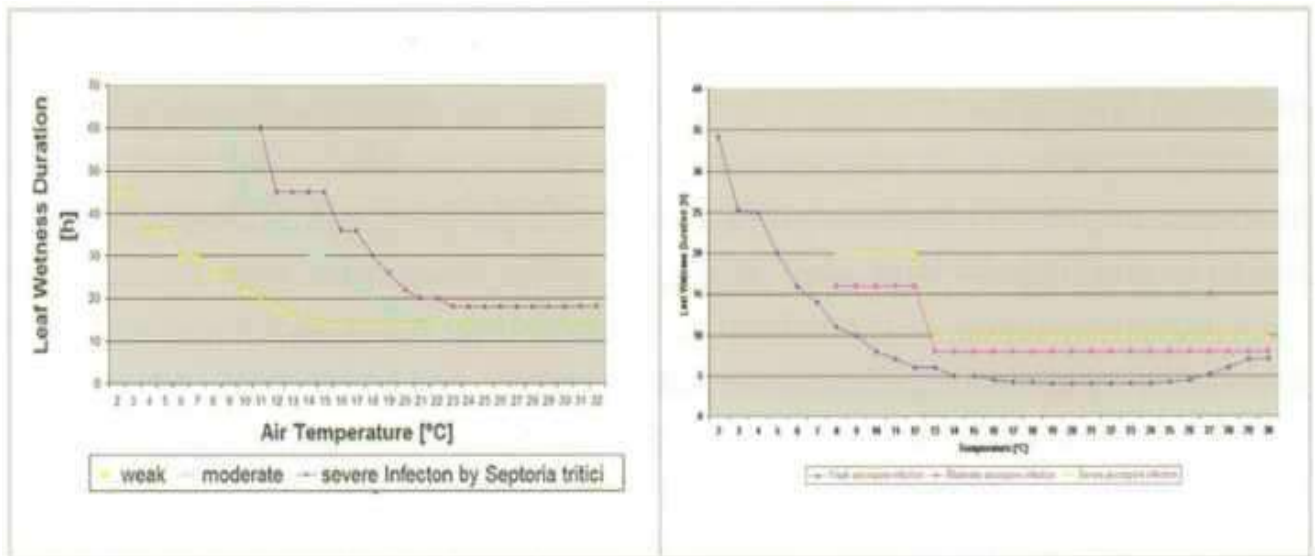


Рис. 90. Вплив температури повітря і умов зволоження листової поверхні на рівень ураження пшениці септоріозом (<https://metos.at/disease-models-fieldimate/>)

Подібний алгоритм має і модель прогнозу ураження яблуні паршею. Вважається, що проростання і проникнення спор гриба відбувається за вологості >80 %. Високі температури підвищують інтенсивність проникнення аскоспор збудника в листок або плід, тоді як за нижчих температур необхідні довші періоди із високою вологістю листя. Модель розраховує інтенсивність зараження залежно від вологості листя й температури за різних **рівнів можливого інфікування** – слабких, помірних і важких.

Модель поширення попелиці також побудована на взаємному впливі вологи й температури. Відомо, що на розмноження попелиці головним чином впливає температура, і чим більше годин утримується оптимальна температура і достатньо їжі, то вищою буде швидкість поширення генерації, тоді як яйця й личинки чутливі до сухого повітря. Завдати шкоди популяціям попелиці може низька відносна вологість повітря. У даній моделі також враховується роль хижаків і паразитичних грибів (наприклад, *Beauveria bassiana*). Вони інтенсивніше розмножуються у вологих умовах. Через це ризики поширення попелиці

зростають за вологості від 30-90 %, діапазону температури + 20...32 °C і знижуються, коли вологість вища за 95 %, а температура або нижча за + 20 °C, або вища за + 32 °C.

Варто розуміти що прогнозування поширення шкочочинних організмів дозволяє підвищити ефективність дії препаратів для захисту, зменшити кількість обробок, провести вчасно та якісно обробки, вибрати необхідний препарат.

Ефективність дії будь-якого препарату залежить від періоду його застосування та інтенсивності поширення шкідника або хвороби. Найбільш ефективним буде застосування профілактичної обробки на початку їх поширення. Саме встановити цей періоду дозволяє прогнозування вірогідності появи шкідника або збудника хвороб. Товаровиробник на основі прогнозу може зменшувати кількість обробок, або взагалі не вносить певний препарат у випадку відсутності загрози посівам чи вона неістотна.

Використання імітаційних моделей (для агроєкосистем, окремих культур, популяцій шкідливих організмів) потребує особливо високих вимог до гідрометеорологічної інформації. Якщо модель має забезпечити оперативне управління заходами захисту рослин, то дана інформація необхідна в реальному масштабі часу. Дані про кліматичні умови мають отримуватися негайно від спостерігача або від найближчої метеостанції. Найбільш технічно досконалою є так звана система «онлайн», де забезпечено отримання інформації у відповідні сервера з автоматичних метеостанцій (А. В. Кулешов, М. Білик, 2008).

Компанія PESSL розробила одну з систем моніторингу і оповіщення про рівень загрози у вигляді математичних моделей ризиків появи тих чи інших шкідників або збудників хвороб, яка використовує саме **метеорологічні предиктори**. Будь-який товаровиробник може придбати метеостанцію з набором спеціальних датчиків і під'єднати її до сервера компанії. У режимі онлайн усі дані з датчиків автоматично надходять на сервер. За накопичення необхідної кількості даних на основі математичної моделі товаровиробник отримує прогноз вірогідності поширення тих чи інших шкідливих об'єктів.

Компанія **Xarvio™ Field Manager** надає прогноз щодо появи проблемних ділянок на підставі даних про поле: локація, культура, гібрид, попередник, погодні умови. Програма також підказує найкращий момент, коли внесення пестициду забезпечить максимальну ефективність у боротьбі із шкідниками.

Варто розуміти, що будь-який прогноз будується на математичній

моделі і не є абсолютним показником (має певну похибку), він лише показує відсоток вірогідності появи або ураження рослин.

Наприклад, компанія «Сингента» створила систему оповіщення фермерів про загрози на основі біля 100 метеостанцій PESSL, які об'єднані в одну мережу. Будь-який товаровиробник може знайти на карті найближчу до його поля станцію, встановити прийнятні для нього параметри рівня загрози, час і спосіб оповіщення, культуру та шкідливі об'єкти на ній протягом усього вегетаційного періоду. І у разі настання рівня відповідної загрози, він отримає сигнал про це та рекомендації для запобігання шкодочинності шкідників та хвороб.

Алгоритм дії, при цьому, дуже простий, спочатку фермер вибирає поле, потім визначає найближчі до цього поля метеостанції, встановлює параметри оповіщення (проміжок часу для одержання повідомлення, рівень загрози, тип повідомлення). Це дає змогу отримувати повідомлення в зручний для спеціаліста час доби, мати сигнал за відповідного рівня загрози, актуальний для цього господарства. Сигнал може бути надіслано на телефон або електронну пошту. За бажанням власника разом із сигналом йому може бути надано рекомендації.

Дана система досить важлива для тих господарств, які надають перевагу превентивним обробкам, щоб запобігти зайвим утратам урожаю від хвороб та шкідників.

Дійсно, кліматичні умови один із компонентів прогнозування появи багатьох шкідників, який часто на практиці не використовується. Наприклад у одному із господарств Запорізької області було зафіксовано велику кількість попелиці на ріпаку і сильне ураження рослин (понад 75 %). Визначено це було вже в останню декаду травня, попелиця ввійшла у фазу масового розмноження, тому прийняли рішення негайно обробляти коректно обраним препаратом з композицією діючих речовин із груп неонікотиноїдів і піретроїдів. Але не врахували такий показник біології попелиці, як полівольтинність, тобто можливість формувати через кожні 7-10 днів нові покоління в геометричній прогресії. Боротьбу зі шкідником почали, коли чисельність набагато перевищувала порогові показники. Навіть за більш ніж 90 % ефективності препаратів протягом короткого періоду популяція попелиць відновить свою чисельність до небезпечної для рослин кількості. Наприклад, при 100 самках на рослину після обробки залишається 10, при 1000 самок залишається 100. Зрозуміло, що у другому випадку популяція виросте швидше, через це однією обробкою при масовому розмноженні не обійтися. Звичайно у даному випадку

необхідно збільшувати норму інсектициду, щоб продовжити період захисної дії та проводити повторні обробки.

Розгляньмо прогноз, який був на даний рік (рис. 91), з нього видно, що склалися оптимальні умови для розвитку попелиць. Заселення і зростання чисельності попелиць на хрестоцвітих культурах передбачалося ще на початку травня.

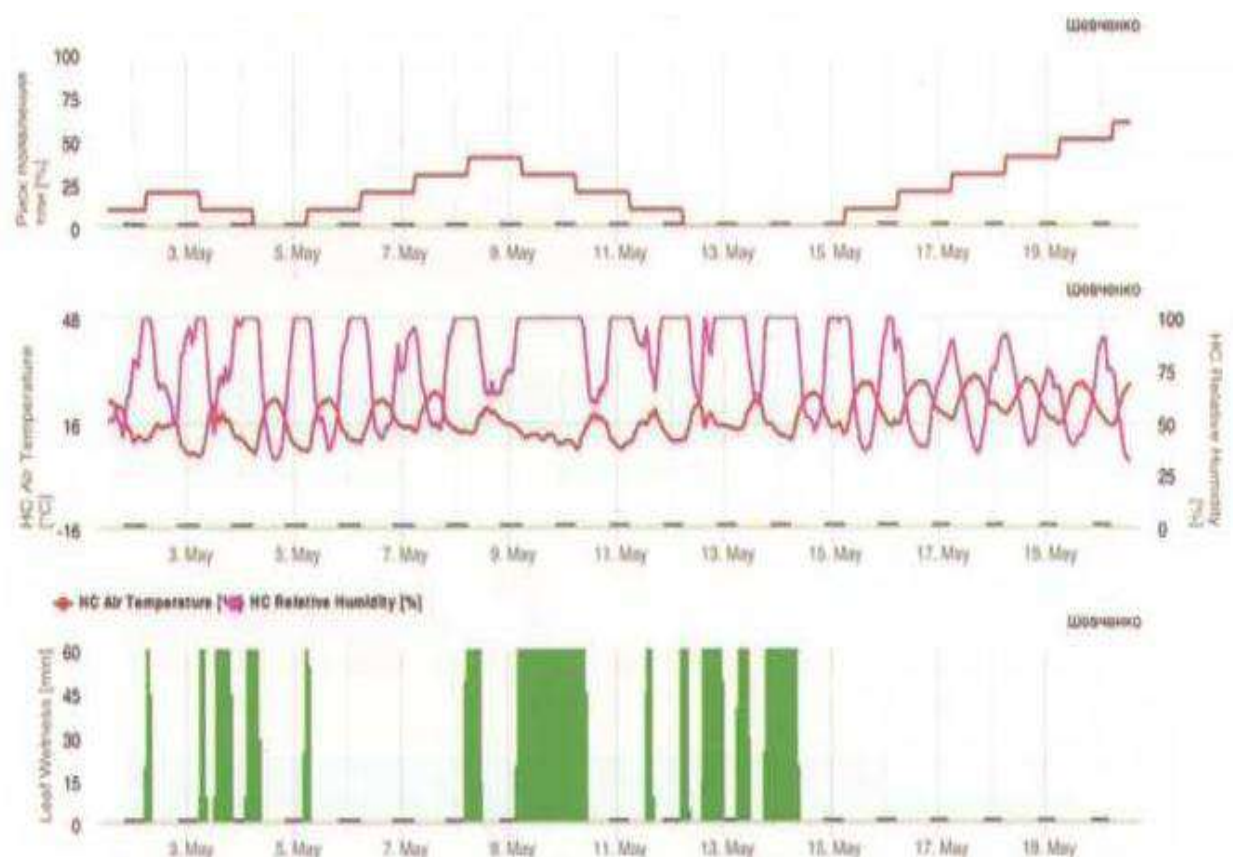


Рис. 91. Прогноз появи попелиці на 2019 рік

За період від початку інтенсивного заселення посівів самками попелиці до обробки пройшло більше як два тижні, і за цей час популяція шкідника перейшла до масового розмноження, наслідками якого стали пошкодження рослин і необхідність повторних обробок. А якби фахівці почали обробку згідно з прогнозом, то за такої ж ефективності 90 % залишились би лише поодинокі особини, які на період вегетації не змогли б розмножитися до біологічного порогу шкодочинності.

Приведемо ще два приклади використання метеопрогнозу для планування заходів із захисту посівів у трьох областях Західної України. Один із них – це прогноз поширення сірої гнилі на соняшнику (рис. 92).

У всіх трьох областях на початку серпня склалися сприятливі умови для розвитку сірої гнилі. Проте лише у Львівській області

спостерігалася можливість поширення цієї хвороби. Перед початком збирання соняшнику в усіх трьох областях був ризик ураження сірою гниллю. У Львівській області більшість посівів потребувала проведення десикації, щоб запобігти поширенню даної хвороби. Окремі господарства провели профілактичні обробки фунгіцидами, які запобігали поширенню сірої гнилі. Рекомендаціями на основі формування умов розвитку сірої гнилі наприкінці вегетації соняшнику, було рекомендовано в стислі терміни провести збирання врожаю, або обробити посіви десикантами.

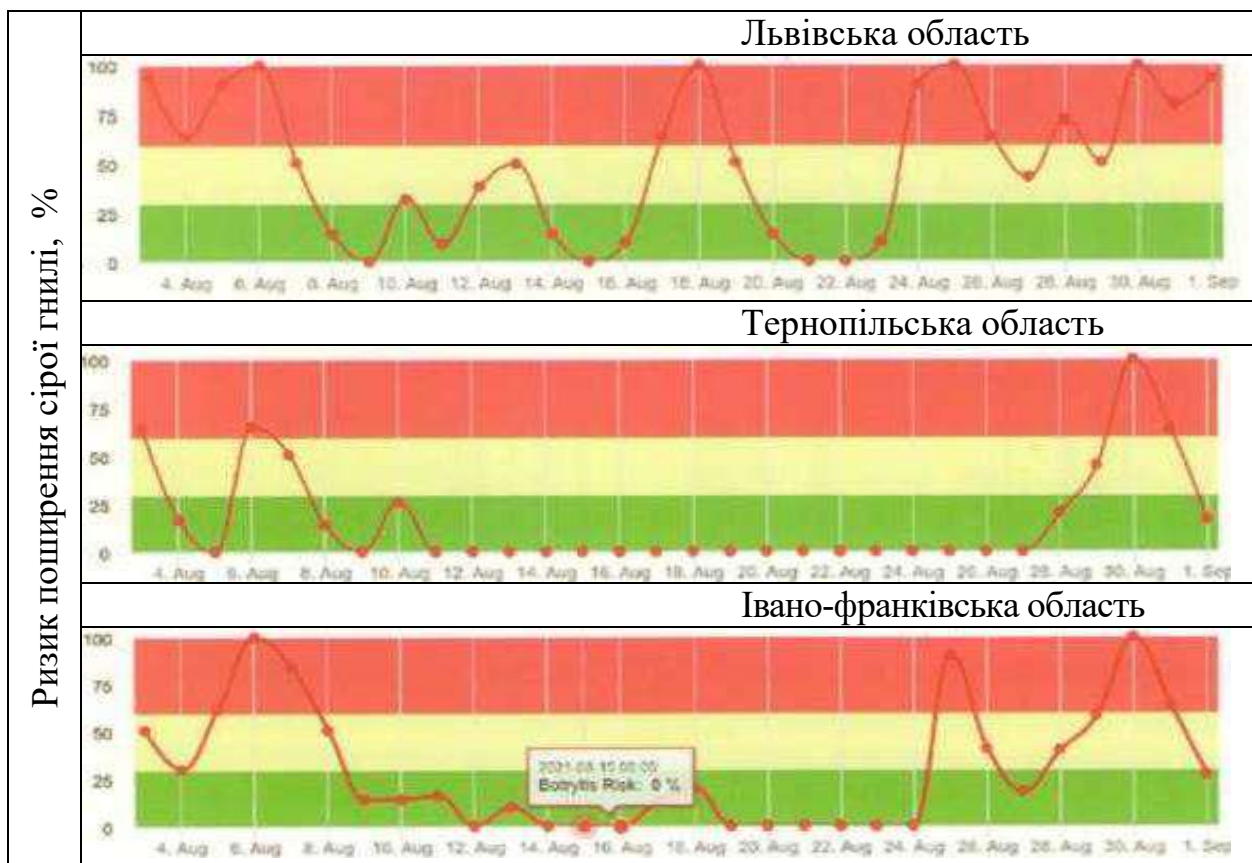


Рис. 92. Прогноз поширення сірої гнилі соняшнику в Тернопільській, Львівській та Івано-Франківській областях, 2021 рік

Другий приклад моніторингу хвороб за допомогою метеорологічних предикторів у даних трьох областях стосується пшениці озимої. Подовжена внаслідок змін клімату вегетація озимих культур восени призводить до необхідності моніторингу восени і хвороб, і шкідників, а також до необхідності вживати заходів для захисту посівів.

Із даних рисунка 93 видно, що 15 вересня 2021 року склалися сприятливі умови для розвитку септоріозу на посівах пшениці озимої,

особливо в Львівській і Тернопільській областях. Враховуючи тривалість осінньої вегетації 30-60 днів, варто обробити посіви профілактично, щоб не допустити весняного ураження після відновлення вегетації.



Рис. 93. Прогноз появи септоріозу пшениці озимої на основі метеорологічних предикторів у Тернопільській, Львівській та Івано-Франківській областях, 2021 рік

Важливим елементом вирощування кукурудзи – визначення часу, коли потрібно боротися зі стебловим кукурудзяним метеликом. Як правило, самки починають відкладати яйця через два тижні після початку льоту (рис. 94), в цей період починається масове відкладання яєць. З урахуванням ембріонального розвитку можна прогнозувати відродження гусені протягом 20-30 днів. Отже, після наростання в динаміці слід планувати через місяць обробку посіву інсектицидами.



Рис. 94. Динаміка льоту і відкладення яєць стеблового кукурудзяного метелика

Щоб полегшити підрахунок виловлених метеликів, було використано штучний інтелект, який знаходив на липкій вкладці саме стеблових кукурудзяних метеликів серед інших виловлених комах і підраховував їх на дату обліку. Для цього було достатньо завантажити фотографію вкладки. При наступній даті обліку програма штучного інтелекту враховувала лише нових метеликів, так графік динаміки льоту визначався автоматично (рис. 95).

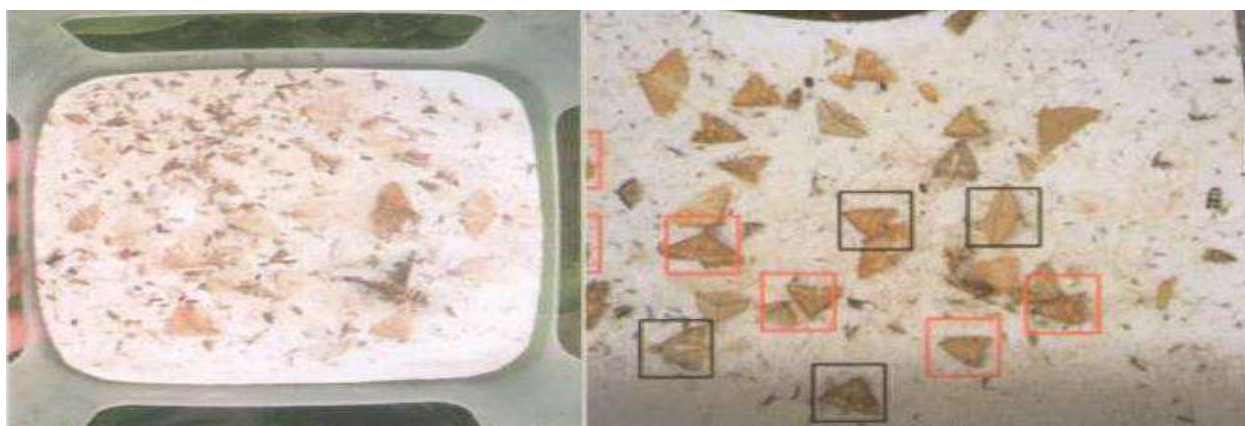


Рис. 95. Імаго стеблового кукурудзяного метелика в світловій пастці і процес їх підрахунку за допомогою програми штучного інтелекту

Встановлено, що на липкій вкладці містилося багато різних комах, а за допомогою штучного інтелекту вдалося автоматично виділити саме імаго стеблового кукурудзяного метелика (квадратики). Квадратики, які позначають цільовий об'єкт, мають різний колір залежно від дати обліку. Так вдається оцінити динаміку льоту. За результатами цього вилову можна рекомендувати початок обробки через 20 днів.

Особливе місце в систем контролю популяцій шкідників займає **феромонний моніторинг**, що за високої чистоти феромону створює можливість відлову частину популяцій, за динамікою і щільністю льоту шкідника визначити час і доцільність заходів захисту. **Феромонні пастки** мають різну будову, але **складаються** переважно з будиночка, клейові вставки і диспенсора. Досить ефективні феромонні пастки для визначення доцільності і термінів захисних заходів проти яблуневої, сливової і східної плодожерок та інших, садових листокруток, яблуневої молі, каліфорнійської щитівки, озимої совки, окремих видів коваликів та ін. Відлов комах у феромонні пастки сприяє точному визначенню

термінів появи шкідників і динаміки їхнього льоту, що сприяє плануванню захисних заходів, визначенню часу проведення захисних винищувальних заходів та скороченню кількості хімічних обробок і покращенню їхньої ефективності. За динаміки відлову імаго визначають період яйцекладки шкідника, а з урахуванням тривалості ембріонального розвитку встановлюють терміни відродження личинок, що і забезпечує принцип сигналізації про оптимальні терміни хімічних обробок.

Дуже важливий напрям у використанні феромонів – **прогнозування чисельності шкідників**, яке здійснюється шляхом встановлення кореляції між відловом імаго в пастки та чисельністю шкідника в полі. Дані моделі реалізовані для коваликів (посівного, степового), певних видів підгризаючих совок тощо.

В садівництві застосування феромонних пасток є найбільш поширеним. Недоліком постійного обліку є необхідність підбору відповідної пастки, постійний підрахунок, із періодичністю 5-7 днів, виловлених комах на протязі потенційної шкодочинності шкідника. Поява штучного інтелекту (ШІ) дозволяє автоматизувати даний процес.

Наприклад, Pessl Instruments GmbH розробила оптичну систему камер з високою роздільною здатністю разом із програмним забезпеченням для комп'ютерного аналізу, здатним розпізнавати комах з фотографії. Цю систему вбудовано в пастку для комах для віддаленого моніторингу динаміки льоту комах на полях. Асортимент пасток досить різний для охоплення широкого спектру різних видів комах. Усі фотографії й дані з програмного забезпечення комп'ютерного зору відображаються в інтернеті на веб-порталі FieldClimate (рис. 96).



Рис. 96. Феромонна пастка із системою оптичних камер для розпізнавання цільових комах, автономного живлення та передачі даних на комп'ютер

Інші системи інструментального моніторингу поширення хвороб та шкідників. Методи виявлення і обліку шкідників сільськогосподарських рослин засновано на використанні різних пристроїв від найпростіших (типу ентомологічного сачка й ґрунтових пасток) до складних електронних приладів із поєднанням мікрокомп'ютерів. За допомогою них можна ефективніше і набагато швидше визначити заселеність угідь певним шкідником та виявити ураженість рослин хворобами.

З урахуванням фото- і термотаксисів для автоматизації відбирання і обліку шкідників із рослинних і ґрунтових проб використовують **еклектори різних конструкцій**, які складаються із затемненої посудини, у яку вміщують досліджувану пробу рослин, і отвору, у який вмонтовано скляний комахозбірник. Наявні в пробі комахи шкідники в темному еклекторі залишають його, рухаються до отвору, крізь який проникає світло, і потрапляють у комахозбірник, де їх розділяють і підраховують. Здатність комах принадуватися на запах природних чи хімічних речовин використовують для їх відловлювання в різні пастки та обліку. Розрізняють **принади (атрактанти) харчові**, коли комахи прилітають для додаткового живлення, і **статеві**, або **феромони**, коли особини протилежної статі відшукують за запахом свою пару. Найчастіше застосовують живильні принади для виявлення і спостереження за динамікою й інтенсивністю льоту метеликів, совок, лучного метелика, горохової плодожерки та інших у ловильних коритцях $40 \times 70 \times 7$ або $30 \times 50 \times 6$ см.

Чималу кількість приладів і пристроїв для виявлення і обліку шкідників зроблено з урахуванням реакції останніх на різні чинники впливу (колір, світло, температуру, запах та ін.). Наприклад, попелиці добре реагують на жовтий колір, тому для їх обліку використовують жовті водяні пастки. Для цього в полі на підставках виставляють чашки Меріке, Петрі, блюдця або інші плоскі посудини, пофарбовані в жовте і наповнені водою. Обліковують виловлених пастками комах щодня.

На практиці більшу популярність здобули кольорові пластини, вкриті спеціальним невисихаючим клеєм. Якщо на жовтий летять попелиці, медяниці, то для обліку трипсів, сціариди (грибних комариків) *Bradysia spp.* використовують сині пластини, а садових пильщиків більше приваблює білий колір. Підраховують виловлених комах один раз на 5-7 днів. Проте як і в прикладі з феромонними пастками, так і у випадках застосування кольорових клейких пластин підрахунок

зловлених комах може бути автоматизовано установкою оптичних систем з використанням штучного інтелекту, за допомогою якого розпізнають цільові види, підраховують їх в автоматичному режимі, а дані передають на комп'ютер власника (рис. 97).

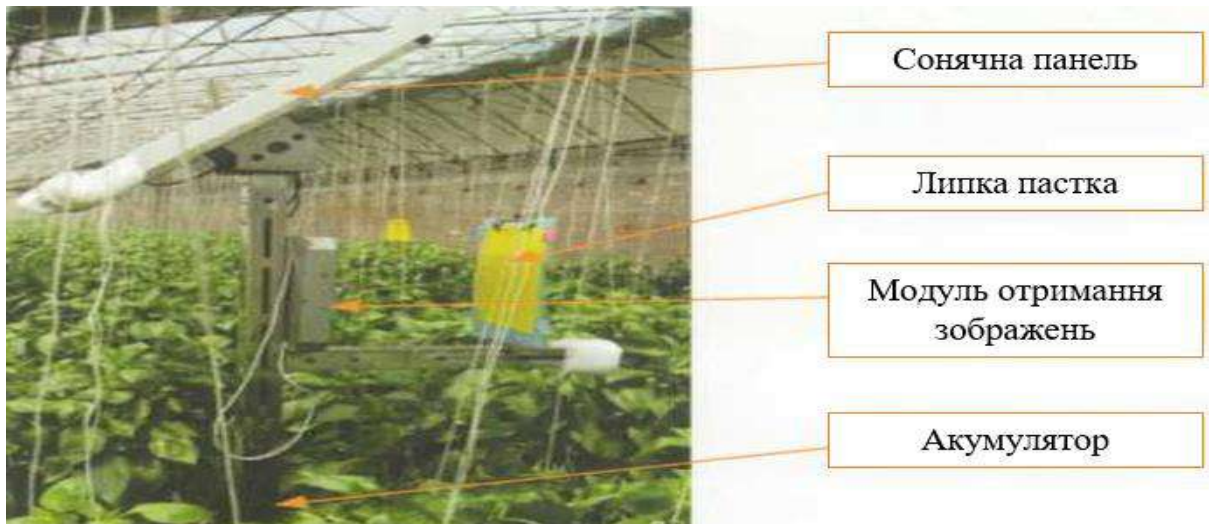


Рис. 97. Клейкі кольорові пастки з камерою фіксації виловлених комах

Для обліку нічних комах використовують **світлові пастки** різних конструкцій, оскільки їх притягує світло. Основні їх частини – джерело випромінювання світла, каркас і пристрої для збирання й фіксації або вбивання комах. Світлові пастки потребували спеціальних УФ-ламп і постійного джерела світла, що ускладнювало їх широке використання в польових умовах. З появою світлодіодів, які працюють на автономних джерелах живлення, їх компактність і тривалість роботи забезпечили цьому методу друге дихання. Для відлову комах використовується електронний блок, що кріпиться до верхньої частини пастки за допомогою магнітів, його можна легко демонтувати для зарядки батареї. До блоку входять два світлодіоди, які випромінюють УФ-світло з довжиною хвилі 365-370 нм, акумулятори і механізм управління автоматичним вмиканням і вимиканням джерела випромінювання у визначений проміжок доби (рис. 98).

На дні світлової пастки міститься клейкий вкладиш для відлову комах. Світлові пастки можна використовувати для визначення динаміки льоту багатьох комах як альтернативу феромонному моніторингу. Крім того не для всіх комах є ефективний феромон, як-от для стеблового кукурудзяного метелика (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). Встановлено, що саме для визначення періоду яйцекладки цим

шкідником цей інструмент може бути надійнішим, ніж застосування феромонів.

Останніми роками з'являється багато ідей щодо дистанційного визначення видового складу та кількісної оцінки чисельності популяції комах, хвороб, бур'янів за допомогою штучного інтелекту. Принцип дії таких приладів ґрунтується на можливості розпізнавати комах за допомогою штучного інтелекту, який використовує інтеграцію їхніх силуетів, звуків, колір тощо. Сьогодні стало зрозумілим, що на даний час завдання надто складне для сучасного штучного інтелекту, і рівень визначення видів комах недостатній, однак із розвитком технологій і вдосконалення самого штучного інтелекту в майбутньому цей метод може бути використано для моніторингу посівів.



Рис. 98. Світлова пастка на УФ-світлодіодах із виловленими стебловими метеликами *Ostrinia nubilalis* Hbn

Періодичне обстеження полів дроном із використанням звичайної камери дає змогу вчасно виявити осередки появи шкідників, хвороб або бур'янів. Наприклад, через місяць після початку льоту стеблового метелика, який встановлювали за допомогою відлову на світлові пастки, провели обстеження поля кукурудзи дроном.

На загальному ортофотоплані чітко видно осередки пошкодження рослин кукурудзи личинками стеблового метелика і якщо опустити дрон нижче, можна побачити характер пошкодження в цих осередках, також у даних місцях яскраво видно прогалини, що виникли через пошкодження (надлому волоті, стебла). Якщо порівняти й накласти спектральний знімок на ортофотоплан, можна визначити осередки пошкодження, де спектр має інше значення. Використання двох знімків дає додаткову інформацію, з ортофотоплану ми бачимо характер пошкодження і їхню локацію, а завдяки спектральному знімку можна вирахувати площу

пошкодження й оцінити рівень загрози. У даному прикладі осередки пошкодження склали сумарно 12 % площі. За маршрутного обстеження можна частину з них виявити, але підрахувати площу і побачити всі місця зосередження стеблового метелика таким методом майже неможливо. Застосування цифрового підходу дало змогу точно оцінити локації і площу пошкоджених ділянок. Для обробки цих ділянок локально використали дрон-обприскувач (рис. 99), який за



координатами ділянок обробляє лише визначені ділянки і господарство не витрачає лишні кошти на обробку всієї площі, знижує шкодочинність стеблового метелика та зменшує пестицидне навантаження на агрофітоценоз.

Рис. 99. Обприскувач XAG XP2020 (загальний вигляд у

робочому режимі)

Часто існує необхідність оцінити комплексний вплив окремих пестицидів або технологій захисту рослин на стан і розвиток культурних рослин. Крім прямої дії, яку можна оцінити за ефективністю, кожен препарат має додаткові (побічні) ефекти. Наприклад, препарат (діюча речовина) може мати відмінну ефективність проти цільового об'єкта, але водночас фітотоксичну дію на культурну рослину. Або навпаки, крім високої ефективності, препарат може мати стимулюючий ефект, що забезпечує йому перевагу.

Засоби та системи захисту рослин забезпечують збереження врожаю від шкодочинних організмів, який був закладений в генетичному потенціалі насіння, системі удобрення, обробітку ґрунту, рівні природної родючості, доступної вологи тощо. Не завжди ефективний захист на початку вегетації не може бути знівельовано подальшими агрономічними помилками або кліматичними умовами вегетаційного сезону.

Важливий момент – не лише оцінка дії препаратів безпосередньо на збудників хвороб, шкідників і бур'яни, а і їхній вплив на культурну рослину. Це усе в комплексі може впливати на розвиток і фізіологічний стан культурної рослини, який можна оцінити за допомогою різних вегетаційних індексів і отримати інтегровану оцінку впливу препарату

або системи захисту. Важливо є те, що в полі ми оцінюємо не окремі вибірки, а весь масив посіву.

Наприклад у господарстві провели порівняння ефективності дії низки фунгіцидів проти септоріозу пшениці (табл. 31).

31. Ефективність контролю септоріозу пшениці фунгіцидами

Препарат (композиція)	Ураження септоріозом, %	Урожайність, т/га
Азоксистробін + ципроконазол (препарат 1)	0	5,74
Тебуконазол + сірка (препарат 2)	14	5,43
Епоксиконазол + тіофанат-метил (препарат 3)	10	5,69

Візуально з індексної карти поля видно, що існує різниця між ділянками. Середня частина карти найзеленіша, що вказує на кращий розвиток рослин на цій площі, у верхній частині карти багато червоного, що вказує на недостатній розвиток рослин у цих місцях, третя, нижня площа на вигляд за розвитком набагато краща за верхню, але розвиток рослин однаково гірший, ніж на середній ділянці. Тепер порівняймо індексну карту з даними обліків. Найкраща на вигляд ділянка з внесенням препарату 1 (азоксистробін + ципроконазол), як видно із таблиці 31, на цій ділянці не було ураження пшениці септоріозом і на ній отримано найвищий урожай, на 0,5-3,1 ц/га більший, ніж на інших варіантах. Найнижчий варіант за показниками ураження септоріозом і врожайності був із препаратом 2 (тебуконазол + сірка), і ця залежність корелювала з показниками вегетаційного індексу. Якщо проаналізувати індексну карту, то по кожному варіанту прослідковується порівняно однорідна картина на всій площі ділянки.

Наступний дослід з вивчення ефективності препаратів на соняшнику був проведений в господарстві на Сумщині. Поле було поділено на дві ділянки, які обробляли різними препаратами – А (азоксистробін + дифеноконазол) і Б (цимоксаніл + фамоксадон). Після обробки спостерігали за змінами вегетаційного індексу протягом вегетації (О.Л. Зозуля та ін., 2023).

На загальному ортофотоплані поля видно дві ділянки, які відрізняються кольором рослинного покриву. Хоча це одне поле з одним висіяним гібридом. Різницю створює саме обробка різними препаратами. І якщо на площі під препаратом А рослини на вигляд зеленіші в стадії активної вегетації, то ділянка, де внесено препарат Б, має зелено-бурий відтінок, що свідчить про відмирання частини зеленого покриву. Це пов'язано з великим ступенем ураження рослин

хворобами. У варіанті з препаратом А рослини та листковий апарат уражено хворобами частково, локально спостерігався фомоз, альтернаріоз та іржа лише на початкових стадіях. У варіанті з препаратом Б спостерігалось майже 100 % ураження численними хворобами з різним обсягом пошкоджень: фомозом, фомопсисом, склеротиніозом (прикоренева форма), септоріозом, альтернаріозом, іржею та сильне ураження хворобами кошиків. Колір листового покриву на дані ділянки відрізняється побурінням, що вказувало на загибель листового апарату або рослин узагалі (рис. 100).

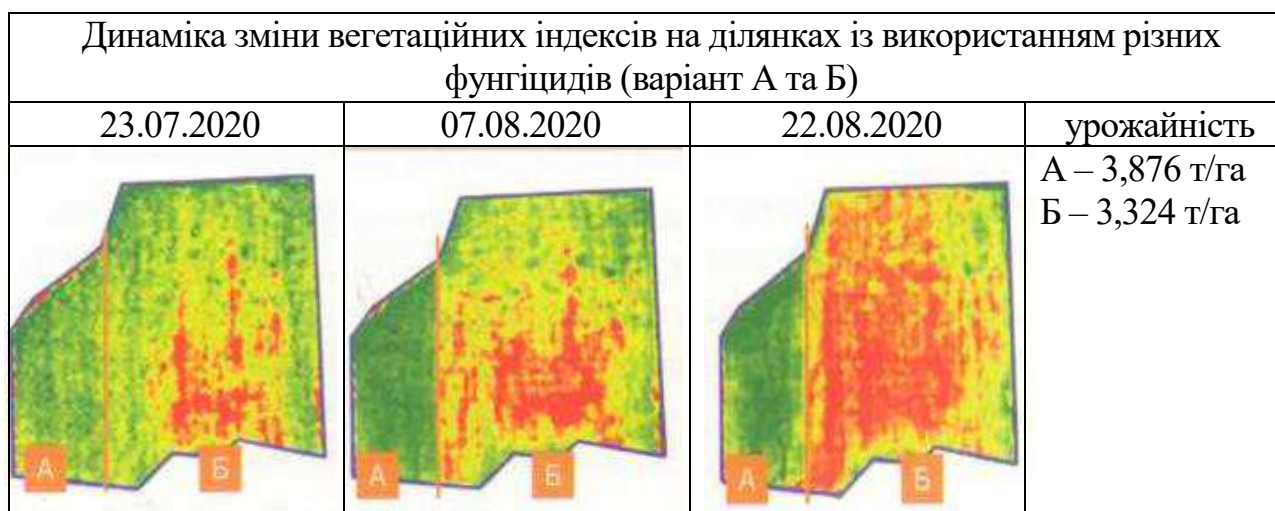


Рис. 100. Індексні карти ділянок поля з використанням різних фунгіцидів

Протягом місяця (23 липня до 22 серпня) на ділянці з препаратом А величина індексу зростала, рослини активно розвивалися. Зовсім інша ситуація на ділянці з препаратом Б. Площа під рослинами, які вже зупиняли розвиток (червона зона), швидко зростала, і вже через місяць понад 80 % рослин майже зупинилися в розвитку.

Тоді як на ділянці з препаратом А вегетаційний індекс мав тенденцію зростання, але господарство з організаційних обставин змушене було провести десикацію, щоб пришвидшити дозрівання. У результаті врожайність на ділянці А була вищою на 5,5 ц/га (>17 %) порівняно з ділянкою Б.

Дослід з порівняння ефективності протруйників було проведено на озимій пшениці сорту Самурай, було два варіанти обробки протруйником А (прохлораз + тритіконазол), препаратом В (седаксан + флудіоксоніл + тебуконазол + тіаметоксан) (О.Л. Зозуля та ін., 2023). Після перезимівлі проаналізували динаміку розвитку вегетаційної маси за допомогою індексу NDVI (рис. 101).

Встановлено, що на початку весни (02.04.2020) на ділянках А і В вегетаційний індекс був біля 0,38 (червоний колір). Через два тижні розвиток рослин суттєво покращився, між варіантами була помітна різниця, на ділянках А значення індексу знаходилось на рівні 0,3-0,4, на ділянці В становило 0,4-0,6. Через місяць на ділянці В вегетаційний індекс зріс до 0,5-0,9, а на ділянці А індекс був низьким – 0,3-0,6.

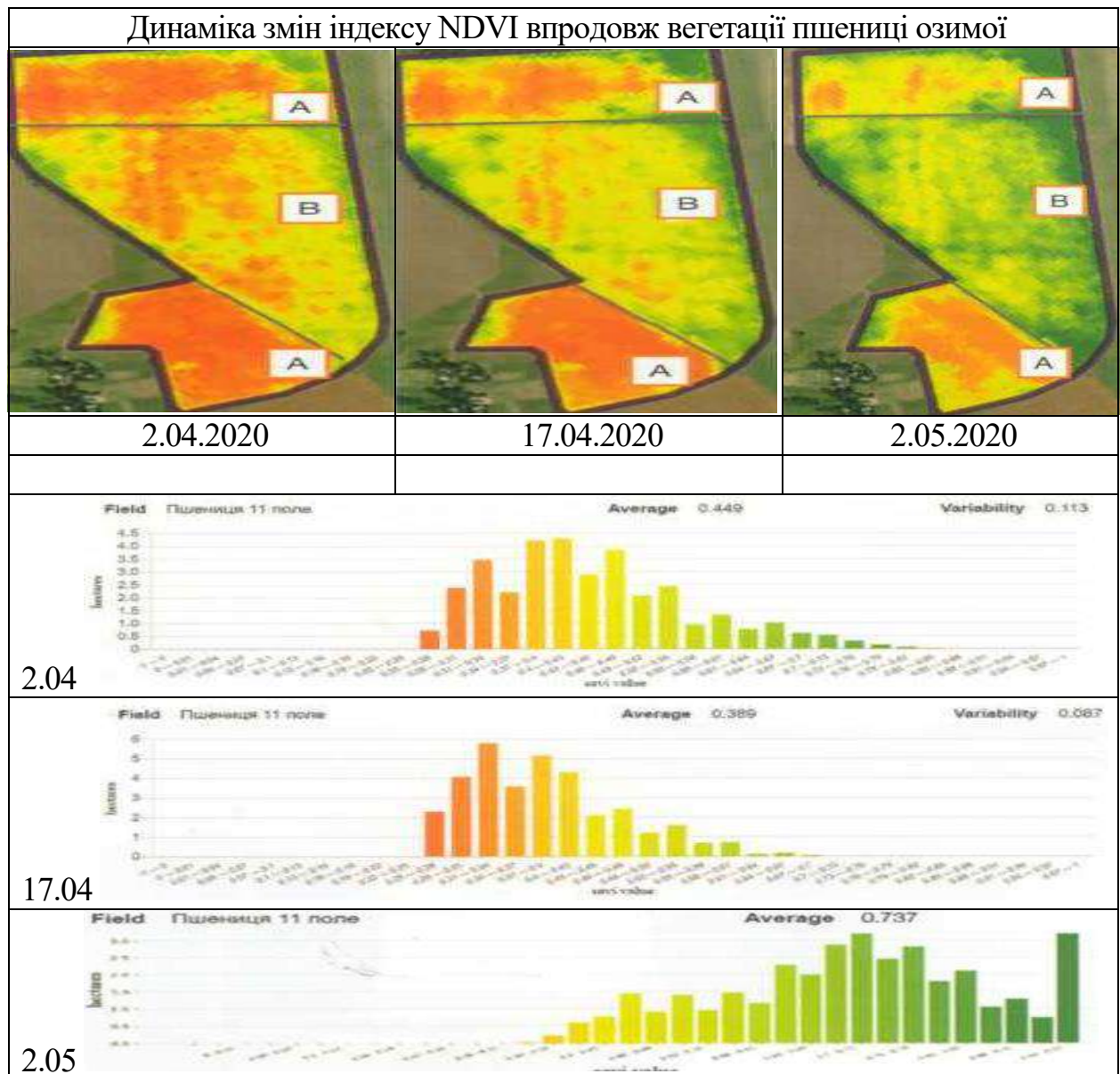


Рис. 101. Вегетаційний індекс пшениці озимої, насіння якої оброблено різними протруйниками

Отже, обробка насіння препаратом В забезпечує кращий початковий розвиток пшениці озимої, що сприяє після відновлення вегетації продовжувати ростові процеси на кращому рівні. Причиною цього може бути сукупність різних чинників: ефективність дії, подовжена захисна

дія, контроль шкідників і хвороб, стимулююча фізіологічна дія тощо. Однак видно, що за використання саме цього препарату рослини розвивалися краще.

Далі оцінимо вплив регуляторів росту на стійкість до вилягання рослин із використанням спектральних карт, зроблених за допомогою дрона. На посіві пшениці було виділено дві ділянки площею біля 3 га кожна, на яких внесли два ретарданти – хлормекватхлорид (P1) і тринексапак-етил (P2) відповідно. У фазі колосіння було здійснено зйомку спектральною камерою за допомогою квадрокоптера. У контрастному режимі було виділено дві зони – активного розвитку (зелена зона) і зона, де приріст вегетаційної маси майже зупинився (червона зона). Саме в червоній зоні спостерігалось вилягання рослин пшениці. В подальшому кожен з цих зон було фрагментовано і підраховано загальну площу та площу по ділянках (рис. 101).

Препарат P2 краще впливав на стійкість рослин пшениці до вилягання, на ділянці його застосування вилягання становило 9 % рослин, а на варіанті із внесенням препарату P1 вилягання склало 79 % площі.

Відібрані на цих ділянках зразки рослин показують, що стебло в досліді з тринексапак-етилом (P2) потовщене та виповнене порівняно з рослинами, обробленими хлормек-ватхлоридом (P1). Оскільки стебло це орган накопичення і транспортування асимілятів у генеративну частину рослин, застосування тринексапак-етилу сприяє покращенню продуктивності та стійкості до вилягання рослин пшениці.

Очевидною виявилася різниця розвитку стебла, за рахунок потовщення стебла відсоток полеглих рослин за внесення препарату P2 був на 15 % нижчий порівняно з дією препарату P1 (рис. 102).



Рис. 102. Особливості розвитку стебела пшениці озимої при обробці хлормекватхлоридом (P1) і тринексапак-етилом (P2)

Використання квадрокоптера з кількома камерами (звичайна, спектральна) для оцінювання дії різних препаратів/складників технологій вирощування дає змогу отримати детальну карту тестових ділянок з високою роздільною здатністю (кілька сантиметрів на піксель). Створивши один раз завдання, дослідник може проводити обстеження на заданому маршруті скільки йому потрібно, щоб визначати зміни параметрів в продовж вегетації. Відповідне програмне забезпечення дає можливість оцінити в цифровій формі різницю між вимірами в часі / дослідями.

Розгляньмо також порівняння дії двох фунгіцидів на сої, один варіант позначимо Ф1 (азоксистробін + дифеноконазол), інший – Ф2 (піраклостробін + епоксиконазол). Було проведено два обстеження за допомогою БПЛА з інтервалом 14 і 34 дні після обробки (ДПО) фунгіцидами та сформовано спектральну карту. При цьому різницю ефективності препаратів органолептично побачити дуже важко. Спектральна карта і зразки рослин з ділянок, де вносили фунгіциди Ф1 і Ф2.

Поле з фунгіцидом Ф1 на вигляд краще, більше зелених зон, але величину ефективності препарату визначити важко. У цьому випадку діаграма показників індексу вегетації допомагає оцінити різницю в розвитку рослин на даних ділянках. Через 14 ДПО на ділянках із фунгіцидом Ф1 рослин із високим рівнем індексу (зелена зона) було 51,37 %, а на ділянці з фунгіцидом Ф2 – 40,68 %. Тому можна стверджувати, що за використання препарату Ф1 розвиток рослин кращий на 11 %. У результаті врожайність на площі з препаратом Ф1 була на 0,2 ц/га вища, ніж на ділянці з фунгіцидом Ф2.

Дана тенденція спостерігалася протягом всієї вегетації. За обстеження через 35 ДПО в зеленому сегменті було на 5 % рослин більше на ділянці, де застосували препарат Ф1.

Отже, при виборі препаратів для захисту рослин важлива не лише їх ефективність проти цільових шкочинних об'єктів, а й рівень впливу на саму культуру, особливо це стосується гербіцидів. Наприклад, внесення двох гербіцидів різних компаній – Г1 (флорасулам + амідопіралід + 2,4-Д-етилгексиловий ефір) і Г2 (2,4-Д-етилгексиловий ефір + флорасулам), показало, що на третій день після обробки NDVI на ділянці з Г1 становив 0,77, а з Г2 – 0,57. Видно майже на 25 % зниження значення NDVI (рис. 103), хоча ефективність дії цих препаратів проти бур'янів була майже однаковою. Такий прояв фітотоксичності вплинув на продуктивність, яка на ділянці з Г1 на 0,5 т/га (12 %) була вищою, ніж на

ділянці з препаратом Г2.

У разі порівняння дії фунгіцидів, важливо точно визначити рівень ураження рослин. Здебільшого це робиться візуально, що не завжди точно фіксує величину ураження, отримати більш точнішу оцінку можна з програмою **WinDIAS** (<https://www.quantitative-plant.org/software/windias>).

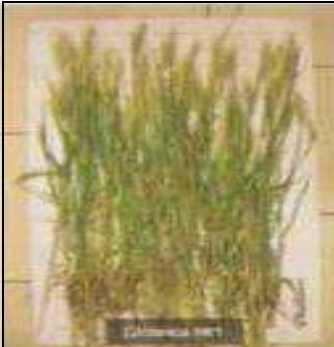
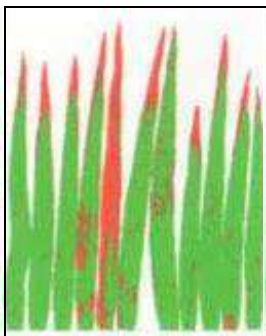
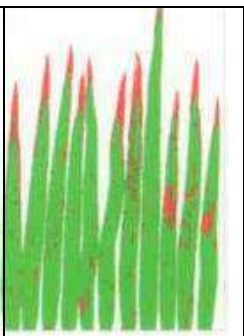
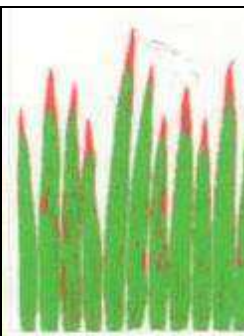
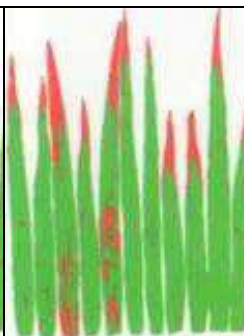
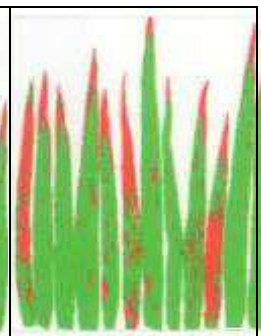
				
Ділянка № 1	Ділянка № 2	Ділянка № 3	Ділянка № 4	Ділянка № 5
1. 26.04 Капітал (епоксиконазол 50, ципроконазол 60, азоксмсиробін 159) – 1 л/га 2. 14.05 Акула (тебуконазол 140, ципроконазол 50, прохлораз 300) – 1 л/га	1. 26.04 Тілт Турбо – 1 л/га 2. 14.05 Елатус Ріа – 0,5 л/га	1. 26.04 – Фалькон – 0,6 л/га 2. 14.05 Солігор – 1 л/га	1. 26.04 Вареон – 0,95 л/га 2. 14.05 Аканто – 1 л/га	1. 26.04 Бампер Супер – 1 л/га 2. 14.05 Кустодія – 1 л/га

Рис. 103. Схеми фунгіцидного захисту озимої пшениці

Наприклад, необхідно визначити ефективність низки схем фунгіцидного захисту проти хвороб озимої пшениці. Відібрали зразки рослин з кількох точок – як снопи, так і з кожного ярусу виділили неушкодженими цілі листки для сканування. Візуально різниці між відібраними снопами можна не видно, після сканування листків кожного зразка маємо точний відсоток ураженої площі (рис. 104).

				
Ділянка № 1	Ділянка № 2	Ділянка № 3	Ділянка № 4	Ділянка № 5
Урожайність – 17,4 %	Урожайність – 10,8 %	Урожайність – 13,6 %	Урожайність – 14,4 %	Урожайність – 19,8 %

Урожайність 7,63 т/га	Урожайність 7,66 т/га	Урожайність 7,37 т/га	Урожайність 7,49 т/га	Урожайність 7,32 т/га
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Рис. 104. Ураженість листків хворобами та врожайність пшениці озимої за різних схем фунгіцидного захисту

Отримані дані дають змогу оцінити різницю в рівні ураження. На першому варіанті загальна площа ураження становила біля 17 %, на 2 і 3 відповідно 11 % і 14 %. Найвищий рівень ураження був у варіанті 5 – понад 19 %. Використання програми WinDIAS дає змогу з високим рівнем точності визначити загальну площу ураження, враховуючи невеличкі плями ураженої тканини листка, які окомірно могли пропустити. Дані врожайності підтвердили ефективність системи захисту пшениці 2, де врожай була вищою на 0,2-0,3 т/га, порівняно із варіантом застосування інших систем фунгіцидного захисту.

Оцінку змін росту і розвитку рослин залежно від агротехнічних прийомів можна провести за рівнем вмісту хлорофілу в листках як інтегрального показника впливу чинників на розвиток рослин, за допомогою **хлорофіломіра SPAD-502** (або N-тестер, побудований на елементній базі хлорофіломіру). Даний метод застосовують за потреби з'ясувати, як впливає певний препарат на загальний розвиток рослини, має інгібуючий або стимулюючий ефект. Обробка насіння пшениці протруйником вплинула на розвиток сходів (рис. 105).

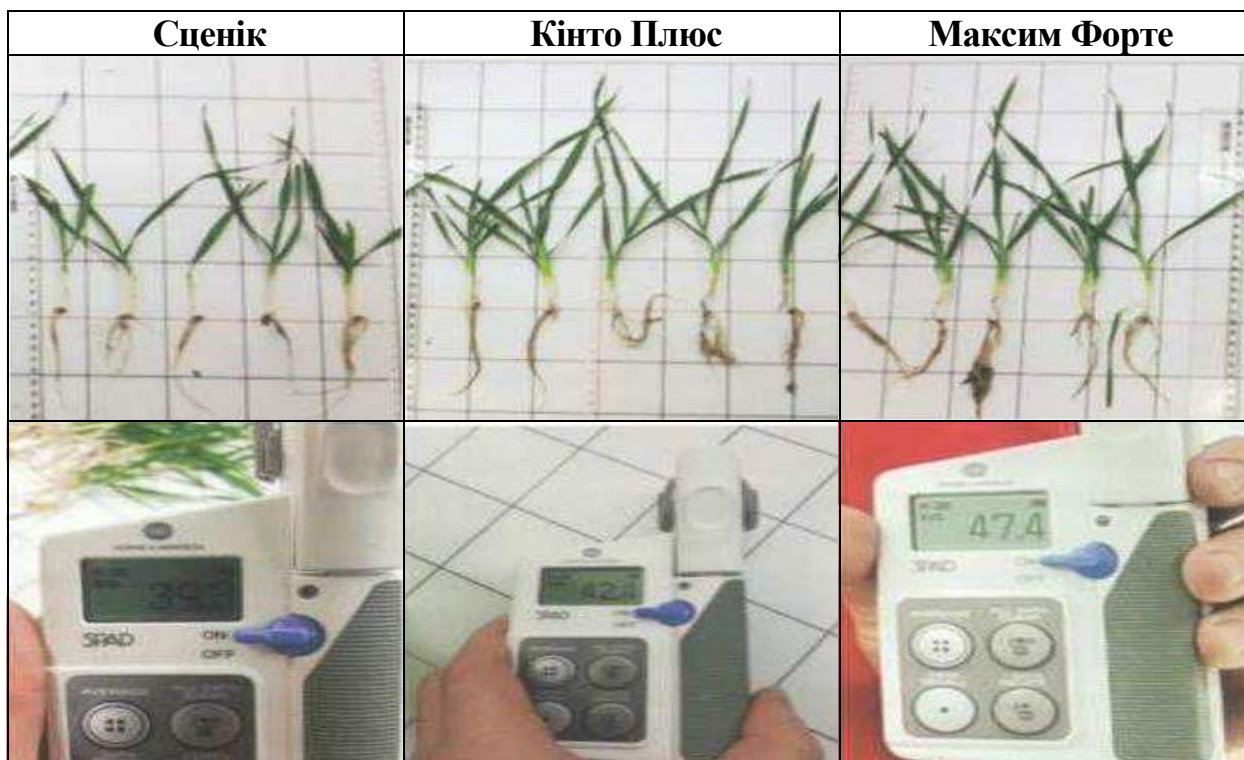


Рис. 105. Порівняння впливу протруйників на розвиток сходів

пшениці озимої

Видно, що на варіанті 3 спостерігається найкращий розвиток кореневої системи й вегетативної маси; на варіанті 2 встановлене відставання в рості і розвитку рослин. Вимірювання вмісту хлорофілу за допомогою хлорофіломіру дало такі результати: варіант 1 – 39,3 умовних одиниць SPAD; варіант 2 – 42,4; варіант 3 – 47,4. Це говорить про те, що використання протруйника на варіанті 3 сприяє кращому розвитку кореневої системи (при візуальній оцінці) і кращому засвоєнню азоту із ґрунту (вищий вміст хлорофілу й відповідно SPAD-індекс).

В подальшому це може вплинути на перезимівлю рослин, і на формування майбутнього врожаю.

Для виявлення фітотоксичності препаратів широко застосовують вимірювання стресу рослин за допомогою приладу PlantStress (польового флуориметра Y(II) meter & PlantStress Kit (Opti-Sciences Inc., США)). В одному господарстві в Миколаївській області було внесено грамініциди – флуазифоп-П-бутил (1,0 л/га), хізалофоп-П-етил (0,8 л/га).

Реальний квантовий вихід електронного транспорту (Y(II)), який оцінює ефективний квантовий вихід фотохімічного перетворення енергії у ФС II, визначали за допомогою **польового флуориметра Y(II) meter & PlantStress Kit** (Opti-Sciences Inc., США) та розраховували за формулою $(F'm-Fs)/F'm$. Перед застосуванням препаратів було визначено рівень стресу у 25 рослин посіву. У середньому показник величини стресу (Y(II)) становив 0,81, що демонструє відсутність дії стресових чинників на стан рослин. На четверту добу після застосування гербіцидів було проведено повторне вимірювання рівня стресу за допомогою вимірювача Y(II). У кожному варіанті дослідів проведено по 25 аналітичних вимірювань.

Встановлено, що застосування гербіциду флуазифоп-П-бутилу (1,0 л/га) не змінює рівень стресу порівняно з першим вимірюванням. Показник Y (II) становив близько 0,8 і коливався в межах 0,78-0,81, що вказувало на оптимальний фізіологічний стан рослин.

Показник Y(II) на рослинах ріпаку, оброблених хізалофоп-П-етилом (0,8 л/га), під час вимірювання коливався в межах 0,70-0,79. Тобто застосування цього грамініциду викликає фізіологічний стрес у рослин, а отже, названий препарат проявляє початкову фітотоксичну дію на рослини ріпаку.

Оцінка стану забур'яненості посівів сільськогосподарських

культур. Бур'яниста рослинність у посівах культурних рослин є суттєвим обмежувальним фактором формування продуктивності посівів, за рахунок конкуренції за фактори життя. Забур'яненість посівів на полях досить часто є неоднорідною, утворюючи різноманітні комбінації за чисельністю і видовим складом бур'янів на різних ділянках поля. Для бур'янистої рослинності характерний агрегований і осередковий розподіл, їх статистично добре характеризують **індекси агрегації й агломерації** (наприклад, індекси Петчинга (Patchiness-Index, або Lloyds Index of Patchiness), або Гріна (Green Index)).

Не рівномірний розподіл бур'янистої рослинності на полях дещо ускладнює моніторинг забур'яненості великих площ. За маршрутного обстеження необхідно багато часу, щоб скласти загальне уявлення про рівень забур'яненості. Проте практично неможливо оцінити і знайти всі, навіть великі осередки бур'янистої рослинності на масиві поля.

Для таких випадків в нагоді стає **аналіз спектральних карт**, отриманих із супутника або за допомогою дрона. Дана методологія ефективна для широкорядних (кукурудза, соняшник, соя й інші) культур на початку їхньої вегетації. У початковий період росту вегетаційний індекс NDVI не може бути великим і перебуває в інтервалах до $< 0,3$. Чорна земля – основний фон від початку росту, отже, індекс наближається до 0. В зв'язку із цим коли ми бачимо на спектральній карті високі показники вегетаційного індексу, то це означає, що даний показник зріс через присутність бур'янів (рис. 106).

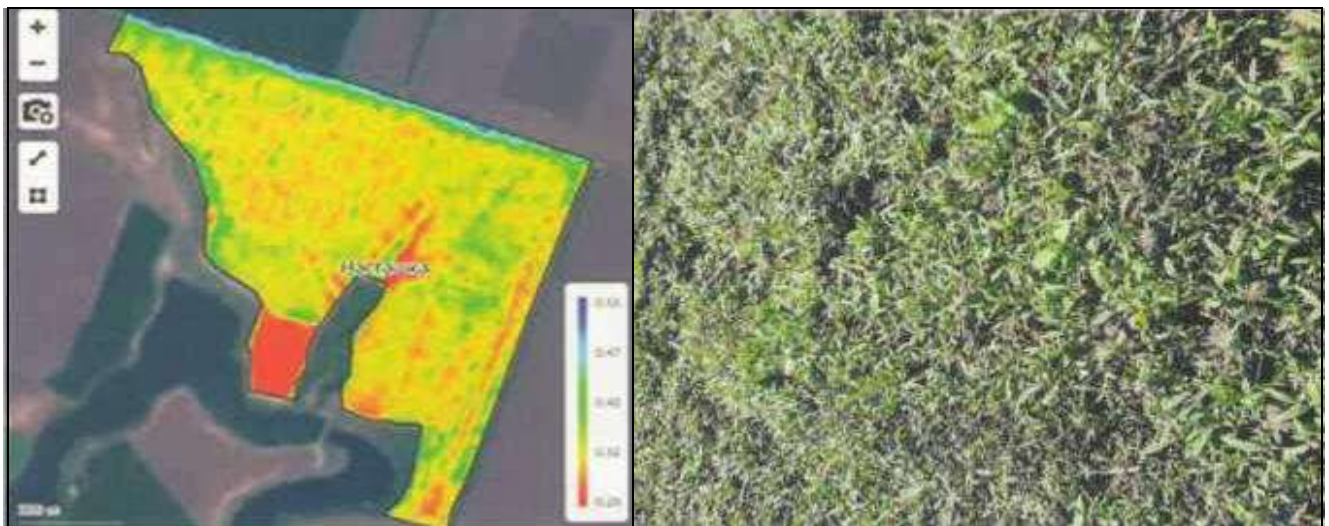


Рис. 106. Індексна карта і загальний вигляд забур'яненого посіву кукурудзи в фазу сходів

Наприклад, поле кукурудзи у фазі проростання (теоретично

вегетаційний індекс має бути біля 0) показує досить високий рівень NDVI – 0,3-0,4, зростання його забезпечують бур'яни і є необхідність провести внесення гербіцидів. Через тиждень після внесення гербіцидів картина на полі суттєво змінилася і значення вегетаційного індексу різко знизилось – $< 0,25$ (рис. 106), що вказує на ефективність гербіцидної обробки, через знищення бур'янів, які були причиною зростання рівня NDVI. Повторний огляд обробленого поля через сім днів дозволяє виявити осередки із підвищеним показником NDVI, можна припустити, що це вогнища стійких до дії внесеного гербіциду видів бур'янів і там необхідно доопрацювати іншим гербіцидом. Проте це невеликі площі, які не вимагають великих витрат і легко знаходяться. Звичайно ж причиною появи таких осередків бур'янів може бути повільна дія, через різні причини (помилка при обробці, перерослі рослини тощо), внесеного гербіциду.

Важливим у процесі моніторингу забур'яненості є встановлення видового складу бур'янів та їх щільності. Тому що саме це впливає на вибір гербіциду, визначення норм внесення діючої речовини, підбір композицій препаратів. Спроби дистанційно діагностувати бур'янисті види з використанням штучного інтелекту сьогодні мають значну похибку. Простіше оцінити співвідношення маси культури до маси бур'янів, проте встановлення видового складу в такий спосіб – це справа майбутнього. Існують чималі відмінності не лише між видами, а й у межах одного виду рослини на різних фазах розвитку. Крім змін унаслідок росту і розвитку рослин, важлива різниця в освітленні листя залежно від умов середовища, кута нахилу стебла, популяційні відмінності залежно від зони проростання та багато інших чинників (X. E. Pantazi, D. Moshou & C. Bravo, 2016).



Рис. 107. Індексна карта і загальний вигляд поля зі сходами

кукурудзи після внесення гербіциду

Проте сьогодні спростити і зробити обстеження ефективнішими можливо за рахунок використання квадрокоптера з RGB-камерою. Зробивши зйомку і зшивку ортофотоплану поля, агроном може виявити осередки забур'яненості, потім збільшити формат зображення і проаналізувати видовий склад та щільність бур'янів (рис. 107).

Зі сформованим ортофотопланом агроном легко побачить загальну картину забур'яненості посіву, визначить найпроблемніші місця й ухвалить рішення про повну обробку поля (рис. 108а) або його окремих ділянок (осередків) (рис. 108б).

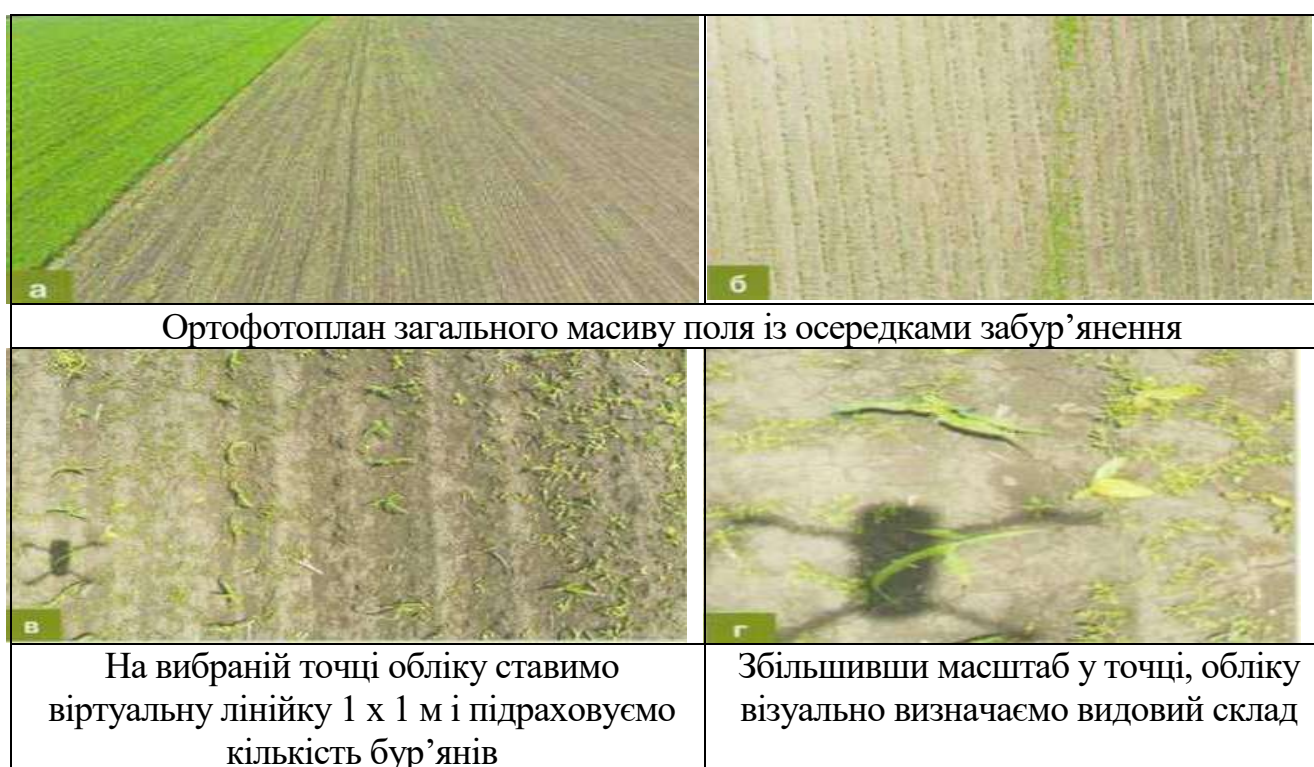


Рис. 108. Облік забур'яненості на посіві кукурудзи

За традиційними методиками обстеження забур'яненості поля проводять шляхом проходження по двох діагоналях поля, вибираючи на них більше як 10 (залежно від площі поля) облікових ділянок $0,5 \times 0,5$ м, підраховуючи на них кількість бур'янів за видами і визначають середню забур'яненість.

За використання ортофотоплану потреби ходити по полю немає. Можна на загальному ортофотоплані виділити точки обліку, рівномірно розмістивши їх по тих самих діагоналях поля. Потім на екрані намалювати віртуальну рамку і порахувати кількість рослин у рамці (рис. 108в), у нашому варіанті понад 50 шт./м². І так далі по всіх точках.

Після цього розраховуємо середню забур'яненість поля. Обстеження можливо зробити швидше і комфортніше за допомогою дрона, оснащеного звичайною RGB-камерою. Так само на екрані можна збільшити масштаб точки обліку і візуально визначити домінантні види бур'янів (рис. 108г). На фотографії добре видно, що домінантний вид – *Matricaria spp.*, який становить 90 % усіх видів бур'янів, ще яскраво видно падалицю соняшнику. Звичайно, для таких завдань необхідно мати на дроні камеру з високою роздільною здатністю і програму для побудови орфотоплану. Крім того даний захід дозволяє оперативно обстежити поле навіть у період, коли пройти по ньому неможливо, наприклад після опадів.

Застосування методів машинного навчання і штучного інтелекту вже в найближчому майбутньому дозволять автоматизувати процес підрахунку бур'янів та відрізнити основну культуру від інших рослин. А ось визначення видів бур'янів штучним інтелектом, поки що у перспективі.

Технології машинного навчання (наприклад, платформа Hummingbird) дають змогу ідентифікувати проблемні ділянки на підставі знімків з дрону та автоматично розпізнати бур'яни, а для



просапних культур – виявити рослини у міжряддях (рис. 109).

Рис. 109. Система WEED-IT виконує внесення ЗЗР із виявленням бур'янів за допомогою інфрачервоних датчиків (джерело – SmartSensing)

На рис. 110 представлений досвід використання різних індексів на посіві пшениці озимої. Широку смугу посіву озимої пшениці було засмічено метлюгом. Половину даної смуги була оброблена протизлаковим гербіцидом, і там метлюг було знищено, інша залишилася в якості контролю.

Після дозрівання пшениці індекс вегетаційної маси NDVI на ділянці, чистій від бур'янів, був низький, водночас на засміченій ділянці поля цей індекс був високим. Це пов'язано з тим, що зелений покрив метлюга створював ілюзію, ніби там розвиток культури кращий. У цьому й

полягає особливість даного індексу – він указує на розвиток вегетаційної маси незалежно від того, це біомаса культури чи інших рослин. Крім того, загальний вигляд ділянок порівняно однорідний і виділити засмічені площі важко.

Якщо подивитись дане поле через індекс VARI, можна побачити ділянки, засмічені метлюгом і чисті від нього.



Рис. 110. Порівняння візуальних і спектральних знімків (NDVI) посіву пшениці озимої, обробленого та необробленого протизлаковим гербіцидом

Засмічені метлюгом площі на карті зафарбовано червоним, чисті площі – зеленим. Надалі можна сегментувати цю карту, виділити окремо засмічені бур'яном ділянки і ті, де ці рослини бур'яни відсутні.

Можна стверджувати, що високий бал забур'янення поля призводить до підвищення індексу вегетації і не інформує про активний розвиток основної культури. Крім того, рослинні рештки попередника на поверхні ґрунту сприяють зниженню індексу вегетації, але це не свідчить про зниження вегетації основної культури.

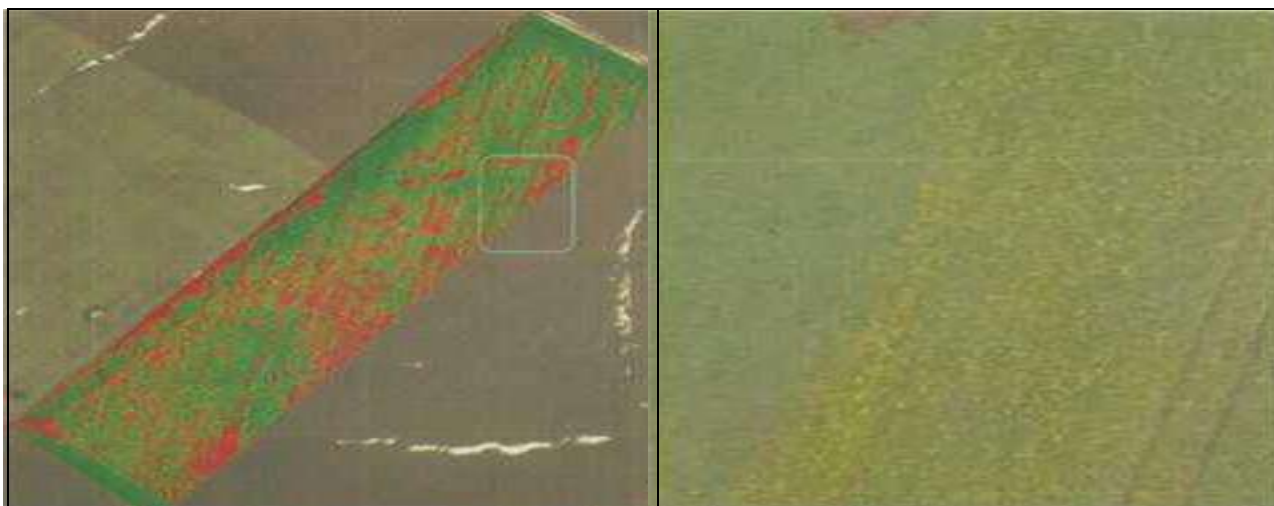


Рис. 111. Індексна карта й ортофотоплан поля ріпаку озимого

Розглянемо, ще один приклад використання використанням ортофотоплану RGB-камерою і спектральної карти на посівах ріпаку. Із даних спектральної камери (рис. 111) ми бачимо на частині поля спостерігається низький вегетаційний індекс (в межах 0,1).

На перший погляд здається що це ділянки з дуже зрідженим посівом ріпаку. Але на звичайних фотографіях ми спостерігаємо, як не дивно, високу забур'яненість. Здавалось би велика маса бур'яну має сприяти збільшенню показника вегетаційного індексу, як це в описаних вище прикладах, але тут ми бачимо різке зниження показників індексу. Справа в тім, що на забур'янених ділянках відбувається цвітіння й активний розвиток такого бур'яну, як суріпиця звичайна (*Barbarea vulgaris* R.Br., або *Campe barbarea* (L.) W. Wight ex Piper). Жовті квітки суріпиці на спектральній камері відбивалися як рослини з відмерлим листовим апаратом, тому ці ділянки мають низький вегетаційний індекс. Після встановлення причин зниження індексу, з'явилося завдання розрахувати рівень забур'яненості, сегментуючи ділянки за рівнем вегетаційного індексу (рис. 112).



29,45 %

70,55%

Рис. 112. **Фрагментація індексної карти посіву ріпаку та визначення площі забур'янення суріпицею**

Встановлено, що на даному полі 30 % площі має високий рівень забур'яненості суріпицею, що може негативно вплинути на майбутній розвиток рослин і врожайність ріпаку. На даному полі виникла необхідність проведення гербіцидного захисту, однак відповідно до карти поле можна обробляти не повністю, лише локальні вогнища суріпиці. Внесення гербіциду лише на ділянках із високою забур'яненістю дозволить зекономити значну частину коштів та зменшить пестицидне навантаження на ценоз.

Координати даних осередків легко знайти на спектральній карті. Більшість сучасних обприскувачів мають відповідне програмне забезпечення, й за отриманою картою можна проводити локальне внесення.

5.16. Диференційоване внесення норм добрив у системі точного землеробства

Після проведення агрохімічного аналізу ґрунту та листової діагностики потреби рослин у елементах живлення можна переходити і до застосування **диференційованих нор внесення добрив**.

Значна частина полів України має нерівномірні характеристики фізичних, хімічних та інших агрономічно-цінних властивостей. Часто при плануванні системи живлення не враховують особливості конкретного поля, що призводить до нестачі поживних речовин, відсутності балансу хімічних елементів та незадовільних умов для ефективного засвоєння добрив.

В структурі затрат на вирощування сільськогосподарських культур на добрива припадає біля 25 % витрат від загальної кількості.

У процесі внесення азотних добрив, через невірне налаштування ширини проходу розкидача 25 % площі можуть містити візуальні хвилеподібні ознаки дефіциту азоту (рис. 113).



Рис. 113. Строкатість посівів за рахунок не рівномірного внесення мінеральних добрив (Innovations quotient (IQ))

На якість внесення мінеральних добрив може вплинути безліч факторів: рельєф поля, вологість повітря, швидкість і напрямок вітру, розмір, форма, щільність гранул тощо.

Існує безліч прикладів зниження продуктивності сільськогосподарських культур за рахунок не дотримання оптимальної системи удобрення рослин. Наприклад, на полі пшениці озимої площею 75 га вносились азотні добрива пневматичним розкидачем, через забивання розкидача та затримку включення розкидача після розворотів, добрива не внесли на 9 % поля – 6,7 га. Врожайність в зонах без внесення добрив становила 3,3 т/га (50 % від продуктивної), а на продуктивних ділянках 6,5 т/га. При цьому сума збитків через недостатню якість внесення добрив складає 48,5\$/га (**Innovations quotient (IQ)**).

Для недопущення таких ситуацій на полі необхідно під час розкидання добрив балістичними розкидачами контролювати норму внесення, ширину захоплення та рівномірність внесення, перед внесенням перевіряти якість гранул добрив, за потреби для забезпечення рівномірності внесення організувати рух розкидача з перекриттям; за внесення добрив пневматичними розкидачами контролювати якість добрив, забиття розкидача, якість роботи на розворотах; за локально-стрічкового внесення добрив контролювати забиття, дотримання норми, рядності руху техніки; використовувати розумні агрегати для внесення добрив, що мають системи контролю якості внесення, впроваджувати системи дистанційного контролю якості внесення добрив (**Innovations**

quotient (IQ)).

Технологія змінних (диференційованих) норм внесення добрив (*Variable Rate Technology, VRT*) – це можливість застосування варіюючої норми (дозы) внесення добрив за допомогою спеціального обладнання, враховуючи особливості кожної елементарної ділянки поля. Основою VRT є високоточна сільськогосподарська техніка, функціональні властивості якої визначаються широким використанням електронних пристроїв (комп'ютерів, мікропроцесорів, датчиків).

Використання технології змінних норм внесення добрив дозволяє на 32 % зменшити внесення азотних добрив та на 40 % підвищити урожайність вирощуваної культури.

Розподіл добрив на полі залежить від запланованої врожайності, вологості та типу ґрунту, рельєфу, забезпеченості елементами живлення та інших факторів. Диференційне внесення добрив дозволяє досягти максимального врожаю за мінімальних витрат на неоднорідних за врожайністю полях. Для внесення добрив зі змінною нормою найбільш придатний самохідний або підвісний обприскувач (або розкидувач) та сівалка з функцією диференційного внесення – вони дають змогу швидше змінювати та точніше контролювати норму азотних добрив, ніж розкидувач.

Існують два основних методи внесення добрив зі змінною нормою:

1. Основне внесення: на підставі 1 карти-завдання (офлайн).

Даний метод потребує завчасного складання карт-завдань під кожний вид добрива. Для цього проводять агрохімічний аналіз ґрунту та будують картографи забезпеченості ґрунтів калієм, фосфором, азотом та кислотності. Також можуть використовуватись історичні дані: карти врожайності з комбайнів, карти NDVI, рельєфу тощо. Комбінуючи ці дані визначають зони продуктивності на полі. Для кожної зони продуктивності обсяги внесення розраховують на підставі звичайної норми. Рекомендується підвищувати норму для продуктивних ділянок та знижувати для менш продуктивних частин поля (рис. 114). Таким чином у зонах високої продуктивності врожайність зростає, а у низькопродуктивних зонах – не зміниться. Складену карту-завдання завантажують у бортовий термінал розкидача або обприскувача, які оснащені необхідним обладнанням.

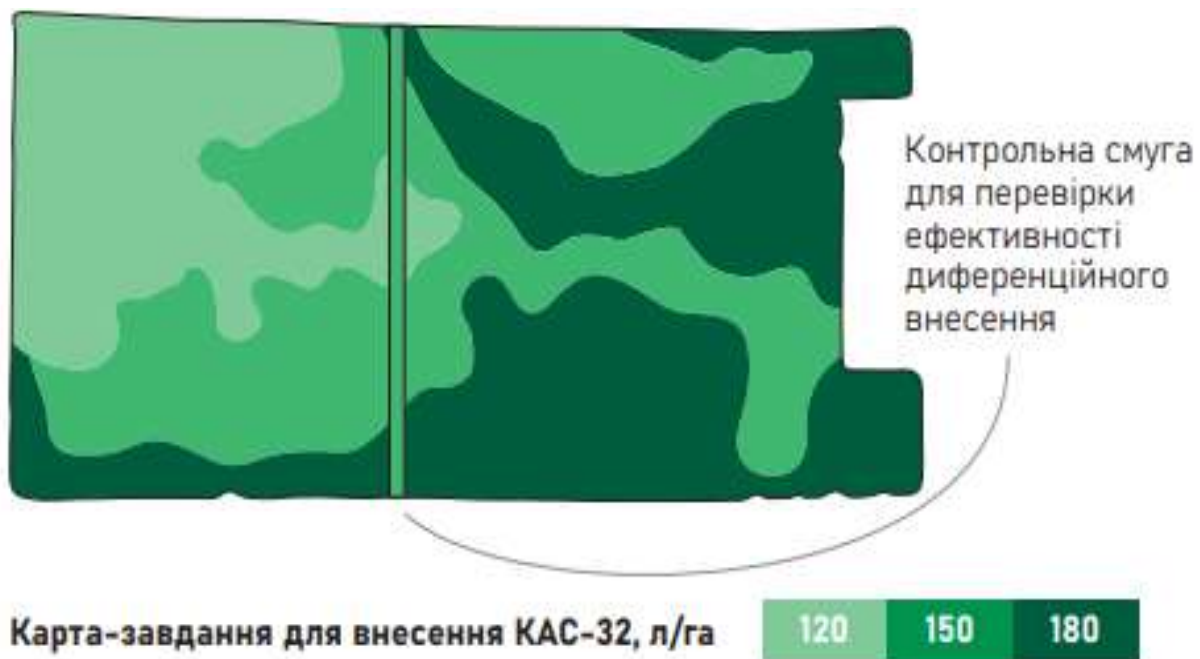


Рис. 114. Карта завдання внесення рідких азотних добрив (аміакатів)

2. Підживлення: на підставі даних з датчиків (онлайн). Цей метод забезпечує розрахунок норм добрив безпосередньо під час внесення на полі. Попередньо у термінал завантажується встановлена господарством планова норма, потім за допомогою датчиків-спектрометрів у режимі реального часу отримуються показники індексу NDVI. На підставі цих даних норма внесення коригується відносно планової. Важливо зазначити, що для коректної роботи датчика-спектрометра на полі має бути достатня кількість біомаси. Восени або навесні її може бути замало, тому сканування потрібно проводити заздалегідь. Внесення добрив зі змінною нормою на підставі показників датчиків (онлайн) є дещо дорожчим, але не вимагає попередніх аналізів та розрахунків.

Після отримання результатів агрохімічного аналізу ґрунтів необхідно застосовувати *систему диференційованого внесення* (рис. 115) рідких та твердих добрив і отрутохімікатів на полі у відповідності до аплікаційної (технологічної) карти з метою зменшення витрат добрив і збільшення врожайності.

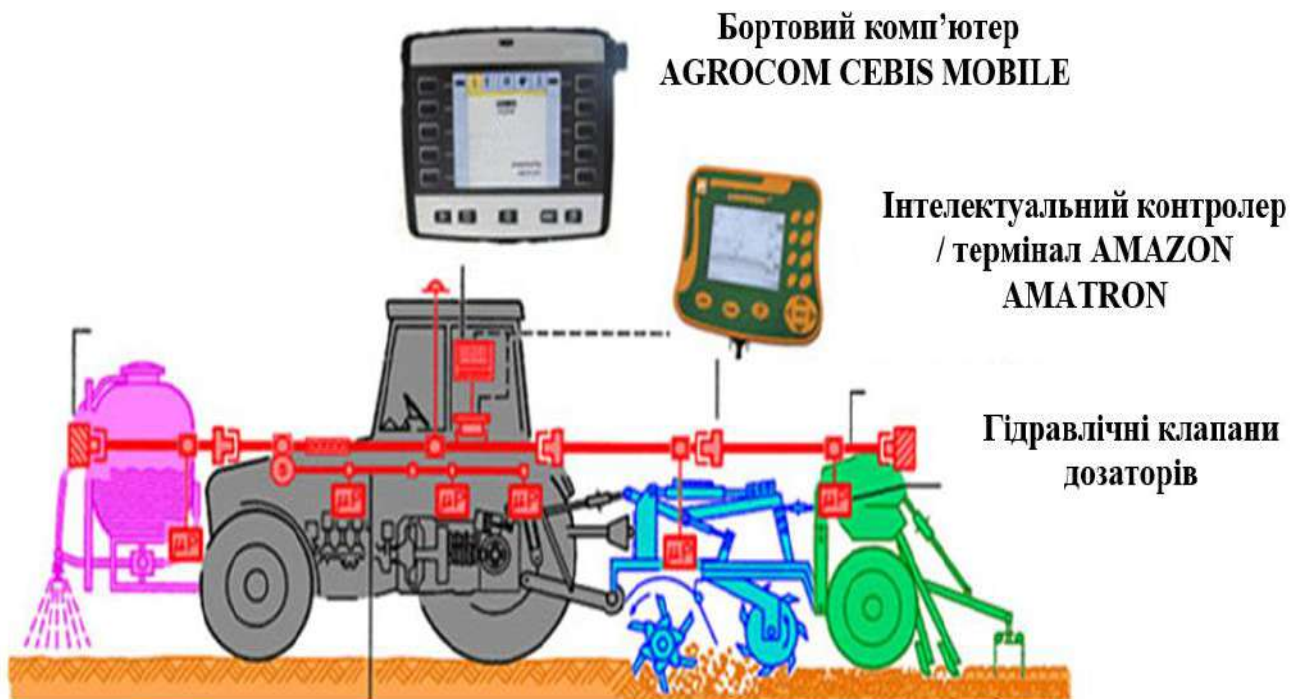


Рис. 115. Система диференційованого внесення добрив AGROCOM VRA

Вона *складається* з бортового комп'ютера з інтегрованим приймачем DGPS, антени, чіп-карти, програмного забезпечення для персонального комп'ютера AGRO-NET NG або AGRO-MAP (рис. 115).



Рис. 116. Польовий аналізатор Augmenta

Впровадження *системи диференційованого внесення добрив* надає наступні **переваги**: 1) збільшує врожайність сільськогосподарських культур; 2) зменшує кількість внесених добрив; 3) «вирівнює» усі ділянки поля за вмістом поживних речовин (рис. 117).

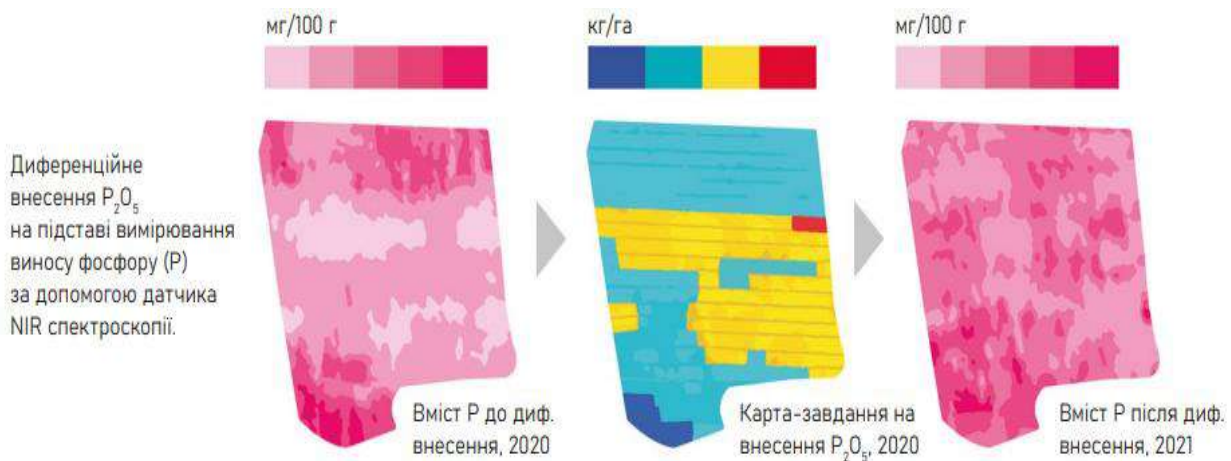


Рис. 117. Вирівнювання забезпеченості поля фосфором за рахунок внесення добрив зі змінною нормою



Рис. 118. Інноваційний датчик біомаси GROF-METER AGROCOM

Крім супутникових систем і застосування БПЛА є розробки з використанням цифрових безконтактних

методів в агрономії, зокрема прилади наземного використання або датчики для визначення доз внесення азоту у підживлення.

Для визначення норми внесення добрив, запису на бортовий комп'ютер карти біомаси, формування технологічних карт диференційованого внесення добрив та використання їх на основі технологічної карти на разі широко використовують інноваційний датчик біомаси – **GROF-METER AGROCOM** (рис. 118).

Даний датчик має двох точкову калібровку, яка базується на визначенні максимальної і мінімальної норми внесення пестицидів (азотних добрив, фунгіцидів, регуляторів росту).

Порівняння карт стану посівів (отриманих у результаті застосування системи CROP-METER) з картами врожайності дає можливість визначати структуру врожаю задовго до проведення збиральних робіт, що дає можливість оцінити ефективність проведених робіт із догляду за посівами.

Результати досліджень, проведених інститутом АТВ (Institute for Agricultural Engineering, Німеччина) на декількох сотнях гектарів, протягом трьох років, у п'яти фермерських господарствах, показують,

що використання системи **GROP-METER** дає змогу заощаджувати близько 14 % добрив і засобів захисту рослин, здійснювати контроль керівникам на місцях, системно та автоматично визначати необхідну кількість внесення речовин у рамках заданого мінімального і максимального рівня.

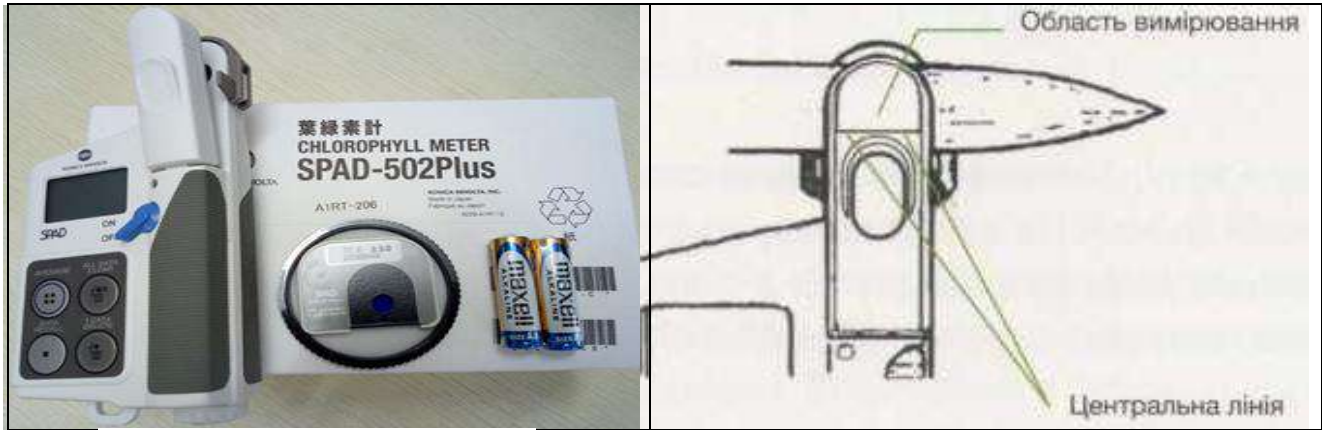


Рис. 119. Хлорофіломір SPAD-502 Plus

Компанія Konica Minolta (Японія) пропонує застосовувати прилад SPAD-502. На баз якого сконструйований широковідомий N-тестер (рис. 119).

Даний прилад включає датчик (фотодіод), який вимірює кількість світла, що проходить крізь листову пластину. Використання даного приладу дозволяє якісно визначати вміст хлорофілу у листках та поглинання різних спектрів світла.

Конструкція хлорофіломіра має два світлодіоди які випромінюють світло, в той момент вимірювальна головка закрита листком усередині. Світло проходить крізь випромінювальне вікно, потім через листок зразка, вставлений у вимірювальну головку, і потрапляє на детектор (кремнієвий фотодіод), який перетворює його на аналоговий сигнал, відповідно обраховується інтенсивність випромінювання двох світлодіодів і розраховується співвідношення інтенсивності їхнього випромінювання. Перед початком вимірювання прилад калібрується.

Після того як зразок було вставлено у вимірювальну головку, світлодіоди вмикаються знову. Світло, яке пройшло крізь листок, уловлює детектор і перетворює на електричний сигнал. І знову вираховується співвідношення інтенсивності випромінювання цих двох світлодіодів. Значення, одержані при калібруванні і вимірюванні зразка, використовуються для обчислення вмісту хлорофілу.

На основі існування прямої кореляційної залежності між вмістом

хлорофілу в листках і рівнем азотного живлення рослин є можливість визначити потребу рослин в азоті. Вимірювання зазвичай здійснюють на 30 рослинах – на наймолодшому повністю розвинутому листку всередині листової поверхні. Умовою ефективної роботи приладу є відсутність симптомів нестачі хлорофілу, викликаних іншими чинниками. Наприклад, дефіцит сірки або магнію, а також ураження хворобами, втрата тургору листків через посуху, дія гербіцидів тощо.

Наступний оптичний прилад для визначення потреби в азоті – **GreenSeeker** (рис. 120)). В основі роботи цього приладу лежить визначення значення NDVI, яке показує характер розвитку рослин.

Спочатку камеру спрямовують на ділянку з добрим розвитком рослин (рис. 120(1)), потім на ділянку з поганим розвитком (рис. 120(2)). За допомогою спеціальних графіків і таблиць можна розрахувати потребу в азотному підживленні залежно від запланованої врожайності (рис. 120). За значенням (1) знаходять відповідну криву лінію, у нашому випадку 0,78. Найближча лінія для цього значення – зелена крива зі значенням NDVI – 0,8.

Далі на шкалі X знаходимо значення показника вимірювання (2) і проводимо перпендикуляр до перетину з вибраною кривою лінію (лінія NDVI = 0,8). З точки перетину проводимо перпендикуляр до осі Y і одержуємо коефіцієнт нормування K_n . У цьому прикладі це значення 0,3. Цей коефіцієнт K_n використовуємо в подальших розрахунках потреби азотних добрив. Вибираємо в таблиці культуру (наприклад, пшеницю), планову врожайність (наприклад, 7 т/га). Беремо розрахунковий коефіцієнт у таблиці з масиву таблиці на перетині планової врожайності й культури – 293 (табл. 32). Множимо $K_n = 0,3$ на розрахунковий коефіцієнт і одержуємо потребу в азотних добривах – орієнтовно 88 кг/га.



Рис. 120. Розрахункові таблиці для визначення потреби в азотних добривах при використанні NDVI - тестера Green Seeker

За допомогою даного метода, можна за 10-15 хв визначати потребу в азотному живленні. Для підвищення точності аналізу під час обстеження необхідно використовувати визначення забарвленості листків із різних ярусів листків. А за використання GreenSeeker вимірюють рівень NDVI цілої ділянки дистанційно і немає потреби робити багато визначень, що в свою чергу скорочує час і підвищує точність вимірювання.

Даний метод полягає в прямій кореляції між рівнем наростання біомаси та вмістом азоту в рослинах. NDVI, в свою чергу є індексом вегетаційної маси, він прямо залежний від рівня її накопичення. В зв'язку із цим застосовувати цей метод доцільно лише в періоди, коли рослини мають досить розвинену вегетативну масу, а застосування у більш ранні фази росту і розвитку, наприклад у фазу сходів, є недоцільним через істотне відбивання сонячної енергії ґрунтом.

32. Розрахункові коефіцієнти для визначення потреби в азоті на запланований урожай

Культура	%, N	Запланована урожайність, т/га	
----------	------	-------------------------------	--

		1,00	3,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	14,00	16,00	Uses NUE = 0.55 and NDVI _{soil} =0.15
Пшениця яра	2,45		134	223	267	312	356	401	445					
Пшениця озима	2,30	41,8	69	203	251	293	335	376	418					
Кукурудза на богарі	1,30				142	165	189	213	236	260	284	331		
Кукурудза на зрошені	1,25					159	182	205	227	250	273	318	364	
Ячмінь	1,70	30,9	92,7	155	185	216	247	278	309					
Тритикале	2,10	38,2	115	191	229	267	305	344	382					
Сорго	1,34				146	171	195	219	244	268	292			
Ріпак	3,10	56,4	169	282	338	395								
Рис	1,28	23,3	69,8	116	140	163	186	209	233	256	279	326	372	

Використання датчика GreenSeeker можливе на сільськогосподарській техніці для диференційованого внесення рідких і твердих добрив.

Також існують прилади активізації хлорофілу зовнішнім джерелом лазерних променів. Індукована лазером флуоресценція вимірюється одночасно з природною флуоресценцією і на цій основі розраховується індекс флуоресценції (RATIO). Даний індекс за недостатнього забезпечення азотом знижується, а за високого – зростає. Вимірюється він за допомогою MiniVeg N (компанія Gerg Fritzmeier GmbH & Co.KG), який має ширину огляду 6 м і складається з чотирьох незалежних датчиків.

Прилад вимірює флуоресценцію верхніх листків і стебел, калібрується за вбудованим стандартом флуоресценції, кріпиться спереду трактора і в on-лені вимірює абсолютну забезпеченість азотом. Отримані дані автоматично, на основі моделі потреби рослин в азоті, коригують дозу добрив для розкидача мінеральних добрив, встановленого на тракторі позаду датчиків.

5.17. Використання сучасних обприскувачів у системі точного землеробства

Наступним елементом точного землеробства є використання сучасних обприскувачів із **GPS-навігаторами**, які можуть працювати на безкоштовних та платних сигналах.

Травмування рослин колесами обприскувача посіву під час роботи під кутом до напрямку посіву становить майже 3 % (рис. 121). Втрати

при цьому легко порахувати, знаючи валовий збір з поля. За роботи з автопілотом по точному напрямку посіву кількість пошкоджень знижується приблизно до 1 %, що суттєво зменшує втрати.



Рис. 121. Травмування рослин кукурудзи під час роботи оприскувача

Практика показує, що у виробництві досить складно потрапити в попередню колію навіть тим самим самохідним оприскувачем.

На разі досить ефективно під час проведення обприскування показує себе **автоматична система керування виливом** – це система, що автоматично вимикає подачу розчину над раніше обробленими ділянками, що допомагає уникнути пропусків і перекриттів на розворотах та на полях складної форми. Таким чином зменшується кількість використаного розчину, а більш рівномірنا обробка підвищує якість та кількість врожаю.

Деякі системи працюють на підставі попередньо завантажених електронних контурів поля або меж, записаних під час першого об'їзду поля. У такому разі секції штанги автоматично відключаються при проходженні над ділянками поля, що не входять до посівної площі. Інший спосіб – система під час проходження записує ділянки, які вже оброблено, і відключає подачу розчину при повторному проходженні.

Системи керування виливом дозволяють автоматично подавати розчин на кожну окрему форсунку та підтримувати однаковий тиск у штанзі обприскувача. Це зменшує ймовірність формування крапель різного об'єму та гарантує рівномірне внесення ЗЗР незалежно від перепадів швидкості руху обприскувача. Крім того, стабільний контроль тиску в системі дозволяє працювати зі стабільною нормою виливу, не зважаючи на перепади швидкості під час розворотів на полі.

Для зменшення травмування рослин під час обприскування і ефективного контролю роботи кожної форунки, використання машинного навчання для створення карт бур'янів і посівів використовується SWAT CAM камера з високою роздільною здатністю, яка встановлюється на розпилювачі (рис. 122).



Рис. 122. Загальний вигляд камери SWAT CAM

Пофорсуночне відключення дає змогу контролювати роботу кожної форсунки окремо, що забезпечує високу точність та ефективність, але є дорогим та менш надійним. **Найпоширеніше посекційне відключення** – ця схема роботи простіша та надійніша, але водночас не має такої високої точності відключення. Така система вимикає подачу розчину по секціях розміром від 5 до 48 форсунок (рис. 123).

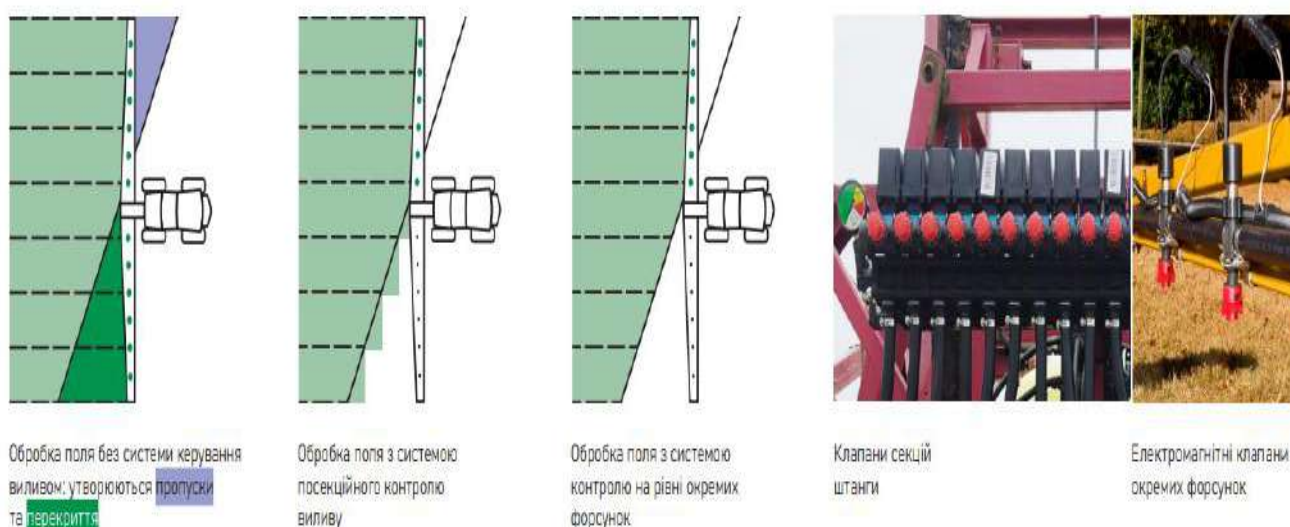


Рис. 123. Система контролю виливу робочого розчину оприскувача

Контрольована система виливу робочого розчину дозволяє зекономити 6-25 % ЗЗР та добрив в залежності від форми поля, на 15 % скоротити час на проведення обприскування, зменшити забруднення навколишнього середовища та підвищити рівень продуктивності культурних рослин. Строк окупності системи контролю виливу не перевищує 1-2 роки.

При обробці полів складної форми буває складно розрахувати кількість заправок обприскувача. Спеціалізовані рішення (AcuraSpray

для термінала компанії Amazone) допомагають точно розрахувати скільки гонів можна проїхати без дозаправки, кількість, місце та час заправок.

Розрахуємо понесені господарством втрати врожаю кукурудзи, за рахунок пошкодження рослин, відсотку зниження густоти та втрати прибутку на 1 га. На один гектар отримуємо 142 ряди та близько 3,5 проходів оприскувача (див. рис. 124).



Рис. 124. Кількість проходів оприскувача на 1 га

$142 \text{ ряди} \times \sim 3,5 \text{ проходи оприскувача} \times 2 \text{ колеса} \times 2 \text{ рослини} =$
1900 пошкоджених рослин.

Тобто на полі кукурудзи площею 1 га пошкодженими виявилися 1 900 рослин, за норми висіву 80 000 рослин – це 2,37% густоти.

Загальні втрати склали: $10 \text{ т/га} \times 257 \text{ \$/т вартість кукурудзи} \times 2,37 \%$
пошкоджено оприскувачем = **61 \\$/га втрати прибутку.**

Якщо врахувати, що площа посіву на даному полі кукурудзи складала 64 га, то загальні втрати за зниження 2,37 % густоти стояння кукурудзи становили **\\$ 3 904.**

Для розуміння необхідності застосування елементів точного землеробства у системі захисту, наведемо такий приклад, при проведенні технологічної операції із догляду за рослинами – внесення інсектицидів, 18 метровий обприскувач повинен рівномірним шаром покрити поле. Щоб тракторист їхав не «на глазок» на полі розставляють маяки (працівники, які відміряють лінії рівні ширині агрегату) на які, в свою чергу, орієнтується механізатор. На практиці звичайно все складніше і після обробітку агроном стикається з такими проблемами, як пропуски та перекриття.

Як би сумлінно працівник не відміряв лінію він все одно помиляється. І відстань між лініями може бути і 17, і 19 метрів. Звичайно на полі використовується щонайменше 2 маяки, кожен з них помиляється по-своєму. Крім того помиляється і сам механізатор, адже маяк може знаходитись на відстані до півкілометра, а то і більше. Через це виникають пропуски та перекриття.

В наслідок подвійного внесення пестицидів спостерігається пригнічення рослин. А пропуски (огріхи) – це неефективне використання площі, труднощі, що виникають під час збирання урожаю, середовище розмноження бур'янів.

Важко працювати оприскувачам на пізніх стадіях вегетації рослин, коли піна провалюється. Крім того на якість використання пінного маркера впливає вітер – піна лягає не рівно. Для пінного маркера необхідні витратні матеріали – піноутворююча хімія, яку складно зберігати у господарстві.

Не найкращий вихід забезпечує і використання **пінного маркера**, при довжині штанги в дев'ять метрів оператор просто не бачить, кінець штанги йде саме над маркером, або ні.

У реальній роботі Ви ніколи не побачите ідеального малюнка обробітку поля, як правило це виглядає так:

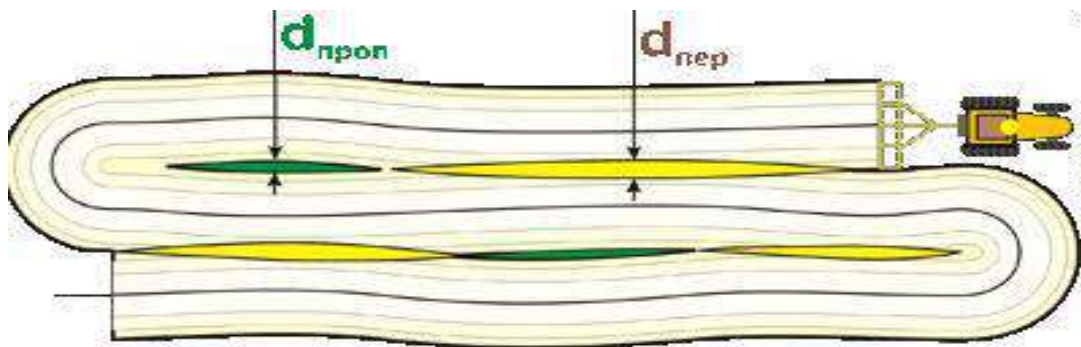


Рис. 125. Помилки механізатора:

де **d_{проп}** – пропущені ділянки;

d_{пер} – перекриті ділянки

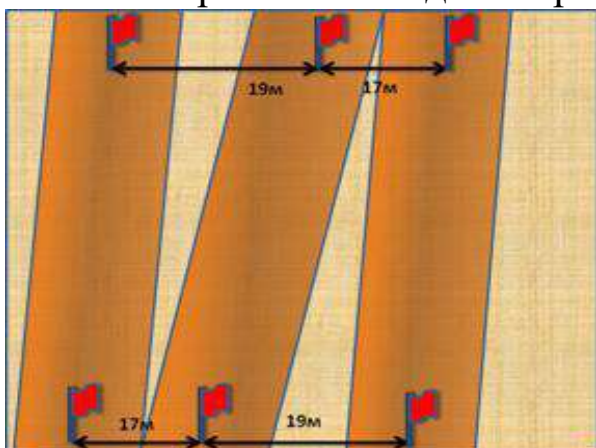
Ключовим моментом необхідності застосування навігаторів є внесення пестицидів та агрохімікатів. В 70 відсотках випадків, хімічні препарати необхідно вносити за температури 17-20 С° у безвітряну погоду, щоб досягти максимального ефекту. Працювати в нічний час використовуючи маяки неможливо.

Використання найпростіших систем паралельного водіння дає змогу працювати вночі або за поганої видимості, зменшити перекриття з 1,5 м (звичайна величина) до 30 см, на полі площею 100 гектарів, загальне

перекриття зменшується з 7,5 до 1,5 гектара.

Це простий приклад використання систем **GPS-навігації**. Окремо варто розповісти про більш складніші системи – **автопілоти**. Наприклад, власник має потужний трактор (300 к. с.) та 12 метрову сівалку, навіть важко уявити маркер завдовжки 6 метрів. А якщо це технологія «**мінімального обробітку**» і слід маркера практично не видно?

Тому в цьому випадку найкраще використовувати GPS-систему, але більш складнішу – **автопілот** з підключенням до гідравліки та системою компенсації кута нахилу. Неточності посіву, пов'язані з помилками механізатора та складним рельєфом поля, будуть мінімальними.



Зменшення участі водія безпосередньо у процесі керування дає можливість підвищити швидкість до максимально можливої без зниження якості. Водію достатньо лише розвернути трактор в кінці заїмки решту система зробить сама.

Рис. 126. Помилки механізатора при використанні орієнтирів

Окрім підвищення точності роботи, це дозволить механізатору більше уваги приділяти агрегату. І, нарешті, можливість працювати вночі (друга зміна) дозволить ефективніше використовувати дорогу техніку, прискорити процес амортизації та вчасно провести посів.

Наведемо економічний розрахунок додаткових витрат пов'язаних з вирощуванням сільськогосподарських культур на прикладі ріпаку, пшениці, соняшнику та ярого ячменю (табл. 33), згідно даних компанії «Агро ІТ», для того щоб зрозуміти необхідність використання приладів паралельного водіння в сучасному рослинництві.

Крім того, паралельне водіння за допомогою маркера та маяків вимагає додаткових витрат:

- витрати піни – $0,02 \text{ (кг/га)} \times 1058,85 \text{ (га)} \times 42,8 \text{ (\$)} = 906,4 \text{ \$}$.
- витрати на 2-х сигнальників – $2 \times 0,1 \text{ (\$/га)} \times 1125 \text{ (га)} = 225 \text{ \$}$.

33. Порівняння перевитрат пестицидів та пального для культур, пов'язаних із збільшенням площі

Культура	За перекриття 0,30 м		За перекриття 1 м		За перекриття 2 м	
	\$/га	%	\$/га	%	\$/га	%

Ріпак	2569	100	8828	312	18750	730
Пшениця	1671	100	5801	347	12321	737
Соняшник	1647	100	5717	346	12143	735
Ярий ячмінь	1138	100	3951	347	8393	737
Пальне	11,3	100	39,2	347	83,3	737

Збільшення загальної вартості робіт на внесенні пестицидів різними способами за рахунок перекриття та додаткових витрат наведено в таблиці 34.

34. Збільшення загальної вартості внесення пестицидів за рахунок перекриття та додаткових витрат

Культура	CLAAS GPS COPILOT	Пінний маркер	Маяки
Ріпак	100 %	382,74 %	746,27 %
Пшениця	100 %	401,15 %	750,84 %
Соняшник	100 %	401,94 %	751,03 %
Ярий ячмінь	100 %	426,16 %	757,03 %

Із наведених даних видно, що застосування приладів паралельного водіння створює високий економічний ефект та економію коштів при внесенні пестицидів.

Прилади паралельного водіння порівняно із звичайними маркерами мають переваги при внесенні пестицидів, які реагують на температуру (табл. 35).

Широке застосування DGPS для визначення координат машинно-тракторних агрегатів стримується високою вартістю технічних та інформаційних засобів, відсутністю розвиненої мережі станцій диференціального коригування, можливими похибками, спричиненими грозовими розрядами та магнітними бурями.

У чому полягає необхідність використання **GPS-навігаторів** при виконанні догляду за посівами? Відповідь на це питання дає характеристика виконання основних агротехнічних операцій.

35. Ефективність використання обприскувачів на внесенні пестицидів, чутливих до температури

Діапазон часу для внесення	з 18:00 до 01:00 з 05:00 до 07:00	з 18:00 до 22:00 з 05:00 до 07:00
Допустима кількість часу для внесення, год.	9	6
Оброблена кількість землі, га/доба	243	162
Час необхідний на обприскування всього поля, діб	4	6
Кількість обприскувачів для внесення	4	6

Рис. 128. Конфігурація полів із різними елементами рельєфу

При розвороті вона візьме управління ним «у свої руки» і чітко поведе машину оптимальним маршрутом – похибка за суміщення меж оброблюваних смуг не перевищує $\pm 10-15$ см. Більше того, маршрут заносять у базу даних. І, наприклад, якщо проводився посів кукурудзи, наступного разу, коли необхідно буде обробити міжряддя, система використає координати проходження сівалки і, як ідеальний поводитир, направить культиватор точно між рядками.

Встановлюється вона на щитку приладів, обладнана світловими діодами, які оповіщають про відхилення передніх коліс від заданого маршруту. Водієві лишається стежити за датчиками і поворотом керма коригувати рух трактора. Власне, такий пристрій можна назвати ідеальним компасом. До речі, цей пристрій можна встановити не лише на сучасних західних тракторах, а й на старих МТЗ-80/82.

Інший комплект навігаційного устаткування дещо складніший. Апаратура вмонтовується в гідросистему управління трактором, і вже вона, а не оператор, керує машиною. А тракторист перетворюється на безтурботного пасажира. Він більше не зазнає постійного напруження, а отже і втоми, тож може продуктивно працювати на кілька годин довше (О. Пальчун, 2007).

В Україні на обприскувачах використовуються системи паралельного керування із класом точності до ± 20 см. Вони мають найбільший попит завдяки простоті й універсальності, можливості швидкої адаптації на місцевості. На вітчизняному ринку GPS-систем виділяються продукти компаній Teejet, Agrosom, Trimble, які мають майже однакові установки, налаштування, але різні характеристики керування агрегатом, частоту оновлення сигналу, додаткових функцій на апаратному рівні та можливості переналаштування приладу взагалі. Додаткові функції у різних брендів мають неоднакові можливості. Наприклад, відтворення правильного напрямку руху агрегату в Agrosom оптимальніша порівняно з Teejet завдяки більшій кількості світлодіодів для точнішого руху – 45 проти 11. Завдяки цьому краще налаштовується чіткість сприйняття вказаного напрямку руху обприскувача, що відповідно впливає на чіткість підрулювання, якість виконання агротехнічного заходу. Іншою важливою функцією є частота оновлення сигналу у роботі систем. Так, якщо в Agrosom, Trimble вона дорівнює 10 Гц, то у Teejet – всього 5 Гц. Завдяки більшому показнику частіше оновлюється сигнал, а отже, якісніше виконується сам агротехнічний

захід.

На обприскуванні максимальну точність виконання агротехнічної операції забезпечують **базові станції** ($\pm 1-3$ см.). Вони можуть забезпечити поправки від локальної базової станції, яка встановлюється на краю поля.

Для роботи за цією технологією на обприскувач встановлюється радіомодем. Поправки від базової станції передаються по радіо. Якщо вести мову про доцільність придбання базових станцій для обприскування посівів, то варто врахувати кілька принципових моментів. **По-перше**, їхню потужність: ці станції навіть без підсилювача можуть покривати площі у радіусі близько 25 км. **По-друге**, їх використання пов'язане з необхідністю оформлення ліцензій на високочастотний або ультрависокочастотний радіоканал.

Термін окупності GPS-систем через значну вартість може становити 3-5 років (М. Куценко, 2009).

Окрім того, такі системи дають змогу не лише управляти трактором в автоматичному режимі, а й отримувати вичерпну інформацію про його роботу. Іншими словами, перебуваючи в конторі, керівник підприємства завжди має можливість побачити на екрані комп'ютера, чи рухається у цей момент трактор. Також без зусиль можна з точністю до секунд обчислити, як він працював, скільки простоював і навіть побачити, де саме тракторист улаштував собі відпочинок. Причому отримати ці відомості можна за будь-який робочий день.

Оскільки інформація про рух кожного трактора на полі зберігається в комп'ютері, то навіть через п'ять років достатньо взяти її за основу, і агрегат рухатиметься тим же маршрутом.

Обприскувачі обладнані пристроями для електронного регулювання подачі робочого розчину пестицидів, сівалки – для регулювання норми висіву та глибини загортання насіння, машини для внесення добрив – регулювання доз внесення добрив, ґрунтообробні знаряддя – для регулювання глибини обробки ґрунту. Управління робочим процесом і контроль за його виконанням здійснюють із трактора, обладнаного багатоканальним мікропроцесором або комп'ютером, а на сільськогосподарських машинах встановлюють уніфіковані датчики. На пульт керування надходить інформація щодо швидкості руху агрегату, обсягу виконаної роботи, витрат пального і запасів технологічних матеріалів тощо (рис. 129).



Рис. 129. Кабіна трактора із установленими бортовими системами

Важливе значення приготування робочих розчинів пестицидів та/або добрив має якість води, яка має бути чистою, без механічних і хімічних домішок, тому що вони викликають втрату ефективності внесення препаратів. Це проявляється у вигляді механічного забивання форсунок, і абсорбції чи розкладі діючих речовин препаратів тощо. Швидко перевірити якість води можна також за допомогою фотометрії, враховуючи каламутність води.

Каламутність води характеризує зменшення прозорості води внаслідок наявності в ній органічних і неорганічних тонко дисперсних частинок. Одиниця вимірювання FNU (Formazine Nephelometric Unit), що відповідає 1 ЕМ/л (одиниць каламутності на літр), при цьому як стандартну суспензію використовують суспензію каоліну, г/л.

В Україні каламутність води визначається за ДСТУ ISO7027: 2003. «Якість води» і визначають її в 1 мг/дм³, еквівалентно 1 FNU. На рис. 130 представлено один із приладів, які застосовуються для визначення каламутності води. У його складі чотири колби з калібрувальними розчинами з різними стандартними показниками каламутності, фотометр, кювета для вимірювання. У цю кювету наливають воду для аналізу. Після калібрування за стандартними розчинами від меншої каламутності до вищої переходять до вимірювання контрольного зразка.



TN400

Розчини для калібрування

Рис. 130. Прилад для визначення каламутності води (турбідиметр) TN400

Операційний облік та планування механізованих робіт. Планування й облік ведеться для тих об'єктів, на яких установлені засоби навігації. Функціонування системи відбувається за наступною схемою:

- щодня наприкінці робочого дня формуються планові завдання для водіїв і механізаторів на наступний робочий день;
- при необхідності ранком вносяться зміни в облікові картки водіїв і механізаторів;
- виконується розрахунок фактично виконаних робіт за минулу добу;
- виконується вивантаження фактично виконаних робіт у систему «Агрохолдинг» на платформі «1С» для план-фактного аналізу, формування бухгалтерської й фінансової звітності.

В процесі роботи можна переглядати й редагувати дані в діалогах системи. Результати фактично виконаних робіт можна рознести по полях для наступного економічного аналізу.

Облік фактичних робіт може вестися шляхом ручного введення даних або в результаті імпорту з підсистеми моніторингу диспетчерського центру. Обмін інформацією між двома підсистемами виконується файлами у форматі XML.

Застосування ІАС «Агрохолдинг» на платформі «1С» дозволяє в рамках підприємства використовувати єдиний інтерфейс й єдину базу даних у всіх структурних підрозділах: економісти, агрономи, бухгалтерія.

5.18. Моніторинг врожайності та складання карти врожайності

Для виконання якісного збирання і в подальшому вирощування наступної культури необхідно проводити складання карти урожайності кожного поля. Тому що на одному полі, в різних його ділянках, урожайність однієї і тієї ж культури може різко змінюватись. За даними компанії Френдт 30-150 % від середнього врожаю складає діапазон варіації врожаю у межах одного поля.

Сьогодні автоматизоване визначення потенційної врожайності посівних площ – актуальна проблема. Підвищення врожайності сільськогосподарських культур можливе перш за все за рахунок мінімізації втрат під час збирання врожаю, вчасного початку збирання врожаю, правильного налаштування сільськогосподарської техніки в процесі жнив тощо. Для того, щоб істотно впливати на швидкість та якість проведення збиральних робіт спеціалістам, або керівникам необхідно мати повну характеристику збирання кожного комбайна, для цього існують спеціальні програми та пристрої.

На разі існує два методи визначення врожайності. Перший – механічно зважити зібраний врожай після розвантаження зернозбирального комбайна, другий (система картування врожайності) – вимірювання врожаю у реальному часі протягом всієї роботи комбайна за допомогою систем GPS.

Моніторинг врожайності – це збір інформації про врожайність, рівень вологості, властивості ґрунту, втрати зерна (урожаю) і т.д. під час роботи збиральних комбайнів.

Урожайність культури визначається умовами конкретного поля, або навіть елементарної ділянки поля, через це географічна інформаційна система (ГІС) допомагає фермерам приймати вчасні ефективні рішення впродовж ротації сівозміни, використовуючи різне програмне забезпечення на основі ГІС для управління господарствами. Наприклад, цифрова агроплатформа Crop Monitoring (N. Kussul, A. Shelestov, V. Yailymov et al., 2020) на додаток до комплексної оцінки поля надає фермерам прогнози погоди, карти диференційованого внесення добрив, аналіз проблемних зон і має ще багато інших функцій, що суттєво зменшують витрати.

У конкретного господарства, відповідно до спеціалізації, вирощуються свої основні культури. Можливість вирощування певної культури, застосування систем сівозмін ґрунтується на всебічному моніторингу і повноцінному ретроспективному аналізі стану рослинності та даних про кліматичні умови.

На основі зібраних даних створюються карти врожайності та продуктивності полів. Карти врожайності поєднують дані якості ґрунтів, рельєфу, поживних речовин та стану рослин, що дає змогу визначити чинники, які обмежують врожайність, і оцінити поле з погляду економічного результату виробничої діяльності.

Карти врожайності потрібні для: створення карт-завдань для диференційного посіву та внесення добрив, ідентифікації проблемних зон на полі та прийняття правильних рішень, побудови схеми відбору проб для агрохімічного аналізу та вимірювання ущільнення ґрунту, оцінки фінансових результатів агрономічних рішень, контролю ефективності агрономічних та технологічних заходів: правильності вибраної норми висіву, якості підготовки ґрунту, результату дії препаратів та технологій, виділення зон продуктивності.

Історичні дані врожайності поля збирають для зменшення впливу тимчасових факторів. За допомогою карт врожайності за 5 років можна побачити закономірності та визначити фактори, що обмежують врожайність ділянок (рис. 131).

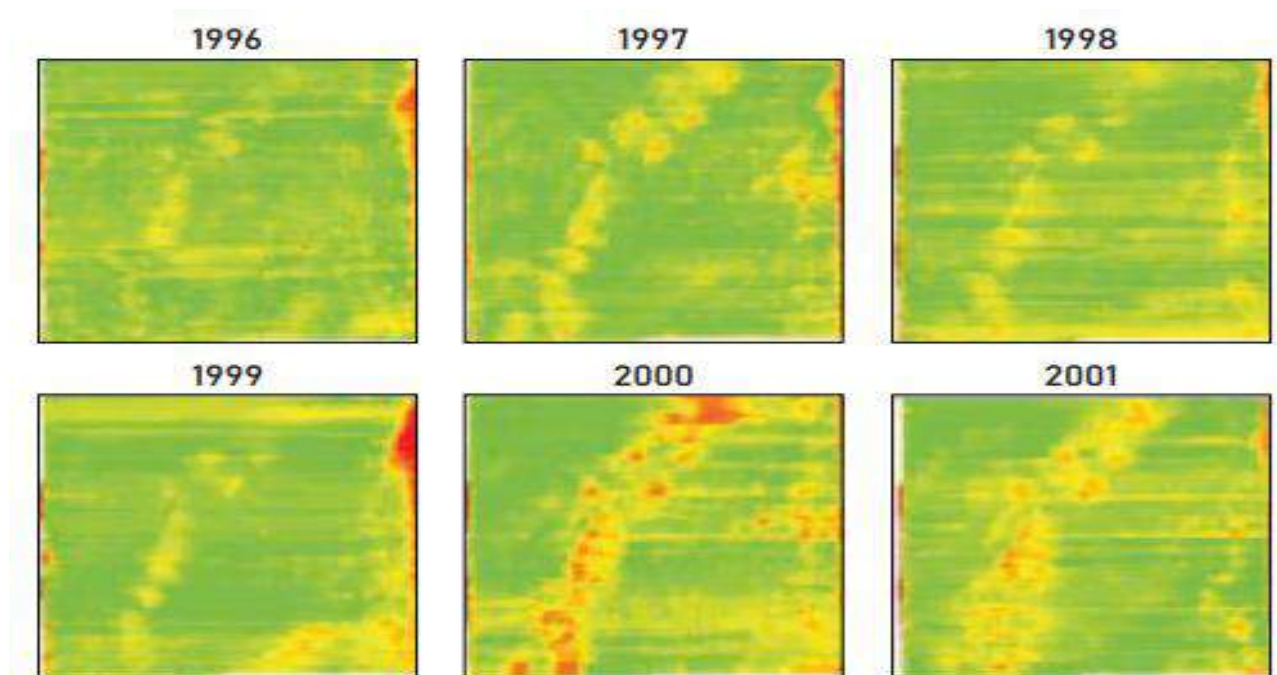


Рис. 131. Дані врожайності за період 1996-2001 рр.

Для картографування врожайності використовують на комбайні спеціальний прилад польовий термінал, наприклад АСТ або Cebis (AGRO-MAP), який з'єднаний із вимірювачем вологості зерна, світловим датчиком, датчиком потоку зерна, переднім мостом комбайна та сенсором нахилу жатки.

Існує два типи датчиків потоку зерна: тензометричний – вимірює

кількість зерна, яке на нього потрапляє з лопатей елеватора; та **оптичний** – вимірює об'єм, який проходить повз датчик. Датчики врожайності потребують калібрування під певну культуру та врахування особливостей умов роботи.

Датчик вологості необхідний для коригування маси врожаю та визначення оптимальних строків збирання врожаю, для зменшення затрат на досушування.

Принцип картографування включає в себе знання ширини захвату жатки, середній намолот на певному відрізку із позиціюванням GPS та RTK для точного визначення координат та швидкості техніки. Потім ця інформація через польовий термінал накопичується та відображається за допомогою програми AGRO-MAP, FlyAgData, FarmTRX (рис. 132) або інших.



Рис. 132. Основні складові компоненти FarmTRX

Система картування врожайності – це сукупність обладнання та програмного забезпечення, за допомогою якого здійснюється облік урожаю зібраної культури на кожній визначеній ділянці поля. Під час роботи збиральної техніки у бортовому комп'ютері фіксується час роботи, назва поля із зазначенням культури, загальна зібрана площа, кількість витраченого пального, дані про техніку, оператора, який на ній працює, та господарство, в якому відбуваються жнива.

Перші системи картування врожайності не були точними. До 2000 року точність визначення координат у системі GPS мала похибку $\pm 10\text{-}20$ м.; також великі похибки мали датчики намолоту. З появою

коригуючих сигналів DGPS точність визначення координат сягнула ± 5 -10 см. Така інформація вже має велику цінність. Всі останні серії зернозбиральних комбайнів здійснюють повний облік всіх робіт у бортовому обладнанні з можливістю подальшого опрацювання за допомогою програмного забезпечення комп'ютера.

Наприклад, **TELEMATICS** дає змогу аналізувати роботу комбайна у режимі реального часу, та отримувати наступну інформацію про його подальшу роботу:

1. Аналітика використання робочого часу (розвантаження в русі, розвантаження під час зупинки, час повороту, час виконання процесу, простій, час руху із повним зерновим бункером, час в дорозі, зупинка через перевантаження, виключення двигуна).

2. Аналіз продуктивності (аналізуються такі параметри: вологість зерна, висота зрізу, заповнення зернового бункера, робота подрібнювача, молотильного барабану, намолот, зібрана площа, вивантаження зернового бункера та ін.).

3. Показники лічильників (мотогодин, робочих годин, часу роботи подрібнювача та обмолочування, об'єму збирання та площі, пройденого шляху в полі, витрати палива).

4. Перелік аварійних повідомлень.

5. Карту врожайності, яку потім через GoogleEarth можна використовувати в on-line через Інтернет на **Інформаційно-аналітичному сервері**. Вона дає можливість отримати зображення колії руху комбайна, фіксацію розвантажень зернового бункера (під час руху та із зупинками), детальну інформацію про параметри роботи комбайна (рис. 133).

Використання **аналітично-інформаційної системи** (рис. 134) дає змогу збільшити продуктивність техніки, завдяки контролю за машиною й механізатором, поліпшити транспортну логістику, отримати документацію робочих процесів.

Збір інформації для функціонування системи здійснюється в автоматизованому режимі. Апаратні засоби моніторингу забезпечують прийом GPS-сигналів, збір вимірів із установлених датчиків і передачу пакету вимірів по встановлених параметрах на сервер бази даних. Для передачі даних використовується GSM-модем й SIM-карта. Передача здійснюється з використанням GPRS каналу по мережі Internet. Крім даних, що збирають в автоматичному режимі система дозволяє здійснювати імпорту інформації із зовнішніх носіїв даних, або ручне введення з журналів обліку й реєстрації.

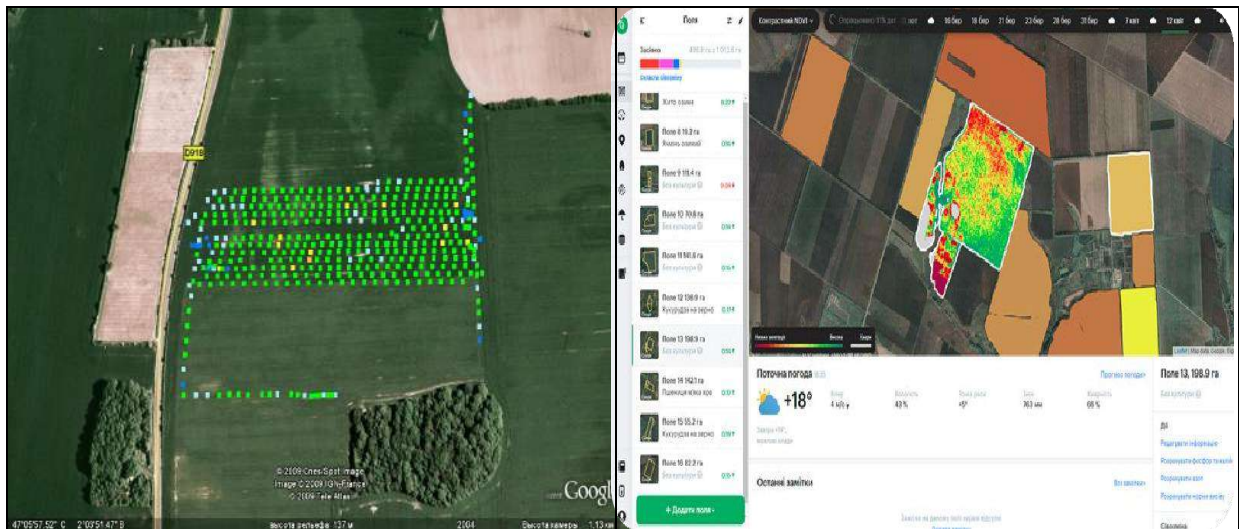


Рис. 133. Колія руху комбайна в GoogleEarth

Точність визначення врожайності залежить від калібрування датчиків і майже не залежить від культури, збирання якої ведеться. Стандартне відхилення вимірювань не перевищує 3-10 %, для всіх типів датчиків.

Система складається з трьох блоків апаратно-програмних засобів:

1. Мобільний блок (бортове устаткування об'єктів моніторингу):

- телематичний програмувальний логічний контролер (ТПЛК) об'єктів моніторингу;

- датчики рівня палива;

- комплект голосного зв'язку.

2. Серверний блок (центр збору даних):

- Web-сервер – IP адреса для прийому інформації;

- система керування базами даних (СКБД);

- програмне забезпечення системи моніторингу.

3. Клієнтський блок (робоче місце оператора системи):

- програмне забезпечення;

- ГІС Карта.

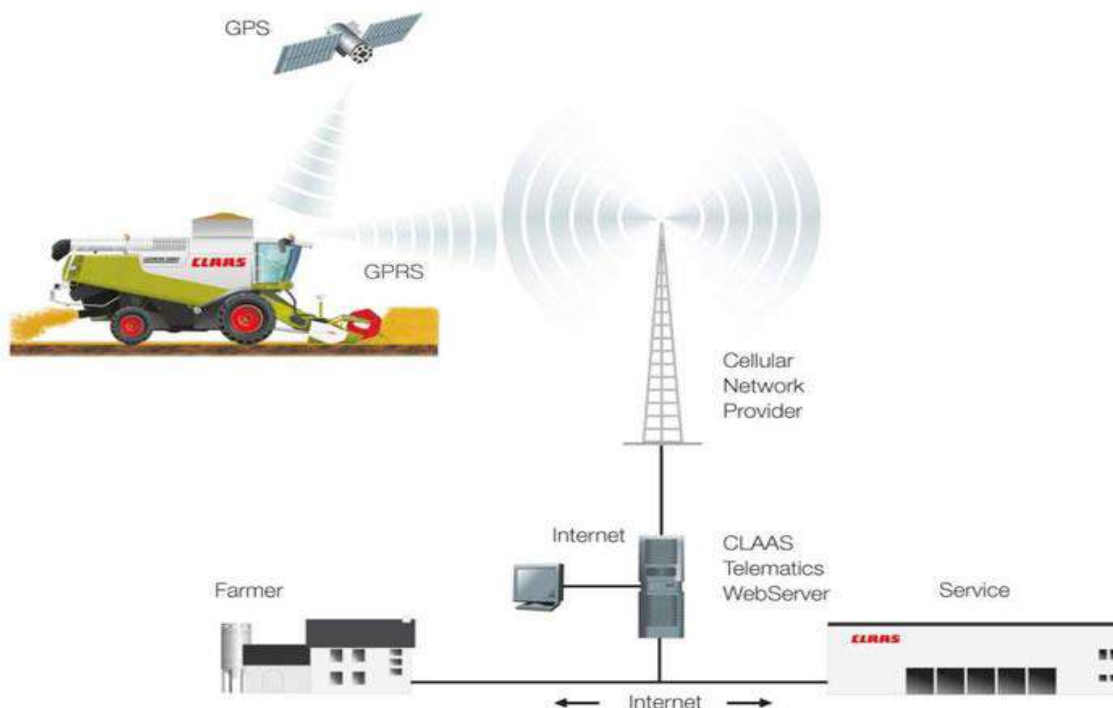


Рис. 134. Інформаційно-аналітичний сервер, що накопичує інформацію, яка надходить від комбайна

Карта врожайності – це різнокольорова карта, на якій кожен колір відповідає певному діапазону врожайності.

Зелений – від 0,04-0,06 т/га, жовтий – 0,01-0,04, червоний – 0-0,01 т/га. Перші системи для створення карт урожайності призначалися лише для зернозбиральної техніки, але їх принцип дії можна застосовувати й для визначення врожайності інших сільськогосподарських культур. Принцип картування врожайності у переважної більшості сучасних комбайнів такий: під час жнив за допомогою спеціальних пристроїв (сенсорів, датчиків, бортового комп'ютера) фіксують кількість зібраного врожаю на визначеній ділянці. Просторові координати комбайна в кожен момент часу надходять від DGPS-приймача.

У процесі використання елементів точного землеробства створюються **електронні карти полів**. *Електронна карта поля* (рис. 135) – це: зручність, наглядність, ефективність, можливість оперативного внесення змін та швидкий доступ до будь-якої занесеної інформації.

Вони дають можливість вести облік та контроль всіх сільськогосподарських операцій, оскільки ґрунтується на точних даних: площі полів, відстані доріг тощо, допомагають провести повний аналіз умов, які впливають на ріст та розвиток рослин на даному полі, або на

ділянці 100х100 м, дають змогу оптимізувати виробництво з метою отримання максимального прибутку, а також раціонально використовувати у виробництві ресурси.

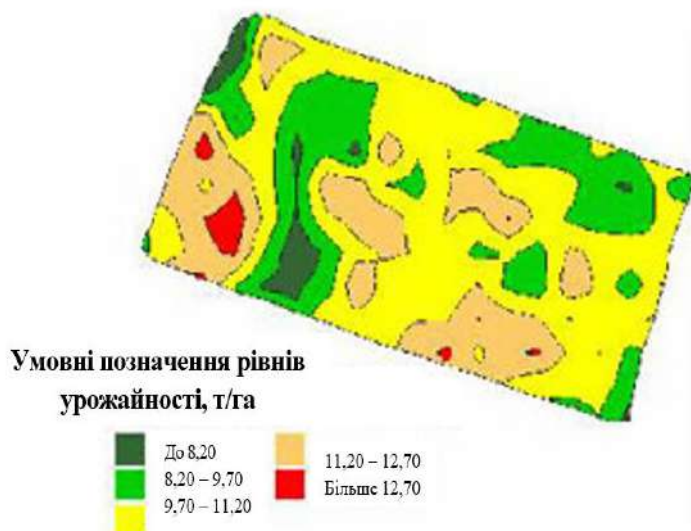


Рис. 135. Електронна карта урожайності поля

Тобто, електронні карти полів використовуються для: обліку сівозмін, картування врожайності, обстеження ґрунтів, статистичного та тематичного аналізу даних та планування виробничих процесів.

Розглянемо детальніше особливості використання інформації про **зони продуктивності** на прикладі компанії Френдт.

Зони продуктивності поля це ділянки із значними відмінностями за: рельєфом, фізико-хімічними показниками, врожайністю, історією. Управління кожною зоною продуктивності на полі може відрізнитись залежно від запланованої врожайності та рентабельності виробництва. Виділяють зони **високої, середньої та низької** продуктивності. Найкращі результати формування зон продуктивності будуть на полях із різними типами ґрунтів, особливостями рельєфу та дренажу.

Існує два методи визначення зон продуктивності **традиційний** або **ручний** та **автоматизований**.

За **традиційного «ручного»** визначення зон продуктивності, агроном самостійно визначає межі зон продуктивності, опрацьовуючи всі доступні джерела: історичні дані про врожайність, карти рельєфу, агрохімічний аналіз ґрунту, індекс вегетації NDVI, дані моніторингу дронами, карти родючості ґрунтів, карти врожайності тощо (рис. 136).

Автоматичне визначення на основі NDVI. Деякі програмні продукти (наприклад OneSoil, ExactFarming, EOS Crop Monitoring) для виключення впливу випадкових факторів можуть автоматично визначати зони продуктивності на підставі індексів вегетації за декілька років.

За допомогою зон продуктивності можна дізнатися, які частини поля з року в рік мають низький рівень врожайності та визначити способи ліквідація проблемних зон. Наступним кроком буде порівняти

цю карту з іншими даними про поле. Якщо карта зон продуктивності буде схожа на карту рельєфу, то скоріше за все проблема у розподілі вологи або кислотності (засолені).

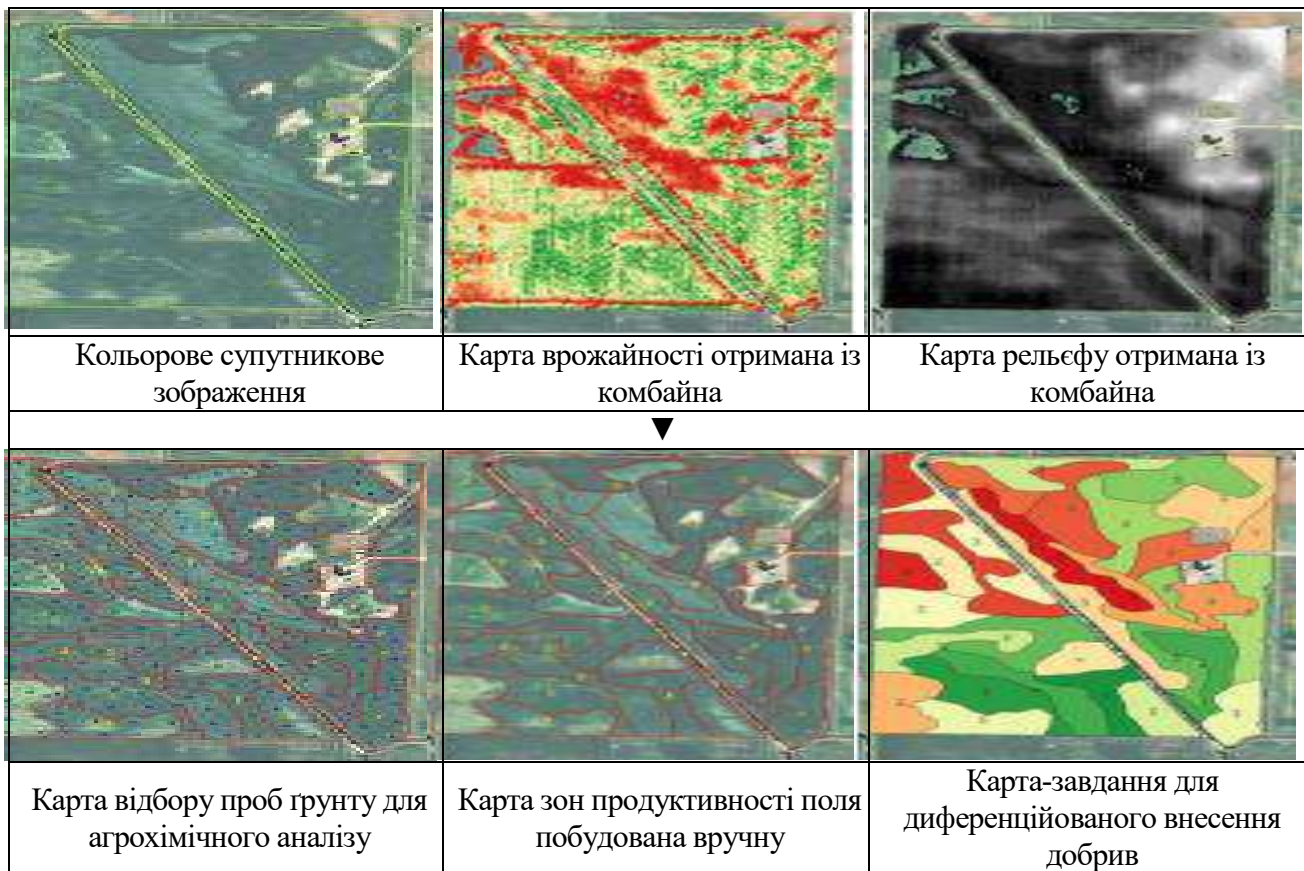


Рис. 136. Приклад традиційного формування зон продуктивності

Збіги карти зон продуктивності з картою родючості ґрунту означають, що на врожайність впливає кількість гумусу. Такий аналіз дозволяє визначити проблему та запланувати заходи для покращення ситуації.

Оцінка якості виконання операцій це збір фактичних даних про ефективність сільськогосподарських робіт онлайн (в режимі реального часу). Фактична інформація допомагає у повному обсязі перевірити якість роботи механізатора, повноту виконання операції та підрахувати витрату добрив, посівного матеріалу чи засобів захисту рослин. На підставі отриманих даних можна робити висновки про ефективність проведення робіт, впровадження Точного Землеробства та приймати управлінські рішення щодо подальших операцій.

Більшість автопілотів може записувати параметри технологічних операцій під час їхнього виконання. Процес виконання робіт можна прослідкувати онлайн через сайт виробника або завантажити його на

USB-накопичувач (флешку), якщо передача даних відсутня.

Оцінка за допомогою карт робіт знятих на USB-накопичувач. **Картування польових робіт дозволяє візуально оцінити:** якість роботи відключення секцій, пропуски та перекриття, відповідність планової норми внесення до фактичної, закриття поля відповідно до контуру, фактично витрачені матеріали. Це дає змогу: провести моніторинг врожайності; записати кількість використаного насіння, добрив та ЗЗР; зібрати дані про роботу техніки, витрати палива, швидкість, робочі температури й тиск, години роботи; дізнатися площу виконаних робіт; скоординувати роботу декількох одиниць техніки.

Для ефективного контролю технології вирощування на основі картографування урожайності можна використати **нейронні мережі (штучний інтелект)**. Припустимо задано набір даних, які характеризують стан стиглості культури на певному полі. Відомі також ретроспективні дані врожайності із цього поля в попередніх посівних сезонах. Дані може бути представлені у вигляді таблиці або за візуалізації у вигляді карт відповідного поля.

Нехай задано дві карти:

K1 – індексна карта, зроблена за допомогою супутника;

K2 – карта врожайності на ділянках цього самого поля, отримана після збирання врожаю посіяної на даному полі сільськогосподарської культури.

На карті K1 отриманій із супутника, відображені індекси дозрівання з площею кожної ділянки. Відповідно, ми отримуємо значення індексу стиглості та відповідну площу поля, що його займає культура, стиглість якої відображено відповідним індексом.

Практично ці ділянки ідентичні за площею. Особливістю даної візуалізації є те, що зерно на ділянках із низьким індексом сухіше, краще обмолочується; там, де воно вологіше, втрати більші, адже комбайн налаштовано на збирання саме сухого зерна.

Згідно даних з цих ділянок на полях K1 і K2 можна визначити рівень урожайності кожної ділянки із врахуванням значення індексу. Різницю між урожайністю на ділянках із низьким вегетаційним індексом і на ділянках з вищим показником можна вважати втратами, причина яких – різний рівень дозрівання зерна. У даному прикладі показана необхідність вибору агронома налаштувань комбайну, орієнтуючись саме на сухіше зерно, оскільки його площа більша. У випадку більшої площі із вологим зерном, агроном налаштовував би комбайн під вологе і тоді втрати на ділянках із сухішим були б більшими, адже зерно

осипається. Отже, різниця в показниках індексу та площа під цими ділянками – початкові значення параметрів для аналізу.

Різна забарвленість посіву сої на ортофотоплані вказує на певні проблеми в посіві, їх можливо ідентифікувати відразу під час аналізу фотографії або ж вони вимагають додаткових обстежень у точках поля, де зафіксована дана різнобарвність. З ортофотоплану (рис. 137) видно, що рослини сої на більшості поля мають бурий колір, а частина посіву має зеленувато-бурий відтінок.

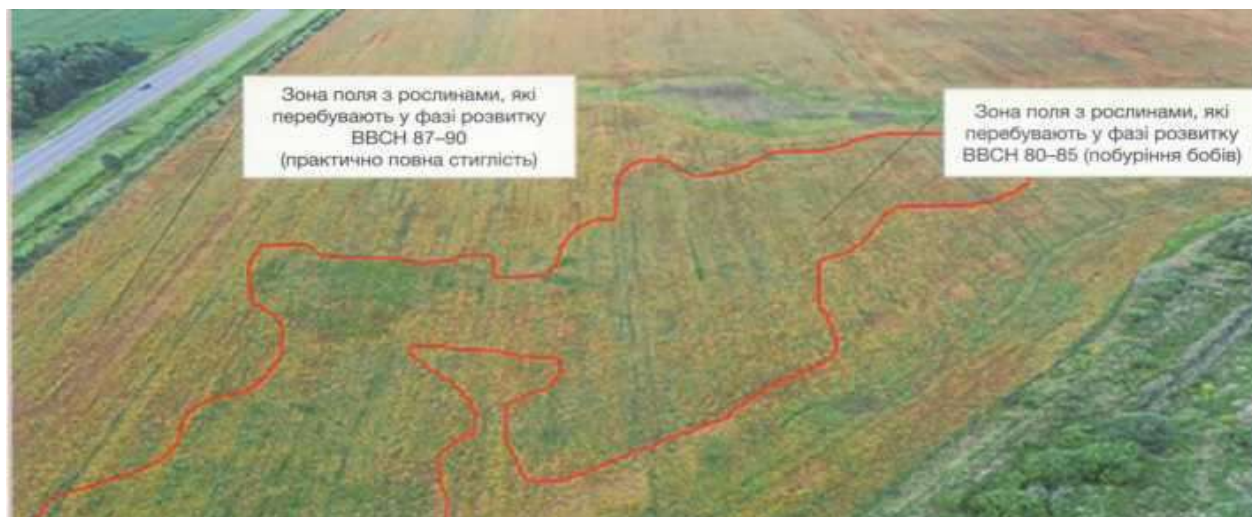


Рис. 137. Нерівномірне дозрівання сої в полі

Виходячи з дати отримання фото – жовтень місяць, причиною може бути нерівномірне дозрівання рослин. Частина посіву перебувала у фазі ВВСН 87-90, інша – у фазі ВВСН 80-85. Візуально видно, що площа ділянок з різним рівнем дозрівання майже однакова, але розташування їх хаотичне. Через це для прискорення однорідності дозрівання і запобігання втратам урожаю під час збирання на даному полі необхідно виконати десикацію.

На основі оцінки нерівномірності дозрівання, розуміння площі під ділянками з різним рівнем дозрівання можна визначити потенційні втрати врожаю посіяної на полі культури.

Для побудови математичної моделі задачі оптимізації посівів на заданому полі використовуємо апарат введення додаткових евристик, який добре зарекомендував себе в слабо структурованих і неструктурованих предметних областях (Г. М. Гнатієнко, В. Є. Снитюк, 2008).

Зрозуміло, що в більшості випадків завжди не вистачатиме даних про врожайність поля. Це пов'язано зі складністю інформаційного забезпечення, відмінністю реальних умов від змодельованих тощо.

Зокрема, на врожайність впливатимуть погодні умови, стан ґрунту, особливості дозрівання сільськогосподарської культури, терміни й умови збирання врожаю, рівень кореляції між зовнішніми спостереженнями й біологічними особливостями культури тощо. У зв'язку з такими розбіжностями між ідеалізованою моделлю і природним розмаїттям сільськогосподарських угідь треба ввести додаткові евристики для доповнення модельованої ситуації.

Евристика E1. Існує математичне забезпечення, яке є інструментом виявлення відповідності між ділянками. За допомогою виявлення такої відповідності може бути встановлено закономірність та виявлено співвідношення показників, які спостерігаються на «індексному» полі K1, і реальним станом цього самого поля, відображення якого представлено на карті K2.

Евристика E2. На тих ділянках поля K1, де менший вегетаційний індекс, вища врожайність, що відображено на карті K2.

Евристика E3. На ділянках поля K1, де зафіксовано більший вегетаційний індекс, урожайність нижча, що відображено на карті K2.

Евристики E2 і E3 дозволяють розробити стратегію збирання врожаю й налаштування комбайнів на рівень вологості зерна і рівня його стиглості. Від адекватності такого налаштування комбайнів зрештою залежить рівень утрат врожаю на полі.

Сформулюємо ще одну очевидну евристику, потрібну для прозорості викладення схеми підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Евристика E4. Завдання вирівнювання дозрівання рослин – необхідна передумова мінімізації втрат. Зрозуміло, що правило, викладене в евристиці E4, – один із чинників, але не найсуттєвіший.

На посівах таких культур, як соняшник, ріпак, пшениця та інші може застосовуватись **десикація** – для пришвидшення дозрівання та зменшення рівня передзбиральної вологості. Проте сам препарат і його внесення – це додаткові витрати. В цьому випадку необхідно зрозуміти, чи будуть виправдані такі витрати, адже може бути, що потенційні втрати набагато вищі, ніж витрати на внесення препарату (десиканту).

Зрозуміло, що ні окремі засоби захисту рослин, ні їхні системи не збільшують урожайність культури, вони лише забезпечують можливість збереження, зменшення втрат того, що було закладено в генетиці насіння, і реалізовано із врахуванням системи удобрення, обробітку ґрунту, природної родючості ґрунтів тощо. Часто навіть ефективний захист посівів від шкочинних об'єктів може бути знівельований

агрономічними помилками або кліматичними умовами.

Просту лінійну функцію для виявлення закономірностей використовувати не можливо, оскільки існують різні сорти рослин, із різним періодом розвитку кожного сорту, різним потенціалом врожайності, різними значеннями індексів тощо. Але основний чинник у цьому випадку – нерівномірність розвитку. За допомогою сучасних методів спостереження є можливість отримати значення індексу на всьому полі й визначити відхилення значень індексів на кожній елементарній ділянці від середнього по всьому полю. Під час збирання за результатами роботи зернозбиральних комбайнів можна отримати базу врожайності по кожній ділянці поля. На основі цього з'являється можливість оцінити відхилення від середньої врожайності як у меншу, так і в більшу сторону.

На основі цих даних, використовуючи нейронну мережу, можливо встановити зв'язок між значеннями індексів (відхиленнями від середнього показника), площами під кожним із цих показників і втратами врожаю, які можуть бути, якщо комбайн налаштовано на такий стан дозрівання рослин, який має найбільшу площу на досліджуваному полі. Для цього вводяться первинні дані, на основі яких одержуються певні оцінки втрат, і потім проводиться навчання нейронної мережі на основі нових даних. У результаті цього навчену нейронну мережу можна буде використовувати для оцінки потенційних втрат врожаю у наступному сезоні підготовки до жнив.

Для більш достовірного прогнозування майбутнього врожаю необхідно визначити функціональну залежність між станом дозрівання сільськогосподарських культур, посіяних на полях, і результатами дистанційного спостереження за ними. Цю залежність можна знайти в аналітичному вигляді або за допомогою застосування нейромережі.

Для побудови математичної моделі визначення залежності між картою індексації K1 і картою врожайності цього самого поля K2 введемо деякі позначення для нейронної мережі і параметрів цієї мережі.

Вхідні параметри:

$p1^0$ – вологість насіння в ділянці проведення обліку, %

$p2^0$ – вологість насіння на площі поля, %

$p3^0$ – кількість рамок, задіяних у досліді, шт.

$p4^0$ – площа поля, га

$p5^0$ – % від площі поля

$p6^0$ – значення індексу

$p7^0$ – середній індекс по полю з FarmShots

Вихідні параметри:

p_1^I – урожайність кг/га з поля

p_2^I загальна вага втрат насіння з рамок, грамів

p_3^I – втрати на 1 га, кг

p_4^I – % утрат від урожайності з га

p_5^I – втрати з поля, кг

Позначимо нейромережну залежність між вирощуваною сільськогосподарською культурою і вегетаційними індексами, яку можна визначити дистанційно, через

$$M(p_i^0, p_j^I), i = 1, \dots, 7; j = 1, \dots, 5,$$

де p_i^0 , $i = 1, \dots, 7$ – множина вхідних параметрів, p_j^I , $j = 1, \dots, 5$ – множина вихідних параметрів нейронної мережі.

Отже, задачу визначення залежності між наборами даних, які відповідають полю з показниками, представленими на карті K1, і цьому самому полю з показниками, представленими на карті K2, може бути формалізовано так:

$$M(p_i^0, p_j^I) \rightarrow \max, (4)$$

$$p_i^0 \in P^0, i = 1, \dots, 7; p_j^I \in P^I, j = 1, \dots, 5 (5)$$

де P^0 – множина допустимих значень вхідних параметрів, P^I – множина допустимих значень вихідних параметрів.

Цільова функція виду (4) показує нейромережну залежність між вхідними даними, відображеними на карті K1, і вихідними даними, отриманими в результаті дослідження результатів збору врожаю і відображеними на карті K2. Обмеження виду (5) – природно задана множина допустимих значень вхідних і вихідних параметрів математичної моделі.

Схема оптимізації врожайності поля. Для оптимізації процесів зменшення втрат врожаю й підвищення врожайності засіяних полів може бути застосовано таку схему.

Етап 1. Одержання інформації про значення вегетаційних індексів, відображених на карті K1.

Етап 2. Дослідження втрат врожаю під час збирання та отримання інформації про реальний стан цього самого поля за показниками, відображеними на карті K2.

Етап 3. Визначення нейромережної залежності, представлені оптимізаційною задачею (4)-(5).

Етап 4. Постановка задачі розрахунку прогнозованого врожаю для нового поля з використанням евристик впливу на ділянки досліджуваного поля.

Етап 5. Генерація варіантів застосування десикації.

Етап 5.1. Побудова кластерів, на які необхідно розбити поле з метою автономного проведення процедури десикації на цих кластеризованих ділянках.

Етап 5.2. Розрахунок вартості витрат на проведення десикації з урахуванням витрат на препарати, маршрутів, ймовірності дозрівання зерна тощо.

Етап 5.3. Прогнозування результатів прийняття згенерованих варіантів розбиття поля на ділянки та розрахунку фітнес-функції врожайності шляхом застосування різних алгоритмів (2):

еволюційна стратегія,
генетичний алгоритм,
диференціальна еволюція,
симбіотична організація,
деформовані зірки (N. Tmienova, V. Snytyuk, 2020) тощо.

Етап 6. Розв'язання багатокритеріальної задачі визначення компромісного варіанту застосування десикації, налаштування комбайнів на рівень вологості зерна для максимізації прибутку господарства на конкретному полі й гарантованого підвищення врожайності поля.

Етап 7. Ухвалення рішення про вибір прийнятного варіанту десикації особою, яка ухвалює рішення.

Для підвищення ефективності застосування описаної технології необхідно:

для підвищення якості прогнозування врожайності застосовувати різні вегетаційні індекси, а також провести експерименти з комбінаціями цих індексів для одного поля;

провести дослідження з використанням нечітких значень параметрів та застосувати інструментарій нечіткої логіки;

розширити кількість і географію досліджуваних полів з метою досконалішого навчання нейронної мережі.

Давайте приведемо приклади використання картографування урожайності для оцінки зниження ефективності вирощування на основі даних компанії Френдт.

На засіяному полі сої площею 63 га у процесі картування врожайності, виділено ділянку зі зниженою врожайністю площею 13 га. Розрахуємо на скільки знизиться ефективність вирощування за зниження на даній ділянці урожайності сої:

$350 \text{ \$}/\text{т вартість сої} \times 2 \text{ т/га знижена врожайність} = 700 \text{ \$}/\text{га дохід з}$

малопродуктивної ділянки

тоді як на інших ділянках поля урожайність склала близько 2,143 т/га або 750 \$/га

700 \$/га дохід з малопродуктивної ділянки - 750 \$/га = -50 \$/га збиток при виробництві зі зниженою врожайністю

Варто відмітити, що зниження врожайності за однакової вартості виробництва означає, що на кожен гектар ділянки отримуємо збиток \$ 50, а якщо порахувати на всю площу 13 га то отримуємо -650 дол. США збиток на малопродуктивній ділянці.

У процесі використання елементів точного землеробства для складання карт полів господарства з нанесенням: річок, доріг та інших об'єктів з прив'язкою до GPS; виконання розмежування полів на ділянки; об'єднання полів у групи; визначення площі та параметрів поля;

координат об'єктів на полі; бонітування; ведення переліку виконаних робіт на полі та обліку використання техніки та хімічних речовин застосовують КПК «Помічник агронома ПРО» (рис. 138).



Рис. 138. КПК «Помічник агронома ПРО»

Даний пристрій забезпечує істотну точність, за рахунок використання не документованих можливостей приймача SirForce III, має великий об'єм внутрішньої пам'яті, що дає змогу запам'ятати безліч полів кількох господарств, здійснює перенесення

карт на ПК та створення картотеки полів, дає можливість нанесення полів на супутникові зображення в програмі Google Earth (використання Інтернету).

Технологія аналізу даних забезпечується засобами просторового аналізу ГІС Карта. Створюється широкий спектр потужних функцій просторового моделювання й аналізу. В основі аналізу лежать функції побудови й перетворення векторних даних у матричні (растрові) і назад.

Просторовий аналіз включає: перетворення векторних даних у матричні; створення буферних зон по відстані й близькості об'єктів; створення карт щільності об'єктів; створення безперервних поверхонь по точках; побудова ізоліній (інтерполяція), розрахунок кутів нахилу,

експозиції схилів, відмивання рельєфу; проведення аналізу по матричній карті; виконання алгебраїчних операцій і логічних запитів до серії карт і матриць; виконання оверлейних операцій (входження, перетинання, близькість).

На підставі топографічних даних про розташування робочих ділянок полів і паспортів полів система дозволяє визначати наступні показники: схили місцевості (усереднений, поздовжній і поперечний); експозиції (напрямок) схилів (на північ, на південь, на схід, на захід); ступінь еродованості; механічний склад ґрунтів.

Комбінуючи ці відомості з даними агрохімічного стану, картами врожайності, рівнем опадів, поверхневим стоком і ін., можна визначати локальні ділянки, що характеризуються деякою оцінкою: вимиванням або накопиченням добрив і ЗЗР, заболочуванням або дефіцитом вологи аж до прогнозування врожайності.

5.19. Використання безпілотників (дронів або агрокомптерів) у сільському господарстві

Дрон (з англійської *drone* – *джміль*) – це безпілотний літальний апарат (БПЛА), мобільний, автономний, запрограмований на виконання якихось завдань. Залежно від конструкції це може бути літачок, вертоліт або гвинтокрил. Найчастіше – це **вертоліт-мультикоптер** (англ. *multicopter*, багатороторний вертоліт) – літальний апарат з довільною кількістю несучих гвинтів, найчастіше поширені чотирироторні гвинтокрили – *квадрокоптери*.

Дрони це різновид літальних роботів з можливістю передачі часткового, або повного управління людині. Вперше подібні роботи почали проводитись в 1983 році армією США, де виконували завдання із знаходженню баз ворога, кращих шляхів відходу, або проводили глибоку розвідку в тилу ворога.



Рис. 139. Загальний вигляд квадрокоптера.

З часом подібні технології стали більш доступними для безлічі споживачів та галузей.

Нові аграрні горизонти в Україні сьогодні потребують сучасних

технологічних та інноваційних підходів щодо сільськогосподарського виробництва. Застосування дронів у сільському господарстві має величезний потенціал і з кожним роком інтерес до їх використання зростає. Ринок безпілотної авіації, націлений на виконання сільськогосподарських завдань, є дуже перспективним.

В Сполучених Штатах Америки нещодавно з'явився проект, який вибирає спеціальними безпілотниками площадки для посадки лісів. При цьому створюється об'ємна карта місцевості, за якою дрони координують свої дії та після виявлення необхідної місцевості безпілотники повертаються уже з насінням на борту і за допомогою спеціальних гармат заглиблюють насіння на певну глибину в ґрунт, при цьому швидкість пострілу складає 100 метрів за секунду. Один безпілотник може засіяти 10 км² лісу насінням майже за три години, що в декілька разів швидше людини. Дана технологія знижує вартість посадки на 85 %, крім того безпілотники можуть працювати цілодобово.

Яскравим прикладом використання БЛАП в сільському господарстві є послуги компанії Vine Rangers (Каліфорнія), яка пропонує фермерам послуги аерофотознімків виноградників для послідувочої видачі рекомендацій через Web-інтерфейс про час запилення, іригації, а також поширення хвороб рослин. Частота обльотів – раз в неділю, планова ціна послуг – \$20 за акр.

Aero Harvest – це каліфорнійська компанія, як і Vine Rangers, акцентує свої зусилля на виноградниках, обіцяє пошук втрат вологи і оптимізацію розкладу поливів.

AgWorx – спеціалісти в галузі точного сільського господарства із Північної Кароліни, які підбирають оптимальні терміни збирання на основі моніторингу із дронів та супутникових знімків.

А в сільському господарстві Японії «агродрони» використовують для поливу полів, внесення добрив та посіву. Дрони оснащені спеціальними датчиками, можуть визначати, які ділянки полів висихають та потребують обробітку.

Радіокеруючі безпілотники можна використовувати для контролю за віддаленими пасовищами, ставками і луками, для охорони, взяття проб і моніторингу тварин.

БПЛА, пролітаючи за заздалегідь спланованим маршрутом, виконує цифрову зйомку місцевості із GPS-координатами. Безпілотні апарати (БПЛА) оснащуються мультиспектральними камерами, висока чіткість зображення яких точно визначає проблемні ділянки поля (загибель урожаю після посухи або затоплення та ін.), різноманітними датчиками,

системами супутникової навігації, малогабаритними бортовими комп'ютерами. Аерофотозйомка посівів і лісів здійснюється у видимому й тепловому (інфрачервоному) діапазоні за допомогою цифрових камер. Дрон, оснащений системою навігації і комп'ютером, допомагає визначити багато параметрів: хімічний склад ґрунту, точність закладки насіння у ріллю, взагалі швидко обміряти оброблену ділянку.

Дрони дозволяють точніше визначити рельєф місцевості, розміри полів, межі водних об'єктів (озер, рік, боліт), ділянок і доріг.

«Аерофотозйомка» – це комплекс робіт з отримання топографічних карт, планів і цифрових моделей місцевості з використанням матеріалів фотографування місцевості з літального апарату або з космосу.

Найважливіша перевага аерофотозйомки перед іншими видами дистанційного зондування – виконання зйомки у визначений замовником час і отримання оперативних результатів. Фотознімки можуть містити кількість бур'янів на полі, відсоток рослин які проросли, характеристику ґрунту і т. п.

Дрони в сільському господарстві можуть вирішувати такі завдання: 1) створювати та поновлювати електронні карти полів (побудова 3D моделей полів); 2) інвентаризацію сільськогосподарських угідь; 3) оцінку обсягу робіт і контроль їх виконання, з метою оптимальної побудови систем іригації і меліорації; 4) моніторинг стану посівів; 5) відслідковувати Normalized Difference Vegetation Index – нормалізований вегетаційний індекс, з метою ефективного внесення добрив та реагування на стреси; 6) оцінювати схожість сільськогосподарських культур; 7) прогнозувати урожайність сільськогосподарських культур; 8) проводити екологічний моніторинг сільськогосподарських земель; 9) здійснювати охорону сільськогосподарських угідь від пожеж та крадіжок; 10) розраховувати обсяг внесених добрив; 11) планувати посівні роботи; 12) проводити обприскування посівів хімічними препаратами для боротьби із шкідниками і хворобами; 13) здійснювати оцінку хімічного складу ґрунту; 14) контролювати якість збирання врожаю.

В найближчому майбутньому до 80 % усіх дронів будуть використовуватися саме в сільському господарстві.

Аерофотозйомка дронами необхідна для детальної характеристики ґрунту на території сортовипробувальних ділянок, дослідних станцій, лісо- і плодородсадників та інших експериментальних зон. А проведення будь-яких ґрунтово-меліоративних і ґрунтово-ерозійних досліджень в стаціонарних і напівстаціонарних умовах вимагає побудови карт з

даними, які можливо отримати лише з безпілотників. Окремий напрямок для проведення ґрунтової зйомки – це планування вирощування особливо вибагливих технічних і плодових культур. До таких сільськогосподарських культур відносяться чай, тютюн, ефіроолійні, цитрусові та інші культури.

Якість роботи механізаторів можна успішно контролювати й оцінювати відразу після її завершення, а не визначати за результатами розвитку рослин у період дозрівання культури або взагалі після збирання врожаю, коли вже не можна нічого виправити. Натомість завдяки аерозйомці можна проаналізувати поточну ситуацію та провести коректувальні заходи.

Поява нового інструментарію для моніторингу полів надає нові якісні можливості для вирішення **охорони полів від крадіжки**. Деякі виробники встановлюють інфрачервоні камери, тепловізори на безпілотники, які отримують можливість працювати в нічний час (цілодобово).

Дрони і безпілотні літальні засоби можуть охороняти сільськогосподарські культури та в режимі реального часу забезпечувати передачу інформації про порушення, крадіжки, пожежі та інші непередбачені обставини, які можуть трапитися на полі та вплинути на урожай. При цьому швидке переміщення безпілотників і дронів у просторі дозволяє відстежувати будь-які зміни, зберігаючи високу якість зображення, що не можуть робити стаціонарні камери. Дрони в якості «охоронці полів» можуть облітати більшу кількість посівів, особливо якщо поля одного власника знаходяться поруч.

Безпілотні літальні апарати можуть використовуватись і для застосування трихограми. **Трихограма** – це дрібна комаха, метелик, розміром не більше 1 мм, яка паразитує в яйцях більше 100 видів комах, що є шкідниками в сільському господарстві. Самка трихограми відкладає свої яйця в яйця комах-шкідника і, відповідно, повністю зупиняє шкідників врожаїв. Тому трихограма використовується як органічний засіб для боротьби зі шкідниками посівів. Застосовувати трихограму можна різними способами, але один з найдієвіших – розсіювати її безпілотниками.

Для визначення ефективності використання дронів необхідно враховувати: вартість складових комплексу, собівартість однієї хвилини / часу роботи комплексу, відмовостійкість і т. д., що впливають на кінцевий результат (вартість експлуатації) комплексу безпілотників. Слід також врахувати ще один важливий фактор – технічний персонал

для обслуговування комплексу, який потрібно відповідно підготувати.

Деякі власники господарств замовляють послуги аерофотозйомки, а не купують сам комплекс. При цьому вартість послуги складає від 2 до 20 у. о./га, і дозволяє заощадити і придивитися більш детально до цього інноваційного інструментарію в сільському господарстві.

Переваги та недоліки використання безпілотних літаків (дронів) приведені в попередніх розділах підручника.

В Україні поки що недостатньо фінансування для створення власного штучного супутника для проведення наукових досліджень та вирішення практичних завдань сільгоспвиробників, тому за допомогою безпілотників можна отримувати знімки для моніторингу. Вартість безпілотних літальних апаратів може становити від декількох десятків тисяч до декількох мільйонів гривень.

Крила й фюзеляжі БПЛА виготовляються із композитних матеріалів, армованих вуглеволокном. Рухаючись зі швидкістю 80 км/год., якісний безпілотник може перебувати в повітрі кілька годин, підніматися на висоту до п'яти кілометрів і долати маршрут завдовжки до 500 кілометрів. На ньому також може бути встановлена система стабілізації, яка дозволяє успішно робити польоти за швидкості вітру до 20 метрів на секунду (70 км/год).

Досвід використання безпілотників аграрного спрямування показав перевагу використання БПЛА вертолїтного (мультироторного) типу над літаками. Бо літаки навіть із коротким циклом зльоту й посадки без нормальних умов для приземлення погано працюють. Хоча деякі з них можуть навіть не потребувати злітно-посадочної смуги, злітаючи з катапульт і приземляючись на парашуті.

Дані аерофотозйомки можуть служити й маркетинговим засобом. Так, деякі компанії, що займаються продажем насіння, проводять безкоштовне аерофотосканування врожаю – це є складовою частиною угоди продажу.

Також БПЛА можуть виконувати політ по заданих з наземного комп'ютера координатах тривалий час із увімкненою системою відеоспостереження, здійснювати контроль за об'єктами господарської діяльності й відтак користуватися послугами агроконсалтингових або охоронних служб у режимі онлайн.

Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА), як і будь-який вид діяльності, що може бути потенційно небезпечним, вочевидь, повинне мати певні юридичні підстави. Однак, зміна законодавства – досить інерційний, повільний процес, який не встигає за стрімким

розвитком технологій. Сьогодні не лише в Україні, а й в інших країнах законодавче регулювання діяльності, пов'язаної із застосуванням БПЛА знаходиться на етапі становлення.

Хоча використання безпілотників в Україні остаточно законодавчо не врегульоване, однак, маючи статус «безпілотного повітряного судна», вони мають здійснювати польоти у спеціально зарезервованому, згідно попередньо поданим заявкам, повітряному просторі.

Уявіть ситуацію, коли безпілотник застосовують над якимось полем або площею полів і водночас там пролітає гелікоптер МНС або приватний літак, – у такому разі вірогідність авіакатастрофи різко зростає.

Тоді як приведення юридичного статусу безпілотників до норми, за якою їх визнано міні-літаками із наданням відповідних документів, зокрема дозволу на проведення польотів, забезпечує правову якість послуги та безпеку використання повітряного простору. Таким шляхом пішли розвинуті країни, де не заборонено польоти таких апаратів.

Для виконання аерофотозйомки за допомогою дрона потрібен спеціальний дозвіл. Не потрібна реєстрація лише для дронів вагою менше 20 кг, що не використовуються із комерційною метою.

У кожному виді земельних відносин важливе місце, а в деяких випадках і перше, займає оперативна інформація про стан посівів та земель сільськогосподарського призначення. Для підвищення ефективності сільськогосподарської діяльності важливо ще і те, в скільки будуть обходитись придбання та експлуатація дронів, наскільки можливе технічне застосування його в умовах дощу із грозами, сильних вітрів та низьких температур.

Для виявлення зон підвищеної забур'яненості та для полегшення процесу обстеження полів можна використовувати квадрокоптер з камерою RGB шляхом вибіркової зйомки на низькій висоті у відповідності до загальноприйнятої методики маршрутних обстежень у виробничих умовах, тобто на кожному полі до 50 га виділяють не менше як 10 облікових рамок, від 50 до 100 га – 15, на полях понад 100 га – 20 рамок. Ці рамки накладають через рівні інтервали, проходячи по полю у двох діагоналях. Для кількісних методів використовують метод проекційного покриття, де частки площ поверхні ґрунту, зайнятого горизонтальною проекцією надземних рослин, виражають у відсотках (Ю. П. Манько, І. В. Веселовский, Л. В. Орел, С. П. Танчик, 1998).

В процесі маршрутного обстеження дроном у відповідних точках поля робляться знімки на низькій висоті. Після цього на екрані

комп'ютера на знімок накладають віртуальну рамку і підраховують кількість і видовий склад бур'янів (рис. 140).

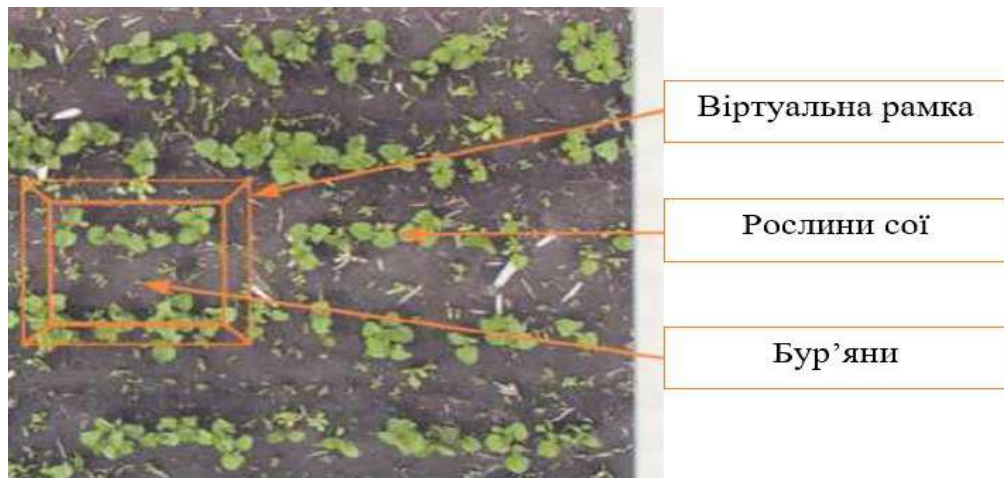


Рис. 140. Аналіз забур'яненості поля сої на знімку з квадрокоптера

У накладеній на знімок віртуальній рамці підраховується кількість бур'янів на м^2 та їх вид. Середня забур'яненість посіву розраховується на основі збору інформації по всіх точках поля. Дрон виконує дану роботу досить швидко – за 15-30 хвилин, летить по заданих точках, а не облітає все поле, може опускатися на висоту до 30 см, і за рахунок камери з великою роздільною здатністю має змогу отримати якісні знімки, із дрібними рослинами (за потреби зображення можна збільшити), дозволяє проводити обстеження навіть після випадання інтенсивних опадів.

Ефективним даний метод є до періоду змикання рядків у міжрядді і може бути застосований для широкорядних культур на початкових фазах розвитку, коли сходи бур'янів видно неозброєним оком.

За один виліт, дрон в середньому покриває площу 40-50 га. При цьому дальність польоту цієї техніки складає 2 км, а на відкритій місцевості збільшується одразу до 5 км. При цьому час польоту складає до 30 хв., а висота – до 300 м.

Дослідженнями ТОВ «КЕАРФІЛД» проведене порівняння затрат на застосування традиційної схеми обприскування та використання дронів. Для традиційної схеми обприскування враховували технічну оснащеність, підвезення робочого розчину, використання змішувального вузла та підвезення води (табл. 36).

У використанні традиційного обприскування витрата робочого розчину на 1 га становить 200-300 л/га, малооб'ємного 140-160 л/га.

Для розрахунків використовувався середній розхід робочого розчину 150 л/га, витрата води за використання агродронів становила 5 л/га, тобто різниця складала 145 л/га. Якщо перевести це в оброблювальну площу то виходить на 57,091 тис. га економія води 8 278 195 л.

36. Порівняння затратності традиційного обприскування та обприскування Агродронами

Витрати на обприскування	Витрати ДП, 1 л/га	Ціна ДП, грн/1л	Сума грн,	ФОП, грн/1га
Обприскування	1,0	50	50	40
Підвезення води	0,8	50	40	15
Приготування робочого розчину	0,02	50	1	20
Підвезення робочого розчину	0,7	50	35	15
Загальна сума	2,52		126	90
Всього			216	

Агродрони	Витрати, ДП 1 л/га	Ціна ДП, грн/1л	Сума грн,	ФОП, грн/1га
Внесення ЗЗР Агродронами	0,0	50	0,0	50
Автомобіль (для перевезення обладнання)	0,03	50	1,5	
Приготування робочого розчину	0,02	50	1,0	
Генератори	0,15	50	7,5	
Загальна сума	0,20		10	
Всього			60	
Різниця затрат грн на 1 га			156	
Економія грн на площі 57 091 га			8 906 196	

Що стосується загальних витрат вони складають за традиційного обприскування, до якого відноситься підвезення води, приготування та підвезення робочого розчину, витрати на паливо та на оплату праці то вони склали 216 грн/га, тоді як обприскування агродронами (підвезення води, приготування та підвезення робочого розчину, витрати на оплату праці) склало всього 60 грн/га. Різниця між даними видами обприскування становила 156 грн/га або 8 906 196 грн на оброблювану площу 57,091 тис. га (ТОВ «КЕАРФІЛД»).

В розрізі статей витрат за використання агродронів немає необхідності витрачати 50 грн/га на паливо, підвезення робочого

розчину 35 грн./га, підвезення води всього становить 1,5 грн/га, тоді як звичайне обприскування передбачає додаткових 38,5 грн/га на підвезення лише води.

Витрати палива на проведення обприскування агродронами складають 0,2 л/га, а звичайними оприскувачами 2,52 л/га. Фонд оплати праці агродронами 50 грн/га, а звичайним обприскуванням 90 грн/га, тобто економія лише на оплаті праці 40 грн/га за використання внесення хімічних препаратів агродронами.

Варто відмітити, що останніми роками в період оптимальної обробки посівів хімічними препаратами спостерігається весняне перезволоження ґрунтів, за якого неможливо застосовувати традиційне обприскування. Дана тенденція відмічена на півночі Вінницької, в Житомирській та Рівненській областях.

Розрахунки показують, що лише доставка оприскувача за традиційної схеми становить 120 грн/км, а якщо ця відстань становить 100 км то виходить $100 \times 120 = 12000$ вартість лише доставки. Тоді як доставка агродронів 25 грн/км із такої ж відстані в 100 км вартість доставки буде становити всього лише $100 \times 25 = 2500$ грн. (ТОВ «КЕАРФІЛД»).

Приведемо також вартісні показники обладнання необхідного для проведення обприскування (табл. 37).

37. Вартісні показники обладнання для проведення внесення ЗЗР традиційними оприскувачами та агродронами (станом на 2023 р.)

Комплекс машин для традиційного внесення ЗЗР	Вартість за одиницю, доларів	Комплекс обладнання для внесення ЗЗР агродронами	Кількість, шт.	Загальна вартість, доларів
Обприскувач John Deere M - 4030	410 000,0	Комплект агродрон Р-40, батарея, додаткове обладнання	2	24 000,0
Автомобіль для підвезення води б/у	30 000,0	Генератор	2	6 000,0
		Автомобіль фургон б/у	1	18 000,0
Разом	440 000,0			48 000,0

Для проведення традиційного внесення ЗЗР необхідно обприскувач, візьмем для прикладу John Deere M – 4030 який коштує 410 тис. доларів та автомобіль обладнаний цистерною для підвезення води середньої вартості 30,0 тис. доларів. Разом отримуємо 440 тис.

доларів затрат лише на обладнання. Для внесення ЗЗР агродронами потрібен комплект агродрон Р-40, батарея, додаткове обладнання (2 шт.) вартістю 24,0 тис. доларів, 2 генератори вартістю 6 тис. доларів та автомобіль фургон (можна бувший у використанні) вартістю 18,0 тис. доларів, разом отримуємо 48,0 тис. доларів. Різниця лише у вартості витрат на звичайне внесення ЗЗР та агродронами складає 392,0 тис. доларів зменшення за рахунок використання саме агродронів.

В цілому порівняння затратності використання традиційного внесення ЗЗР за допомогою обприскувачів потребує 150 л/га робочого розчину, витрати на оплату послуг (підвезення води, приготування та підвезення робочого розчину, витрати на паливо та на оплату праці) – 216 грн/га, доставка оприскувача – 120 грн/км, вартість обладнання для обприскування (John Deere М – 4030 та автомобіль обладнаний цистерною) – 440,0 тис. дол., або за сьогоднішнім курсом (37,8 грн/долар) – 16,632 млн. грн. Всього отримуємо – 16,632336 млн. грн., а агродронами витрата води 5 л/га, оплата послуг (внесення ЗЗР, використання автомобіля для перевезення обладнання, приготування робочого розчину та генератори для підзарядки батарей дрона) – 60 грн/га, доставка агродронів 25 грн/км, вартість обладнання (комплект агродрон Р-40, батарея, додаткове обладнання (2 шт.), 2 генератори та автомобіль фургон (можна бувший у використанні)) для внесення ЗЗР агродронами – 48,0 тис. доларів, або 1,814 млн грн. Всього отримуємо – 1,814085 грн. Плюс різниця у витраті води 145 л/га.

Прикладом ефективного використання агродронів у системі захисту рослин в 2023 році є застосування їх у Житомирській області в ТОВ «Колос» на внесенні ЗЗР на посівах пшениці площею 350 га та жита – 300 га. Потенційні втрати врожаю без використання агродронів у цьому сезоні могли скласти для господарства 18500 грн/1га, або 12 025 000 грн – на загальну площу. Для господарства ТОВ «Кусто Агро» проводилося внесення ЗЗР на посівах озимого ріпаку площею 2125 га, за відсутності використання агродронів потенційні збитки могли складати 50% врожаю (21 000 грн/га), або 44 625 000 грн на всю площу посіву.

До позитивних прикладів застосування агродронів належить використання їх для десикації 30 га соняшнику, коли були проблеми із доставкою палива та води до поля, крім того спостерігалось значне зволоження ґрунту, яке викликало загрузання оприскувача і відповідно витолочена була площа в межах 1,5 га.

В цілому від роботи звичайного оприскувача витолочується та пошкоджується за рахунок руху по полю до 3-5 % посіву сільськогосподарської культури.

Звичайно погляди експертів щодо доцільності використання дронів для внесення пестицидів розділилися. Існує і інша думка про те що застосування гербіцидів дронами не ефективна в силу того що норма витрати робочої рідини складає всього 7-20 л/га а для ефективної дії потрібно щоб препарат розчинявся і транспортувався по всіх органах бур'янів, краплі розчину мають низьку дисперсію та можуть пересихати в повітрі ще не долетівши до рослини, проблемним є обробка різних ярусів листків і т. д.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке точне землеробство.
2. Використання вегетаційних індексів у моніторингу посівів.
3. Спектральний аналіз сонячної радіації.
4. Для чого використовується індекс NDVI.
5. Порівняння супутникового та дронного моніторингу.
6. Диференційована система внесення добрив.
7. Класифікація супутникових сигналів.
8. Наведіть класи точності сигналів.
9. Використання GPS-навігації в рослинництві.
10. Навігатори та автопілоти, їх використання в рослинництві.
11. Системи диференційованого внесення ЗЗР.
12. Система картування врожайності.
13. Індекси стресу рослин.
14. Використання метеоданих у системі точного землеробства.
15. Агрохімічне обстеження ґрунтів для формування карт землекористування господарства.
16. Особливості відбору зразків ґрунту для аналізу та періодичність.
17. Перспективи впровадження точного землеробства в Україні та Світі.
18. Прогнозування поширення шкочинних об'єктів та його використання у технологіях вирощування.
19. Визначення вмісту хлорофілу у листках.
20. Індекси стресу рослин.
21. Особливості визначення густоти стояння рослин та якості сівби.
22. Прогнозування урожайності та зони продуктивності.
23. Визначення щільності ґрунту та її вплив на урожайність.

24. Вміст гумусу та його вплив на родючість ґрунту.
25. Особливості поширення на території України господарств із різною інтенсифікацією.
26. Основні етапи впровадження точного землеробства.
27. Нейронні мережі та перспективи їх використання у рослинництві.
28. Що таке комп'ютерний зір?
29. Використання штучного інтелекту (ШІ) для обприскування.
30. Охарактеризуйте від чого залежить електропровідність ґрунту.
31. Для чого проводиться пенетрація ґрунту?
32. РТК станції та їх використання у точному землеробстві.
33. Відключення секцій сівалки під час сівби.
34. Порівняйте супутниковий та дронний моніторинг стану посівів сільськогосподарських культур.
35. Як визначаються вегетаційні індекси.
36. Фітосанітарний моніторинг та його роль у точному землеробстві.
37. Особливості визначення якості протруєння насіння.
38. Інноваційний датчик біомаси та принцип його використання.
39. Які показники необхідні для складання карти урожайності.
40. Використання карти щільності ґрунтів для вибору системи обробітку.

ЧАСТИНА II

ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР

РОЗДІЛ 6. ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Поява нових сортів та гібридів у виробництві вимагає удосконалення технології вирощування для реалізації потенціалу їх продуктивності. Для того щоб повністю реалізувати продуктивний потенціал сорту або гібрида, необхідно враховувати не лише його вимогливість до екологічних факторів у цілому, а й визначити індивідуальну реакцію на окремі елементи технології, що має значний практичний інтерес для їх застосування в ресурсозбережних та інтенсивній технологіях.

Складовими елементами будь-якої технології вирощування рослинницької продукції, в тому числі й інтенсивної, є: підбір попередників (сівозміна), підбір сортів (гібридів), підготовка насіння до сівби та сівба, система обробітку ґрунту (основного, передпосівного та догляду за посівами), захисту рослин від шкідників, хвороб та бур'янів, застосування добрив та агрохімікатів та система збиральних робіт.

6.1. Підбір попередників

Сівозміна є важливою складовою зональної системи землеробства та ефективним *агробіотичним чинником*, який у рослинництві слід використовувати максимально. В залежності від попередника визначають технологічну схему вирощування. Роль попередника у сучасній технології вирощування рослинницької продукції багатогранна.

Підбір попередників має проводитись на основі врахування біологічних особливостей культури, спеціалізації господарства, технології вирощування, ґрунтово-кліматичних умов, фітосанітарного стану ґрунту, регулювання поживного та водного балансу агроценозів, попередження процесів ерозії, технічних можливостей господарств.

Науково-обґрунтоване розміщення культури в сівозміні сприяє збільшенню урожайності не лише завдяки обмеженню поширення хвороб, шкідників та бур'янів, але й покращанню водно-фізичного режиму ґрунту, більш раціональному використанню поживних речовин.

Для більшості сільськогосподарських культур встановлено **період повернення** їх у сівоzmіні на попереднє поле, дотримання якого запобігає нагромадженню шкідників і збудників хвороб у ґрунті. Для зернових культур він становить 2-3 роки, цукрових буряків – 4-6, соняшнику 8-10, льону, люпину – 6-7 років. За цей період під впливом розвитку корисної мікрофлори ґрунт оздоровлюється.

На разі значна частина земель із великих аграрних підприємств потрапляє у дрібні приватні, фермерські та присадибні. В них різко збільшується кількість повторних (беззмінних) посівів, що спричиняє їх монокультурне використання. Фітосанітарна ситуація на цих землях може досить швидко погіршитись, що зумовить необхідність використання великої кількості хімічних засобів захисту рослин. Для таких господарств є необхідність розробляти обґрунтоване чергування культур, виходячи з природних умов і спеціалізації.

Правильне чергування культур забезпечує можливість впроваджувати раціональну систему обробітку ґрунту і на основі цього протягом всієї ротації сівоzmіни – підтримувати оптимальний водний і поживний режим ґрунту, успішно здійснювати боротьбу з бур'янами, шкідниками і хворобами, з максимальною ефективністю використовувати добрива, і в кінцевому результаті – підвищувати рівень родючості ґрунту.

У разі вирощування в сівоzmіні **рослин-фітомеліорантів** – буркуну, люцерни, на солонцюватих і осолоділих ґрунтах значно поліпшується біологічна активність ґрунту.

Для розробки сівоzmін в конкретному господарстві з будь-якою спеціалізацією необхідно використовувати рекомендації щодо розміщення сільськогосподарських культур після відповідних попередників (табл. 38).

Так, яру пшеницю краще розміщувати після пару, багаторічних трав, просапних культур, а ячмінь – після кукурудзи, пшениці та зернобобових культур. Не допускати сусідства ярих і озимих культур, тому що будуть створюватися умови для швидкого поширення інфекції багатьох хвороб (іржа, борошниста роса та інші) і шкідників (шведська муха, гессенська і т. д.).

Раціональне природокористування в сільському господарстві починається з організації території – створення оптимізованого агроландшафту з екологічно обґрунтованим і доцільним співвідношенням сільськогосподарських угідь, лісових насаджень, земель захисного і природоохоронного призначення.

38. Наукові рекомендації розміщення сільськогосподарських культур після попередників
(О. А. Любович, Є. М. Лебідь, В. І. Шемавньов та ін., 2005)

Культура	Строк повернення на старе місце, рр.	Попередники																		
		чистий та зайнятий пар	озима пшениця по парув	озима пшениця по непарових	озиме жито	ячмінь	овес	кукурудза на зерно	горох	просо	гречка	цукровий буряк	соняшник	соя	картопля	кукурудза на силос	кормові коренеплоди	однорічні трави	люцерна	еспарцет
Озима пшениця	1-3	Х	Д	Н	Н	Н	Н	Н	Х	Н	Д	Н	Н	Н		Д	Н	Х	Х	Х
Озиме жито	1-2	Х	Х	Д	Н	Д	Д	Н	Х	Н	Х	Н	Н	Н		Д	Н	Х	Х	Х
Ячмінь	1-2			Д	Д	Н	Н	Х		Д	Д	Д	Н	Х	Х	Х	Д			
Овес	1-2			Д	Д	Н	Н	Х		Д	Д	Д	Н	Х	Х	Х	Д			
Кукурудза на зерно	0		Х	Х	Х	Д	Д	Д		Д	Х	Н	Н	Х	Д	Д	Д	Н		
Горох	3-4			Х	Х	Х	Х	Д	Н	Д	Д	Х	Н	Н	Х	Х	Х		Н	Н
Просо	3-7		Х	Х	Х	Х	Х	Д		Н	Д	Х	Н	Х	Х	Х	Х			
Гречка	2-3		Х	Х	Х	Х	Х	Д		Д	Н	Х	Н	Д	Х	Х	Х			
Цукровий буряк	3-4		Х	Д	Н	Н	Н	Н		Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н			
Соняшник	6-8			Х	Х	Х	Х	Д		Д	Д	Н	Н	Д	Н	Д	Н		Н	Н
Соя	3-4		Х	Х	Х	Х	Х	Д	Н	Д	Д	Д	Н	Н		Х	Д	Д	Н	Н
Картопля	1-2		Х	Х	Х	Х	Х	Н		Д	Д	Н	Н		Н	Д	Н	Х		
Кукурудза на силос	0		Х	Х	Х	Х	Х	Д		Д	Х	Д	Д	Х	Х	Х	Д			
Кормові коренеплоди	3-4		Х	Х	Д	Д	Н	Н		Н	Н	Н	Н	Н	Н	Д	Н			
Однорічні трави	1-2			Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Д	Д	Х	Х	Х			
Люцерна	5-7			Х	Д	Х	Х	Д	Н	Д	Д	Н	Н	Н	Д	Д	Д	Х	Н	Н
Еспарцет	3-4			Х	Д	Х	Х	Д	Н	Д	Д	Н	Н	Н	Д	Д	Д	Х	Н	Н

Х - найкращий варіант розміщення; Д- допустимий; Н - недопустимий; без позначки - недоцільно

Ефективність агробізнесу істотною мірою залежить від спеціалізації господарства (набору вирощуваних культур) та структури посівних площ. **Структура посівних площ** – співвідношення площі посівів різних польових культур. Основний критерій науково обґрунтованої структури посівних площ – максимальний вихід продукції (в грошовій формі, у врожайності або інших формах) з одиниці площі за мінімальних затратах праці та коштів. Іншими критеріями ефективності можуть бути прибуток з 1 га, окупність витрат, собівартість 1 ц кормопротеїнової одиниці тощо. **Рациональна структура посівних площ має:**

- забезпечувати виконання договірних зобов'язань з реалізації продукції;

- сприяти вирішенню внутрішніх потреб господарства в продукції рослинництва;

- підтримувати раціональне використання трудових ресурсів і засобів виробництва;

- забезпечувати виконання вимог чергування культур у сівозмінах відповідно до ґрунтово-кліматичних зон і спеціалізації господарства.

Сівозміна – це науково-обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур (і пару) у часі і на території відповідно до особливостей біологічних особливостей кожної культури, їх взаємодії та впливу на родючість ґрунту. **Наукові принципи побудови сівозмін** передбачають правильний підбір попередників і оптимальне поєднання моновидових культур із дотриманням допустимої періодичності їх повернення на одне й те саме поле.

Основною метою сівозміни є створення сприятливих умов для вирощування сільськогосподарських культур. Правильна сівозміна з урахуванням поєднання культур і дотримання необхідних періодів повернення за вирощування однієї й тої ж культури на одному полі – основа здорових посівів.

Визначальними чинниками формування та використання сівозмін у сучасних умовах господарювання в Україні є ринковий попит на якісну сільськогосподарську продукцію та економічна доцільність її вирощування. Виходячи із цього, основним завданням сівозміни є розміщення на фіксованій кількості полів посівів сільськогосподарських культур із таким розрахунком, щоб отримати максимальний прибуток від їх реалізації. При цьому необхідно врахувати баланс між культурами, сформувавши ефективну сівозміну.

Давайте за допомогою математичного моделювання розглянемо особливості **формування сівозмін в господарстві**. Нехай певне

фермерське господарство спеціалізується на рослинництві і має сільськогосподарські угіддя, які складаються з n полів однакової площі. На сільськогосподарських угіддях даного господарства традиційно висіваються сільськогосподарські культури k . Множину культур, що їх вирощує фермерське господарство, позначимо через $P = \{p_1, \dots, p_{k+1}\}$ причому через p_{k+1} позначено ситуацію, коли поле перебуває під паром, тобто на ньому протягом певного часу (зайнятий пар) або цілого року (чистий пар) не вирощувалися культури. З метою формалізації завдання оптимізації засівання полів та уніфікації вхідних даних застосуємо кодування сільськогосподарських культур натуральними числами, що відповідають назвам цих культур із множини P .

Відома також статистика господарської діяльності цього господарства t в минулі роки: які культури вирощували на кожному конкретному полі впродовж кожного сезону та який прибуток було отримано в результаті даної діяльності. Будемо вважати, що дані за t років про посіви культур на полях, урожайність сільськогосподарських культур, щорічні прибутки господарства тощо вірогідні.

Необхідно на основі аналізу прибутковості фермерського господарства за попередні роки встановити оптимальну конфігурацію посівів на поточний сезон з урахуванням природних обмежень на сівозміни та необхідності збереження родючості ґрунтів – недопущення їх виснаження.

Для побудови математичної моделі задачі оптимізації посівів на заданих полях, для знаходження розв'язку цієї задачі та для прозорості досягнення мети дослідження будемо користуватися апаратом **введення евристик**, який добре зарекомендував себе в слабко структурованих і неструктурованих предметних областях.

Евристика Е1. Для створення ідеалізованої математичної моделі на першому етапі дослідження можна вважати, що прибуток фермерського господарства залежить від того, які культури посіяно на полях, та від дотримання сівозмін.

Відомо, що продуктивність сільськогосподарських культур значною мірою залежить від порядку їх розміщення у сівозміні. Максимально високий урожай можливо отримати за використання кращих культур-попередників. Пріоритетність сівозмін можна визначати за дискретною шкалою від 0 до 9:

$$Q = \{q_{ij}\}, q_{ij} \in (0, 9], j = 1, \dots, k+1$$

до того ж випадок, коли $u = k + 1$, відповідає ситуації, коли поле було під паром. Наприклад, застосування чистого пару, який у зоні Степу є

досить поширеним попередником пшениці озимої, гарантує отримання високого врожаю зерна незалежно від погодних умов осені.

У цьому випадку число, яке є значенням елемента матриці виду (1), вказує на пріоритетність посіву j - ї культури на наступний рік після i – ї культури. Такі дані – відомі агротехнічні показники, які успішно застосовуються на практиці. Наведена градація ефективно використовується в теорії ухвалення рішень за застосування методу аналізу ієрархій (О. Л. Зозуля та ін., 2023).

Як правило, для побудови матриці виду (1) вербальне формулювання співвідношень між сільськогосподарською культурою-попередником і поточною культурою має такі градації:

відмінний попередник,
гарний попередник,
задовільний попередник,
хороший, але не завжди можливий попередник,
недопустимий попередник.

Такі формулювання відповідають п'ятибальній шкалі Лайкерта, яка успішно застосовується в різних напрямках досліджень для широкого кола предметних областей. Для агротехнічного напрямку інколи використовують чотирибальну шкалу, формулювання тверджень у якій про культуру-попередника можуть варіюватися так:

найкращий попередник,
допустимий попередник,
недопустимий попередник,
недоцільний попередник.

Основні вимоги, які висуваються до **попередників** у сівозміні, – вчасне звільнення поля, недопущення розвитку забур'яненості, покращення фітосанітарного стану, збільшення ефективності системи живлення культур, покращення структури ґрунту, відсутність негативних впливів на сходи наступних культур, мінімальне значення післядії агрохімікатів.

Щоб спростити задачу на першому етапі дослідження, сформулюємо кілька припущень у вигляді евристик.

Евристика Е2. Ціни на вирощену продукцію на ринках і валютний курс були стабільні.

Для поглибленого аналізу й урахування динаміки цін на сільськогосподарську продукцію, динаміки курсу гривні, банківські відсотки тощо можна побудувати математичну модель, яка враховуватиме залежність прибутків від цих величин.

Евристика Е3. Погодні умови в усі роки господарської діяльності фермерського господарства були однакові.

Для достовірного прогнозування майбутнього врожаю необхідно визначити функціональну залежність між сільськогосподарськими культурами, посіяними на полях, та фінансовими результатами, отриманими від їх реалізації. Дану залежність можна знайти в аналітичному вигляді або за допомогою застосування нейромережі.

Позначимо **нейромережну залежність** між вирощуваними сільськогосподарськими культурами і прибутковістю всіх полів фермерського господарства через

$$N(\tau, z_{1\tau-1}, \dots, z_{n\tau-1}, z_{1\tau}, \dots, z_{n\tau}, S_t)$$

де τ – рік господарювання, $z_{i\tau}$ – назва культури, посіяної в минулому на i – му полі в році τ , $\tau = 1, \dots, t$, $i = 1, \dots, n$, $z_{i\tau} \in P$.

Для дотримання вимог здійснення сівозмін вводиться матриця виду (1), яка регулює пріоритетність посіву культур на полях за роками. Обмеження, які в неявному вигляді задаються матрицею (1), забезпечують дотримання вимоги сівозмін та недопущення вибору варіантів засівання полів, які призводять до неприпустимого рівня виснаження ґрунту.

Отже, задача оптимізації посіву сільськогосподарських культур на полях фермерського господарства формалізується так:

$$N(\tau, z_{1\tau-1}, \dots, z_{n\tau-1}, z_{1\tau}, \dots, z_{n\tau}, S_t) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$z_{1\tau} \in P, i=1, \dots, n, \tau=0, \dots, t \quad (3)$$

Цільова функція виду (2) відображує нейромережну залежність між варіантами посіву полів або використання полів під паром та інтегральною прибутковістю фермерського господарства від посівів.

Обмеження виду (3) є множиною вибору сільськогосподарських культур, на яких спеціалізується фермерське господарство.

Визначення оптимального значення цільової функції виду (2) для чергового періоду планування $\tau = \tau + 1$ на області допустимих значень, які задаються обмеженням (3), з урахуванням евристик Е1-Е3 будемо здійснювати шляхом застосування генетичного алгоритму для визначення нейромережної залежності між параметрами оптимізаційної задачі (1)-(3) (А. І. Білоног, Д. І. Бромот, Г. М. Гнатієнко, В. Є. Снитюк, 2022).

6.2. Підбір сортів (гібридів)

Для будь-якої технології вирощування сорт (гібрид) є надійним і

економічно вигідним фактором підвищення врожайності культури. Сучасні сорти та гібриди повинні максимально відповідати інтенсивним та індустріальним технологіям вирощування.

Створені у світі та Україні селекціонерами сорти і гібриди зернових культур мають потенціал продуктивності, який ще не реалізований у виробництві. Межа продуктивності зернових не лише не досягнута, але навіть і ще не встановлена. Вона підвищується в міру селекційного поліпшення сортів і оптимізації умов вирощування. Однак у виробничих умовах, **рівень продуктивності** реалізується на одну третину, а в деяких випадках – лише на 20-25 %. Головна причина недоборів врожаю – невідповідність сорту, технології та економічним ресурсам поля, і навпаки: невідповідність технології, біологічним особливостям сорту й економічним ресурсам господарства.

Потенціал продуктивності сучасних сортів та гібридів зернових культур на сьогоднішній день далеко перевищує 14,0 т/га, а для кукурудзи 33,4 т/га. Вони толерантні до підвищення рівня азотного живлення, високої густоти стеблостою і практично не мають потреби в застосуванні ретардантів.

З появою сортів **напівінтенсивного** типу істотно зросли врожайність і валові збори зерна, за умови меншого ніж в інтенсивних технологіях рівня застосування засобів інтенсифікації.

Селекція високопродуктивних низькорослих сортів інтенсивного типу, що вимагали високого агрофону і диференційованої агротехніки, максимально точного обліку біології сорту і рослин, не супроводжувалася відповідним прогресом землеробства у виробничих умовах. У результаті сорти, що забезпечують вагоме збільшення врожаю в умовах високої культури землеробства на етапах їхнього створення і сортовипробування, у виробництві різко знижували врожайність. З іншого боку, адаптивні властивості **інтенсивних** сортів часто не відповідали екологічним умовам вирощування.

Сучасні високопродуктивні сорти зернових культур повинні характеризуватися стійкістю до хвороб і шкідників, адаптованістю до умов навколишнього середовища та високою якістю зерна.

Зміна клімату в останні періоди, зокрема, підвищення середньорічних температур та збільшення ризику посухи, вимагають вирощування інтенсивних, високопродуктивних та посухостійких сортів. У нашій країні створені найбільш зимостійкі та засухостійкі сорти зернових культур, ряд високопластичних сортів, добре пристосованих до різних ґрунтово-кліматичних умов. Підвищення

екологічної стійкості сортів, як найважливішого біологічного фактора інтенсифікації технологій, особливо важливе в зв'язку з тим, що значна частина земельної площі нашої країни характеризується або вкрай холодним, або вкрай посушливим кліматом.

Становить значний інтерес напрямок селекції із створення **агрохімічно ефективних сортів (АЕС)**, які забезпечують зниження витрат мінеральних добрив на 30 % і більше. Модель сортів цього типу включає фізіологічні ознаки, що характеризують стійкість рослин до вилягання, толерантність до стресових факторів (абіотичних і біотичних), а також показники, що корелюють з активним поглинанням і раціональною витратою елементів живлення. Вагоме значення в підвищенні віддачі сорту при внесенні добрив має не тільки потужний розвиток кореневої системи, але насамперед активна її фізіологічна діяльність: підвищений приплив вуглеводів до коренів, більш тривале функціонування зародкових і придаткових коренів, підвищений вміст фізіологічно активних метаболітів та ін.

В процесі підбору сортів та гібридів сільськогосподарських культур необхідно враховувати реакцію їх на фактори інтенсифікації. Відповідно до цієї особливості всі сорти та гібриди можна поділити на **інтенсивні, напівінтенсивні (пластичні) та екстенсивні сорти (гібриди)**.

Інтенсивні сорти та гібриди, в порівнянні із напівінтенсивними, вимагають високої інтенсифікації технології вирощування. В умовах зниження використання засобів інтенсифікації різко зменшують урожайність (В.Д. Паламарчук, О.В. Климчук, І.С. Поліщук та ін., 2010).

За обмеженого ресурсозабезпечення (добрив, засобів захисту тощо) на менш родючих ґрунтах та після задовільних попередників, де потенційні можливості інтенсивних сортів не можуть бути реалізовані повною мірою, доцільно використовувати **пластичні сорти**, які за даних умов здатні формувати середні рівні врожаїв.

Екстенсивні сорти – це сорти, які дають не високий, але стабільний урожай за обмеженого використання добрив та інших заходів інтенсифікації і характеризуються низьким потенціалом продуктивності.

Також у сільськогосподарському виробництві застосовують **суміші видів, сортів та гібридів** польових культур.

Мета поєднання в посіві різних за морфологічними, екологічними та біологічними властивостями представлених категорій може бути різною. В агрофітоценозах часто вирощують один сорт, який має сортові ознаки росту і розвитку, періоди вегетації, формування врожаю, відношення до екологічних чинників. На відміну від природних фітоценозів, чисті

сортів посіви мають певні характерні особливості, такі як: тривалість вегетаційного періоду, використання сонячної енергії, просторове розміщення наземних та підземних органів, їх габітус, використання елементів живлення, стійкість до несприятливих умов тощо. Тому для якомога повнішого використання чинників життя відповідно до росту продуктивності та якості врожаю, використовують багатосортіві й багатолінійні популяції.

Посіви сумішей певних видів польових культур (гетерогенні посіви) на зерно і корм, залежно від конструкції посіву, називаються **змішаними, сумісними, підсівними** або **ущільненими**, а посіви сумішей гібридів, сортів, або сортів і гібридів однієї культури – **блендами (пірамідами)**. Основними принципами формування блендів є: агрокліматична відповідність сортів, що залучаються до ценозів, їх **адаптаційна різнобічна реакція** – відповідь певним умовам поля; достатній рівень гетерогенності агробіологічних параметрів і властивостей сортів у поєднанні з їх біологічною й технологічною сумісністю; технологічна простота формування, вирощування, збирання сумісних посівів, їх агроенергоекономічна доцільність та ефективність.

Залежно від мети вирощування з таких **посівів можна отримати**: корми з більшим вмістом протеїну; посів, що не вилягає завдяки наявності в ньому виду або сорту з такою властивістю; суміш з компонентів, які мають різний період вегетації. Це інколи необхідно для збільшення періоду згодовування, поліпшення якості силосу тощо. Крім того, така **полікультура** в багатьох випадках сприяє кращому росту рослин – **компонентів суміші**. Це добре видно в сумішах ярої вики з вівсом, озимої вики з житом, де злакові компоненти краще ростуть порівняно з їх чистими посівами.

У полікультурах майже не проявляється втома ґрунту. За вдалого підбору рослин суміші більш стійкі до хвороб, шкідників і бур'янів.

Добір сортів і гібридів сільськогосподарських культур є також альтернативою застосування хімічних регуляторів росту (інгібіторів, ретардантів, дефоліантів, десикантів). Для ефективного захисту рослин у сівозміні необхідно спрогнозувати видовий склад шкідників, хвороб і бур'янів, що створить можливість краще використати в посівах певний сорт, намітити реальні заходи захисту рослин, максимально знизити застосування хімічних речовин, поліпшити екологічну ситуацію середовища.

Під час вибору **сортів озимих культур** товаровиробники звертають увагу лише на його господарські ознаки, такі як: потенційна

урожайність, якість зерна, висота рослин тощо. Але не враховують ознаки сорту (**адаптацію**): зимо- та морозостійкість, посухостійкість, стійкість до збудників хвороб та шкідників. Без врахування цих властивостей неможливо отримувати щорічно стабільний та якісний врожай озимих культур.

Концепція *«адаптивного рослинництва»* як один із варіантів компромісного землеробства, яке ґрунтується на використанні сортів (гібридів) нового типу та застосуванні невеликої кількості мінеральних добрив.

Адаптивний сорт (гібрид) має характеризуватися: 1) великою екологічною пластичністю, формувати урожай за широкої амплітуди змінюваних умов; 2) скоростиглістю; 3) високою конкурентоздатністю щодо бур'янів, стійкістю до хвороб і шкідників; 5) реакцією на поліпшення умов вирощування; 6) придатністю для вирощування в суміші з іншими культурами.

Впровадження розроблених на принципах адаптивного рослинництва технологій вирощування сучасних сортів є суттєвим засобом збільшення виробництва продукції рослинництва. Ефективність усіх факторів інтенсифікації технологій вирощування має підвищуватися на основі дедалі зростаючого рівня агротехніки. Сучасні сорти з високою потенційною продуктивністю більшою мірою «сканують» нерівномірний розподіл абіотичних і біотичних факторів середовища, тому завдання щодо одержання стабільних урожаїв нині набуває все більшої актуальності. Це потребує перегляду всієї концепції рослинництва та розробки стратегії його адаптивної інтенсифікації, яка ґрунтується на використанні адаптивного потенціалу всіх біологічних компонентів агроecosистем.

6.3. Підготовка насіння до сівби та сівба

Високоякісне насіння сільськогосподарських культур є важливим фактором сучасної інтенсивної технології. Воно забезпечує високий потенціал урожайності, за рахунок хороших посівних якостей, обробки захисностимулюючими речовинами, придатності для посіву на кінцеву густоту стояння. Якісний насіннєвий матеріал дає змогу без додаткових енергетичних затрат (добрива, пестициди) забезпечити належний ріст рослин, знизити негативний вплив бур'янів, хвороб, шкідників і на цій основі підвищити врожайність культури і якість отримуваної продукції, поліпшуючи екологічний стан поля.

За рахунок якісного насіння Україна за останні 3-4 роки збільшила урожайність зернових із 36 млн. тон до 60-73 млн. тон. Насіння в даному прирості становить до 70 %, технології і кліматичні умови відповідно по 15 %.

Для посіву за інтенсивними технологіями допускається кондиційне насіння високих репродукцій. Крім того це насіння повинно бути якісно підготовлене, відкаліброване, для більшості культур оброблене інсектицидно-фунгіцидними протруйниками. За рахунок чого виникла можливість зменшення норми висіву насіння, наприклад ріпаку – до 2,5-3,0 кг/га, цукрового буряку – до 1,0-1,1 посівної одиниці, що суттєво відрізняються від норм висіву в недалекому минулому.

Посівні та врожайні якості насіння залежать від умов вирощування. Формувати якість насіння необхідно розпочинати з вирощування на насіннєвих ділянках, у насінницьких сівозмінах.

Для одержання насіння з високими посівними якостями зібраний **урожай доробляють**, тобто очищують від рослинних решток, незрілого насіння, насіння інших культур, бур'янів, шкідників. Післязбиральну доробку зерна доцільніше здійснювати на потокових лініях типу «Петкус» або механізованих токах, де окремі машини для первинного очищення, сортування, просушування і затарювання об'єднані в одну потокову лінію. Для очищення, просушування, сортування насіння використовують машини ОВП-20А, ЗАВ-20, ЗАВ-40, ОС-4,5А, КЗС-40 та ін. Його очищують від домішок насіння бур'янів, щуплого і битого насіння культури, підбираючи відповідні решета і трієри.

Важко відокремлювані домішки, близькі за розмірами до насіння основної культури, відокремлюють на очисних машинах, використовуючи аеродинамічні властивості, щільність і особливості поверхні насіння та домішок. В цих умовах легко відокремлюється насіння бур'янів із великою парусністю і невеликою масою, наприклад, насіння редьки дикої від насіння ячменю, пшениці, люпину на пневматичних сортувальних столах ПСС-2,5. Ріжки з насіння жита можна відокремити за допомогою розчинів відповідної щільності. На гірках, у циліндрах із повстяною поверхнею відокремлюють вівсюг від насіння вівса. На гірках з гвинтоподібною поверхнею (змійках) очищують насіння гороху, вики від битого насіння цих культур та насіння інших культур і бур'янів. Для очищування насіння дрібнонасінних бобових трав, льону від насіння бур'янів із шорсткою поверхнею (кускути (повитиці), пажитниці п'янкої та ін.), його обробляють залізними ошурками і пропускають на електромагнітних

машинах.

Насіння кукурудзи, соняшнику, цукрових буряків, рицини та інших культур **калібрують**, тобто розділяють на окремі фракції за розмірами (довжиною, товщиною, шириною). **Каліброване насіння** висівають сівалками точного висіву, що забезпечує рівномірний розподіл насіння на площі.

Обов'язковим агротехнічним прийомом **передпосівної підготовки насіння є протруювання (знезаражування)** від збудників грибкових і бактеріальних хвороб рослин, які знаходяться на поверхні або усередині насінин, бульб тощо, а також підгризаючих ґрунтових шкідників. Проведене, завчасно, протруювання підвищує схожість насіння на 20-24 %. Найбільш поширеним і високоефективним є знезараження насіння за типом **інкрустування**, тобто протруювання з фіксуванням захисних сполук на насінні вільними речовинами. Закріплені у плівці на насінні пестициди не розпилюються і не змиваються з нього, перешкоджають проникненню шкідливої мікрофлори в насіння навіть у ґрунті. Плівкоутворювачі закріплюють пестициди на насінні, не змінюють його форми, закривають тріщини та інші пошкодження на насінні, що запобігає зараженню його в ґрунті. Частіше для інкрустування використовують полівініловий спирт (ПВС), який застосовують у вигляді 5 % водного розчину, натрієву сіль карбоксиметилцелюлози (NaКМЦ) – у вигляді 2 % водного розчину, з розрахунку 10 л робочого розчину на 1 т насіння. Як плівкоутворювач можна використовувати РКД (4 л РКД, розчинених у 7 л води на 1 т насіння), крохмальний клейстер. Широко використовують **плівкоутворювальні протруювачі** уніш, закруст, промет та ін.

У практиці вирощування багатьох культур широко застосовують **дражування насіння** – нашаровування на насінні захисних поживних органічних і мінеральних речовин із метою надання йому зручної для висіву кулястої форми. До дражуючих сумішей додають органо-мінеральні поживні речовини, мікродобрива, бактеріальні препарати, протруювачі й активізуючі ріст речовини. При використанні дражованого насіння необхідно враховувати, що для проростання воно вимагає більшої кількості вологи для отримання сходів.

Щоб забезпечити більш ранню сівбу пізніх ярих культур (кукурудзи), використовують **гідрофобізацію насіння** – покриття насіння плівками з речовин, які розчиняються в ґрунті за умови достатнього зволоження і лише за температури, сприятливої для проростання насіння даної культури.

Для знезаражування доцільніше використовувати комплексні препарати, що діють не лише на хвороби, а й на ґрунтові шкідники. Найбільш поширені іншурTM перфом, кіндо® дуо, байлетон, фентіурам, панорам, вітавакс, байтан, фундазол та ін. Витрата препаратів – 150-300 г на 0,1 т насіння.

Протруювання проводять за 2-3 тижні до сівби на машинах ПС-10А, ПС-30, АПК-20 «Супер», ПНШ-3 «Фермер», ПШ-5, «Мобітокс-Супер», КПС-10, КПС-40, АПС-4А та ін. Кожний з препаратів має певний спектр дії, тому їх використовують з урахуванням найбільш поширених у даних умовах хвороб і шкідників.

Якщо немає можливості зробити інкрустацію насіння, знезаражування проводять *напівсухим* або зі *зволоженням* способом (5-10 л робочої водної суспензії на 1 т насіння) з обов'язковим додаванням клейких речовин (спиртової барди, ОП-07, патоки та ін.) для утримування протруювачів на поверхні насіння.

Напівсухе протруювання плівчастих хлібів (ячмінь, овес, просо) можна здійснювати розчином формаліну. На 1 т насіння беруть 30 л розчину, який складається з 1 частини 40 %-го формаліну і 85 частин води. Обприскане і ретельно перемішане насіння витримують під брезентом упродовж 4 годин, а потім просушують. При мокрому протруюванні на 1 т насіння беруть 100 л розчину (1 частина 40 %-го формаліну і 300 частин води).

Проти летючої сажки пшениці та ячменю застосовують **термічне знезараження насіння**. Насіння замочують у воді за температури +28-32 °С впродовж 4 годин (за цей період спори проростають), а потім витримують за температури +52-53 °С на протязі 7-8 хв (спори гинуть). Після цього насіння охолоджують у холодній воді й підсушують. Застосовують також однофазне прогрівання насіння протягом 4-4,5 год. за температури +45-46 °С при допомозі машини КТС-0,5.

Одним із прийомів підготовки насіння до сівби є **повітряно-теплове обігрівання**. Насіння витримують під сонячним випромінюванням протягом 3-5 днів або проводять активне вентилявання підігрітим до +30-35 °С повітрям.

Насіння зернобобових культур перед сівбою **інокулюють**, тобто обробляють нітрагіном, ризоторфіном, азотобактерином – препаратами, які містять бульбочкові бактерії або вільноживучі в ґрунті азотфіксуючі бактерії відповідного штаму.

Інокуляція насіння фосфобактерином поліпшує фосфорне живлення рослин.

Для боротьби з виляганням посівів насіння обробляють ретардантами. При цьому глибше формується вузол кущення і підвищується зимостійкість рослин, але знижується польова схожість насіння.

У бобових трав, хрестоцвітих культур, багаторічного люпину та ін. насіння, має непроникну для води і повітря оболонку (твердокам'яне насіння). Для підвищення схожості таке насіння *скарифікують* – пошкоджують механічним або хімічним способом насінну оболонку, роблять її проникною для води і повітря.

В овочівництві, картоплярстві застосовують прийоми попереднього пророщування насіння, обробку стимулюючими речовинами.

Досліджуються і розробляються ефективні прийоми обробки насіння струмом великої напруги, ультразвуком, рентгенівським, лазерним і інфрачервоним випромінюванням тощо.

Сівба за інтенсивної технології повинна виконуватися в оптимальні строки. Для покращання екологічних показників, у першу чергу, зменшення ущільнення ґрунту при посіві, забезпечення достатнього тягового зусилля під час обробітку ґрунту, колісні трактори використовують з **подвоєними шинами**. Коли вартість додаткових шин і складність переобладнання наближається до вартості гусеничного ходу, це стає вагомим аргументом щодо застосування екофільних гусеничних рушіїв. Провідними зарубіжними фірмами (Caterpillar, Case, John Deere) створені гусеничні трактори, обладнані гумово-тросовою гусеницею, яка має довговічність в 1,5-2 рази більшу, ніж шини колісних тракторів.

Строки сівби мають важливий вплив на формування продуктивної конструкції посіву, перезимівлю озимих культур, фітосанітарний стан та продуктивність культури.

Під час виконання сівби необхідно рівномірно за глибиною та довжиною рядка розміщувати насіння в добре розпушений і зволожений дрібно-грудочкуватий посівний шар ґрунту. Оптимальна глибина загортання насіння більшості культур 2-5 см. Її збільшують на 1-2 см за умов дефіциту вологи в посівному шарі ґрунту і зменшують у випадках висіву напівкарликових сортів. Після сівби, в умовах дефіциту вологи, за необхідності поле прикочують котками. На визначення глибини посіву впливає також механічний склад ґрунту та розміри насіння.

Основні вимоги до виконання сівби: 1) прямолінійність рядків; 2) однакова ширина міжрядь; 3) рівномірне розміщення насіння на встановлену глибину і довжину рядка; 4) відсутність просівів і надмірного перекриття на стиках суміжних проходів сівалки; 5)

додержання заданої норми висіву.

За інтенсивною технологією культур суцільного способу сівби можуть залишати **технологічну колію** завширшки 1350 мм, яка в подальшому дає змогу більш якісно здійснювати догляд за посівами – вносити добрива, засоби захисту рослин.

Сівбу можна проводити у підготовлений ґрунт (традиційна технологія), або у необроблений ґрунт (за нульової технології вирощування). Якісне виконання сівби залежить від наявної у господарстві посівної техніки.

На думку В. В. Лихочвора В. Ф. Петриченка (2006), ще одна можлива **революція в технологіях**, яка є на часі в Україні, це кардинальне зменшення (в 1,5-2,0 рази) норм висіву зернових культур. З нас сміються фахівці всього світу, довідавшись, що в Україні висівають 5-6 млн./га, або 300 кг/га і більше насіння озимої пшениці.

Дуже прикро, але до цього причетні також поважні селекцентри – оригінатори насіння, які дають надмірні, науково необґрунтовані норми висіву в своїх рекомендаціях. Адже високі норми висіву зернових на рівні 5-6 млн./га зазвичай доцільно застосовувати лише за незадовільній якості насіння, неякісній підготовці ґрунту до сівби, пізніх строках сівби або при бажанні продати більші обсяги насіння.

Основою технології No-till є відповідна сівалка, яка призначена для нульової технології. Для цієї технології можуть використовуватись такі сівалки: SEMEATO (TDNG 420, TDNG 520, LAND MASTER 11 або 13, SSM 27, SHM 11 або 13), Salford 580, Maxim II Great Plains PH 2000F, Great Plains NTA-3510 та інші.

Посів даними сівалками можна проводити із внесенням мінеральних добрив під насіння на глибину до 18 см і при цьому не рихлячи ґрунт між рядками. **Використання** даних **сівалок** дає змогу: 1) розрізати будь-які рослинні залишки і проводити **«невидимий»** посів; 2) проводити рівномірний посів на задану глибину (від 1,5 до 12,0 см з кроком 0,5 см) всіма сошниками незалежно від мікрорельєфу; 3) забезпечувати просторове регулювання норми висіву насіння і рівномірне розміщення насіння в рядку; 4) забезпечувати тиск на сошник від 60 до 180 кг/см²; 5) копіювати мікрорельєф ґрунту; 6) проводити посів у дуже вологий ґрунт.

Коток у цих сівалок розміщений із зміщенням в сторону від горизонтальної поверхні сошника, завдяки цьому одна стінка борозни не ущільнюється, в результаті чого, сходи рослини легко з'являються на поверхні.

Набувають поширення багатофункціональні комплексні агрегати, які поєднують в одному технологічному процесі обробіток ґрунту з посівом та внесенням мінеральних добрив після попередньо підготовленого фону. Їх використання дає змогу ефективно завантажити енергозасіб класу 3 або 1,4 за допомогою використання частини його потужності через ВВП та зберегти до 20% вологи в посівному шарі ґрунту.

6.4. Система обробітку ґрунту (основного, передпосівного та по догляду за посівами)

Систему обробітку необхідно розробляти виходячи від впливу попередника. Обробіток ґрунту дає можливість створювати оптимальні умови середовища, в якому розвивається рослинний організм, шляхом поліпшення фізичних властивостей ґрунту, створення умов для оптимізації водного, теплового, повітряного і поживного режимів.

Використання ґрунтообробної техніки та диференціація технологічних процесів і засобів механізації обробітку ґрунту визначається досягненням максимальної відповідності між можливостями машинно-тракторних агрегатів з одного боку, ґрунтово-кліматичними умовами й агротехнічними вимогами до них – з іншого.

Механічний обробіток руйнує природну будову ґрунту, яка інколи є оптимальною для певних культур. Залишення ґрунту без природної мульчі (підстилки, дернини), розпилення верхнього шару, створює передумови для посилення стікання, ерозії, дефляції. Внаслідок механічного обробітку проходить руйнування ґрунтових зооценозів, скорочення зоонаселення, руйнування ходів черв'яків і коренів, зниження здатності до біологічного саморихлення. Під дією машин і робочих органів, ґрунт часто переущільнюється, що викликає необхідність чергового рихлення, створюючи шкідливе коло. В зв'язку із цим переущільнюється підорний шар, утворюється плужна підошва.

За умов інтенсивного обробітку проходить активна мінералізація органічної речовини ґрунту (гумусу), спостерігається непродуктивна витрата гумусу. Обробіток ґрунту вимагає великих матеріальних і енергетичних витрат.

Сукупність окремих заходів (прийомів) обробітку ґрунту в порядку їх виконання, для знищення бур'янів і створення сприятливих умов для росту культурних рослин, визначає **систему обробітку ґрунту**, яка включає основний, перед- та післяпосівний обробіток.

Системи обробітку ґрунту визначаються технологічними схемами вирощування культури та її біологічними особливостями, ґрунтово-кліматичними умовами господарства, ступенем еродованості ґрунтів та забезпеченням їх вологою, забур'яненістю полів.

На разі існує декілька систем основного обробітку ґрунту: **традиційна**, яка включає оранку, луцення стерні, дискування та культивуації; **мінімальна (Mini-till)**, або **ґрунтозахисна**, що базується на проведенні безполицевого обробітку та використанні широкозахватних комбінованих агрегатів, що за один прохід виконують декілька технологічних операцій і дають змогу створювати шар мульчі та **нульова (No-till)**, яка базується на прямому посіві у необроблений ґрунт.

Традиційна система обробітку ґрунту. Основним прийомом даної системи обробітку ґрунту є полицева **оранка**. Під час якої перевертається і розпушується орний шар, підрізаються бур'яни, заробляються в ґрунт добрива та післяжнивні рештки.

Для забезпечення більш повного перевертання, розпушування і кришіння ґрунту, заробки післяжнивних решток плуги обладнують передплужниками, які встановлюють перед кожним корпусом.

Передплужник зрізує та скидає на дно борозни верхній шар ґрунту товщиною 10-12 см. Основний корпус плуга піднімає нижню частину орного шару і прикриває ним шар ґрунту, знятий передплужником. Оранку плугом із передплужником називають культурною і застосовують на ґрунтах із глибиною орного шару не менше 20 см. Передплужники не використовують, якщо в ґрунт заорюють гній, мінеральні добрива, для переорювання та обробітку осушених боліт з товстим шаром торфу, нещодавно розкорчованих ділянок.

Під час перевертання пласта перемішуються верхній родючіший та більш розпилений шар ґрунту з менш родючим нижнім, що поліпшує фізичні властивості ґрунту, сприяє біологічній активізації орного шару.

Розпушування і кришіння ґрунту поліпшує його водо- і повітропроникність, життєдіяльність мікроорганізмів, умови росту рослин, за рахунок зменшення розмірів ґрунтових частинок, взаємного їх перемішування, підвищує пористість, зменшує щільність ґрунту.

Перемішування ґрунту сприяє створенню однорідного орного шару, більш рівномірному розподілу в ньому поживних речовин.

Прихильники оранки вважають, що плуг залишається основним знаряддям для обробітку ґрунту, адже оранка має три головні переваги для рослинництва:

- створює чисту якісну поверхню ріллі та сприятливі умови для

посівного ложа, освіжає ґрунт та заорює бур'яни на дно борозни;

- збагачує ґрунт органікою природним і недорогим методом;
- відновлює структуру ґрунту, забезпечує відмінний дренаж, аерацію та розподіл мінералів.

Для проведення оранки використовують навісні, напівнавісні та причіпні плуги. Глибина оранки залежить від ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей вирощуваних культур. Оранка може бути **мілкою** (до 14 см), **звичайною** (14-24 см), **глибокою** (25 см і більше) та **плантажною** (понад 40 см). Плантаж проводять під час закладання садів та ягідників. Під корене- та бульбоплоди глибина оранки складає 30-32 см, кукурудзу та соняшник – 25-27 см, зернові культури – 20-22 см. На підзолистих, солонцюватих, світло-сірих опідзолених ґрунтах із неглибоким орним шаром, його поглиблюють поступово, з обов'язковим внесенням органічних та мінеральних добрив.

Для виконання оранки на середню глибину (14-24 см) перевагу слід надавати плугам загального призначення (ПМУ-5-40, ПНУ-8-40), і зокрема, обертотним (ПО-3-40, ПНО-5-40).

Ярусна оранка відповідає умовам відтворення гумусу, знищує пророслі дводольні та однорічні злакові бур'яни, зменшує на 30-60 % кількість пророслих бур'янів з насіння, кореневищ і паростків. Вона дає змогу не лише ефективно заробити гній або сидерати, краще розпушити ґрунт і вирівняти оброблену поверхню, але й скоротити кількість передпосівних операцій обробітку ґрунту під просапні культури.

Лущення та **дискування** здійснюється після збирання культур суцільного способу сівби. Його застосовують для розпушування, часткового перевертання та перемішування ґрунту, а також для підрізання бур'янів, для збереження і нагромадження в ґрунті вологи, знищення шкідників. Запізнення з лущенням, сприяє швидкому висиханню ґрунту і ефективність даного заходу істотно знижується. Своєчасне лущення поліпшує якість оранки, зменшує питомий опір ґрунту під час обробітку. Для лущення застосовують дискове та лемішне знаряддя. **Дискування** проводять для подрібнення рослинних решток.

Плоскорізи та **розпушувачі (чизелі)** слід використовувати в зонах недостатнього зволоження, на агрофонах з незначною кількістю (до 30 т/га) рослинних решток, замість веснооранки. Це дає можливість на 20-40 % скоротити терміни проведення основного обробітку ґрунту, зменшити на 6-12 кг/га витрати пального, вирішити нагальні проблеми захисту ґрунтів за лімітованого енергозабезпечення. Важливу роль відіграє ця група знарядь для обробітку схилів (до 8°) земель,

зокрема, за впровадження контурно-меліоративної ґрунтозахисної системи землеробства.

Ущільнення ґрунту в Лісостепу України ходовими системами машин є одним із чинників, що обмежують ріст і розвиток сільськогосподарських культур. Робота важких агрегатів на полях, особливо у весняний період, призводить до ущільнення ґрунту на глибину до одного метра і більше. Багаторазовий обробіток ґрунту на одну і ту саму глибину викликає утворення «підшви» з об'ємною масою $1,8-2,1 \text{ г/см}^3$, що різко зменшує можливості нормального розвитку коріння рослин і загальний об'єм кореневої системи. Такі проблеми дає змогу вирішувати **чизелювання ґрунту**, яке є різновидом глибокого розпушення ґрунту (мінімальна ширина розпушеної смуги при максимальній її глибині). На схилах, за чизелювання ґрунту запаси вологи збільшуються на 40-50 мм. Ерозійні процеси зменшуються в 3-5 разів. Чизелювання ґрунтообробними знаряддями (АЧП-2,5, АЧП-4,5, ПЩН-2,5, ПРПВ-5-50 та іншими) покращує водно-повітряний стан ґрунтового середовища, запобігає змиву ґрунту. Чизелювання зябу являє собою утворення періодично розміщених розпушених смуг глибиною до 40 см.

Передпосівний – обробіток ґрунту направлений на вирівнювання поверхні, накопичення і зберігання вологи, очищення поля від бур'янів, ущільнення та створення насінневого ложе. Проводять його одночасно із посівом або незадовго до посіву, на глибину загортання насіння, не допускаючи розриву між передпосівним обробітком ґрунту та посівом.

Після посіву, **насіння спочатку повинне прорости**, а потім укорінитися. Ці дві фази відбуваються в двох різних шарах ґрунту. Проростання відбувається ближче до поверхні, а укорінення – в більш глибоких шарах, тому необхідне, під час сівби, утворення насінневого ложе.

Культивація забезпечує розпушування, перевертання ґрунту, підрізання бур'янів. Виконують її просапними, паровими та універсальними культиваторами. Основними робочими органами культиваторів є лапи різних типів. Долотоподібні, пружинні лапи використовують для розпушування чистих від бур'янів ґрунтів. Підризальні лапи (стрілчасті, плоскорізальні, стрілчасті універсальні) використовують для неглибокого розпушування ґрунту. Під час такого обробітку шари ґрунту не перевертаються, але бур'яни добре підрізаються.

Для вирівнювання та неглибокого розпушування верхнього шару

ґрунту використовують **шлейфи**. Шлейфування поліпшує умови сівби, догляд за посівами та збирання врожаю.

Якісний передпосівний обробіток ґрунту вирішує проблему боротьби з бур'янами і створює ідеальні умови для посіву насіння, зменшує пошкодження родючого шару ґрунту і його ущільнення.

Важливим питанням для якісного передпосівного обробітку ґрунту є використання **комбінованих агрегатів** для економії енергозатрат та затрат праці. В **комбінованих ґрунтообробних машинах** для поверхневого обробітку ґрунту, в тому числі й передпосівного, забезпечується ешелонованість розміщення робочих органів та збільшення загальної ширини захвату.

При застосуванні **комбінованих ґрунтообробних машин** відбувається заміна 5-6 одноопераційних агрегатів; скорочення на 30 % витрат пального, праці, строків виконання робіт; збереження вологи в ґрунті; створення однорідного за щільністю посівного шару ґрунту.

У сучасних технологіях часто боротьбу з бур'янами проводять за допомогою гербіцидів. Не рекомендується проводити розпушування міжрядь, якщо щільність ґрунту не перевищує $1,1-1,25 \text{ г/см}^3$. Для цього є **три основні причини**:

по-перше, в суху погоду цей агрозахід викликає пересихання розпушеного шару, а за відсутності вологи не засвоюються елементи живлення з верхнього удобреного шару ґрунту;

по-друге, порівнюючи глибину проникнення кореневої системи (до 2,0-2,5 м) і глибину розпушення (5-7...10-12 см), яка становить лише 5 %, важко стверджувати, що розпушення може ефективно вирішувати проблему аерації ґрунту. Проте безсумнівним є факт пошкодження кореневої системи, обривання коренів на глибину розпушення;

по-третє, розпушення забезпечує вигортання з глибших шарів насіння бур'янів (звідки воно не могло прорости) і його дружне проростання, що негативно позначиться на ефективності гербіцидів.

Післяпосівний обробіток під час вегетації рослин у системі догляду включає досходове й післясходове боронування, міжрядні обробітки (розпушення, підгортання). Досходове та післясходове боронування проводиться під прямими кутами до посіву, допускається пошкодження рослин не більше 10-15 %. Досходове боронування виконується у фазі білої ниточки бур'янів, легкими боролами, як правило, на посівах зернових культур на 3-4 день після посіву. Післясходове боронування застосовують у фазі повних сходів культурних рослин.

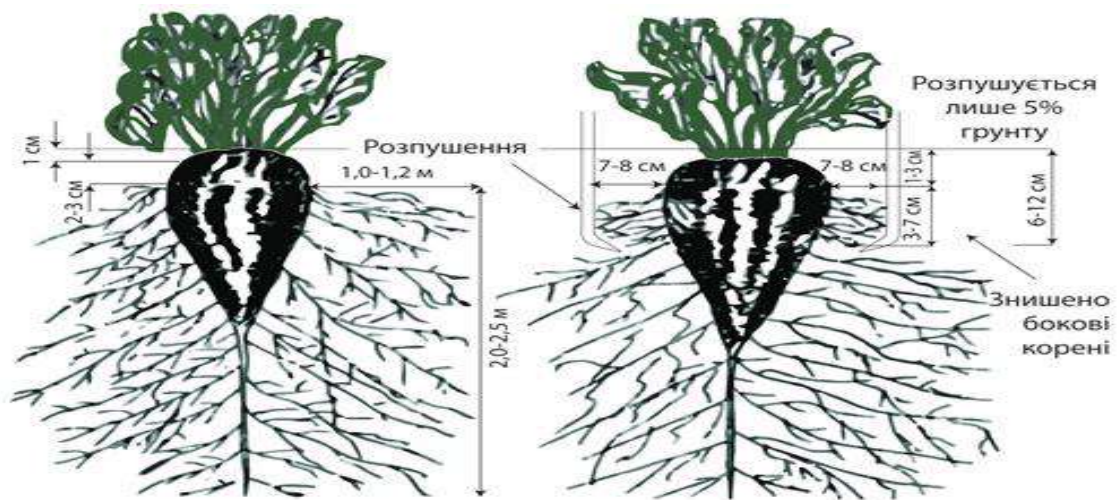


Рис. 141. Вплив міжрядних рихлень на розвиток цукрових буряків.

Під час **боронування** неглибоко розпушується і переміщується ґрунт, вирівнюється його поверхня, частково знищуються проростки та сходи бур'янів, ґрунтова кірка. Розрізняють зубові, сітчасті, пружинні, дискові та ротаційні борони. Робочими органами зубових борін є сталеві загострені зуби. Борони є важкі, середні та легкі. У важких борін маса з розрахунку на один зуб становить 1,6-2,0 кг, у середніх – 1,2-1,5 кг, у легких – близько 1 кг.

У сітчастих борін зуби невеликі, шарнірно закріплені на рухомій рамі. Такі борони добре розпушують ґрунт, знищують молоді сходи бур'янів, майже не пошкоджують культурні рослини, що добре укорінилися.

Пружинні борони розпушують ґрунт на глибину до 12 см. Використовують такі борони для обробітку полів, засмічених кореневищними бур'янами, а також на кам'янистих ґрунтах і після розкорчовування лісу.

Дуже важливо проводити боронування посівів для руйнування ґрунтової кірки, особливо на важких ґрунтах, яка обмежує доступ повітря, ускладнює проростання рослин. У результаті ґрунтової кірки рослини часто гинуть, сходи з'являються не дружні, що в кінцевому результаті знижує урожайність та якість посівів.

Для розпушування міжрядь та підрізування сходів просапних культур (букетування) застосовують просапні культиватори. Культиваторами-рослинопідживлювачами одночасно розпушують міжряддя і підживлюють культурні рослини.

Коткуванням ущільнюють і вирівнюють поверхню ґрунту, знищують ґрунтова кірку, подрібнюють брили, які утворилися під час

оранки, посилюють підняття вологи з нижніх шарів ґрунту, контакт насіння з ґрунтом, що загалом сприяє появі дружніх сходів. Для коткування використовують гладкі, зубчасті, кільчасті й кільчасто-шпорові котки.

Мінімалізація обробітку – новий, економічно й екологічно обґрунтований напрям у науці та практиці з обробітку ґрунту, що дає змогу зменшити його розпиленість, ущільнення, скоротити енергетичні, трудові, матеріальні витрати на механізовані польові роботи, зменшенням кількості та глибини обробітків, поєднанням операцій в одному робочому процесі, за екологічно обґрунтованого застосування засобів хімізації.

Багаторічними дослідженнями й виробничим досвідом доведено, що мінімалізація обробітку ґрунту доцільна за умов, коли обробіток не знижуватиме культуру землеробства, родючість ґрунту, врожайність культур і якість продукції.

Основними **умовами** ефективного застосування **мінімального обробітку ґрунту** є:

1) оптимальна будова орного шару ґрунту, коли тверда фаза і пористість мають співвідношення як 50:50, що є основною умовою створення оптимальних водного, теплового, повітряного та поживного режимів ґрунту;

2) наявність в орному шарі ґрунту не менш як 40 % агрономічно-цінної структури, за якої в ґрунті зберігається постійно розпушений стан орного шару, від чого значною мірою залежить водний та повітряний режими ґрунту;

3) забур'яненість полів, особливо багаторічними рослинами (коренепаростковими і кореневищними), виключає можливість і доцільність мінімалізації обробітку ґрунту, однак окремі дослідження засвідчують, що система мінімального обробітку має певні переваги в боротьбі з бур'янами, зокрема з пирієм повзучим;

4) високий рівень агротехніки, чітка технологічна дисципліна на полях, своєчасне та якісне проведення всіх польових робіт;

5) науково обґрунтоване застосування інтегрованої системи захисту рослин;

6) врахування основних властивостей ґрунтів і біологічних вимог сільськогосподарських культур та програмування їх урожайності;

7) висока технічна озброєність господарств.

За **мінімального обробітку ґрунту** усувається потреба в найбільш енергоємних операціях – оранці та глибокому розпушуванні. Вони, як і

поверхневий та мілкий обробіток ґрунту, поряд зі зміною будови орного шару негативно впливають на ґрунт. Щорічно на оранку в країні витрачається близько 3,3 млн. т нафтопродуктів, 40 % енергетичних і 25 % – трудових ресурсів. При вирощуванні зернових культур, під час підготовки ґрунту, догляду за посівами, збирання врожаю, сільськогосподарські машини проходять полем 5-15 разів, внаслідок чого ґрунт ущільнюється й розпилюється, а в кінцевому підсумку знижується його родючість. Часте розпушування, ґрунт активує біологічні процеси та мінералізацію органічних речовин, відбуваються значні втрати рухомих сполук азоту, фосфору, калію, інших макро- і мікроелементів, знижується гуміфікація, відбувається водна та вітрова ерозія.

Втрати гумусу нерозривно пов'язані з веденням землеробства, складовою частиною якого є система обробітку ґрунту. Віковий досвід землеробства засвідчує, що за оранки з перевертанням скиби неможливо зберігати й підтримувати запаси гумусу в ґрунтах на належному рівні.

6.5. Система захисту рослин від шкідників, хвороб та бур'янів

За даними Всесвітньої сільськогосподарської організації (ФАО) щорічно сільське господарство втрачає від шкідників, хвороб та бур'янів 25-30 % врожаю. В умовах України, коли ми маємо високо родючі ґрунти, сприятливі для розвитку рослин ґрунтово-кліматичні умови, можна різко підвищити врожай польових культур за рахунок скорочення даних втрат.

Посівам сільськогосподарських культур, плодово-ягідним, лісовим та лісопарковим насадженням, продукції рослинництва завдають шкоди понад 400 видів шкідників, 200 видів збудників небезпечних хвороб, 300 видів бур'янів.

У сучасних умовах захист рослин від шкочинних об'єктів є вирішальною ланкою в технологіях вирощування. Сучасна інтенсивна технологія вирощування передбачає **інтегрований захист** який включає в себе: агротехнічні, біологічні та хімічні методи боротьби із шкочинними об'єктами.

Інтегрований захист рослин – це комплексне застосування методів для довгострокового регулювання розвитку й поширення шкочливих організмів до невідчутного господарського рівня на основі прогнозу економічного порогу шкочинності, дії корисних організмів, енергозберігаючих і природоохоронних технологій, які забезпечать

надійний захист рослин та екологічну рівновагу довкілля. Про потенційні можливості різних методів – складових інтегрованого захисту і перспективу екологізації хімічного методу свідчить великий експериментальний матеріал, який напрацьовано в багатьох дослідних установах.

Хімічні препарати в цьому захисті застосовуються лише за врахування ЕПШ (економічних порогів шкодочинності). Хімічні засоби захисту рослин умовно можна поділити на **три групи: оригінальні препарати**, що виробляються компаніями, які створюють нові продукти та постачають їх на світові ринки (**компанії оригінатори**); **генерики** (препарати виготовлені з діючої речовини, патент якої уже закінчився) та **підробки**.

За оцінками експертів близько 50 % пестицидів, які реалізуються в Україні є підробкою. Сучасний (**оригінальний пестицид**) окрім діючої речовини містить прилипачі, розчинники, сурфактанти, стабілізатори, наповнювачі тощо.

Оригінальні препарати ретельно вивчаються, проходять державні випробування, визначається вплив на навколишнє середовище та якість продукції.

При використанні пестицидів, система захисту в сучасній технології вирощування повинна бути побудована на основі оригінальних препаратів, що дає можливість убезпечити рослини від шкідливих організмів, максимально реалізувати закладений потенціал врожайності.

Суцільне внесення гербіцидів характерне для догляду за культурами вузькорядного та звичайного рядкового способу сівби посіву (зернові, трави тощо), але воно не завжди виправдане при вирощуванні просапних. Для просапних культур доцільно поєднувати стрічкове внесення гербіцидів із міжрядним механічним обробітком культиваторами прецесійного типу («Плай-М», КРН-5,6 і т. п.). Така технологія дає змогу зменшити витрату гербіцидів при вирощуванні цукрових буряків на 50 %, а кукурудзи та соняшнику – на 70 %.

Сучасні обприскувачі повинні бути забезпеченні баком для миття рук та полоскання системи, змішувачем, маркером, комплексом розпилювачів, комп'ютером, що керує обприскуванням, системою стабілізації при русі на нерівній поверхні. Вони поділяються на навісні, причіпні та самохідні; польові, садові та спеціальні; штангові і вентиляторні.

Штангові обприскувачі є досить продуктивними машинами, мають значну гаму модифікацій для різних умов застосування в

рослинництві. Місткість баків залежить від типу обприскувача та його продуктивності. Спостерігається тенденція до збільшення місткості баків. При цьому виходять із того, щоб запасу робочої рідини в баку було досить на роботу в проміжок від напівзміни до повної зміни. Розпилювачі обприскувачів призначені для дозування та попереднього або остаточного подрібнення пестициду.

Залежно від норм витрат робочої рідини розрізняють **звичайне** (витрата робочої рідини 200-300 л/га) та **малооб'ємне обприскування** (140 л/га), які відрізняються тим, що одна й та ж сама кількість пестицидів розподіляється у різному об'ємі рідини. Застосовують і **ультрамалооб'ємне обприскування** (менше 140 л/га) – невеликою кількістю рідкого концентрату пестицидів без розведення водою.

Для регулювання норми витрати робочої рідини під час обприскування необхідно знати калібровку форсунок. Для перевірки форсунок на всьому оприскувачу необхідно: 15 хвилин, мірний стакан і секундомір.

Промитий від робочого розчину оприскувач заповнюється водою, на ньому виставляється тиск в 3 бари і вимірюється витрата за 1 хвилину 4-6 шт. розпилювачів на всьому оприскувачі. Це буде достатньо, для того щоб мати повну картину про стан форсунок на всьому оприскувачі. Якщо витрата відрізняється більше ніж на 10 % від табличного значення, то необхідно замінити весь комплект форсунок.

Для правильного вибору форсунок необхідно пам'ятати, що контактними препаратами необхідно рівномірно покривати всю оброблювану поверхню, а системні препарати, навпаки, бажано наносити на нижню частину культури, після чого вони поширюються по всій рослині.

В процесі обробки посівів пестицидами необхідно враховувати фактори, які впливають на рівномірність внесення:

- **навколишнє середовище** (швидкість вітру, температура, вологість повітря);
- **характеристика вегетації рослин** (структура рослин, висота рослин, щільність листків);
- **фізико-хімічні властивості препарату** (поверхневий натяг, в'язкість, крайовий кут, якість зволоження);
- **технічні умови** (швидкість руху, відстань між обладнанням та культурою, кількість води, тиск, тип форсунок).

Вплив швидкості руху обприскувача на рівномірність внесення робочої рідини наведено в таблиці 39.

39. Вплив швидкості руху на знос робочої рідини

Швидкість руху, км/год	Знос препарату, %
4	100
8	151
16	241

Із даних таблиці 39 видно, що найбільшу рівномірність внесення досягають за швидкості руху обприскувача 4 км/год, при збільшенні швидкості у два рази зростає знос препаратів на 51 %, а за швидкості 16 км/год знос становить 241 %.

Отже, за інтенсивної технології вирощування для рівномірного внесення пестицидів швидкість руху обприскувача не повинна перевищувати 4-6 км/год.

На якість та рівномірність внесення препаратів суттєво впливає і швидкість вітру (табл. 40). Найбільш, якісним внесення пестицидів та агрохімікатів буде за швидкості вітру 1 м/с, суттєва нерівномірність внесення спостерігається за сили вітру 2 м/с.

40. Вплив швидкості вітру на знос препарату

Швидкість вітру, м/с	Знос препарату, %
1 (легке шелестіння)	100
1,5	146
2 (листя рухається)	225

Крім того, на якість обробітку препаратами впливає і величина капелі під час внесення (табл. 41).

Розпилювачі класифікують за принципом дії та призначенням. За принципом дії **розпилювачі розподіляють на чотири типи: відцентрові, струменеві, пневматичні та такі, що обертаються**. Вони можуть давати розпил у вигляді суцільного порожнистого конуса, віяла, суцільного та відбивного струменя. Особливу увагу при виборі польових обприскувачів необхідно звертати на конструкцію штанги та її механізму копіювання поверхні поля, наявність автоматичної системи узгодження норми внесення препарату з поступальною швидкістю руху агрегату тощо. Найвищу продуктивність забезпечують самохідні машини.

Крім того не варто забувати, що **площа листової поверхні** збільшується в процесі вегетаційного періоду, і в зернових вона може становити від 40 до 125 тис. м²/га.

41. Швидкість падіння краплин та знос препарату

Розмір краплин в мікронах (1)	Швидкість падіння см/с	Час до цільової поверхні з 70 см в с (2)	Знос в метрах при 5 м/с (3)
50	7,2	12,6	50
100	25,0	3,6	14
150	46,0	2,0	8
200	70,0	1,3	5
300	115,0	0,8	3
500	200,0	0,5	2

(1) : мікрон = 0,001 мм; відповідно до цього тут: 0,050 до 0,50 мм

(2) : середній склад рослин, а також вплив швидкості руху

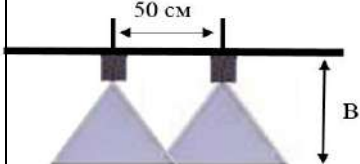
(3) : 5 м/с = границя для заходів із захисту рослин, відповідно «добрий професійній практиці»

Примітка: 7,2 км/год, відповідає 2 м/с

при їзді проти вітру за швидкості вітру 5 м/с рух повітря досягає 7 м/с, за їзди за вітром – лише 3 м/с

Тому витрата води повинна відповідати площі оброблюваної поверхні, щоб розподілити біологічно активну речовину рівномірно. Для оптимального внесення препаратів, для прикладу, на зернові культури, рекомендується мати два комплекти розпилювачів (форсунок). Один комплект двоструйних інжекторних (IDKT, IDTA) і один комплект одноструйних інжекторних (IDK, ID) (табл. 42).

42. Діапазон оптимальних робочих тисків

ID	01 – 04:	3.0 – 4.0 – 8.0 atm
ID	05 – 08:	2.0 – 4.0 – 8.0 atm
IDTA	02 – 08:	2.0 – 4.0 – 8.0 atm
IDK/ IDKT	01 – 03:	1.5 – 3.0 – 6.0 atm
IDK/ IDKT	04 – 06:	1.0 – 3.0 – 6.0 atm
AD:		1.5 – 3.0 – 6.0 atm
LU:		1.5 – 2.5 – 5.0 atm
ST:		2.0 – 3.0 – 5.0 atm
		
80° / 90° :	B =	60 – 75 – 95 cm
110° / 120° :	B =	40 – 50 – 70 cm

Оптимальний **вибір розпилювачів** залежить від поєднання двох **факторів**: стадії розвитку культури і характеристики препарату. Також

необхідно враховувати погодні та інші умови, від яких буде залежати режим роботи і типозамір розпилювачів (табл. 43):

**43. Таблиця для корегування норми виливу розчину
оприскувачами**

тип форсунки	тиск, атм	л/хв	л/га									
			5,0 км/год	6,0 км/год	7,0 км/год	8,0 км/год	10,0 км/год	12,0 км/год	16,0 км/год	20,0 км/год	25,0 км/год	10,0 км/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
IDK 01 ID	1,5	0,28	67	56	48	42	34	28	21	17	13	11
	2,0	0,32	77	64	55	48	38	32	24	19	15	13
	2,5	0,36	86	72	62	54	43	36	27	22	17	14
	3,0	0,39	94	78	67	59	47	39	29	23	19	16
	3,5	0,42	101	84	72	63	50	42	32	25	20	17
	4,0	0,45	108	90	77	68	54	45	34	27	22	18
	4,5	0,48	115	96	82	72	58	48	36	29	23	19
	5,0	0,51	122	102	87	77	61	51	38	31	24	20
IDK IDKT 015 ID	6,0	0,55	132	110	94	83	66	55	41	33	26	22
	7,0	0,60	144	120	103	90	72	60	45	36	29	24
	8,0	0,64	154	128	110	96	77	64	48	38	31	26
	1,5	0,42	101	84	72	63	50	42	32	25	20	17
	2,0	0,48	115	96	82	72	58	48	36	29	23	19
	2,5	0,54	130	108	93	81	65	54	41	32	26	22
	3,0	0,59	142	118	101	89	71	59	44	35	28	24
	3,5	0,63	151	126	108	95	76	63	47	38	30	25
ID IDTA	4,0	0,68	163	136	117	102	82	68	51	41	33	27
	4,5	0,72	173	144	123	108	86	72	54	43	35	29
	5,0	0,76	182	152	130	114	91	76	57	46	36	30
	6,0	0,83	199	166	142	125	100	83	62	50	40	33
	7,0	0,90	216	180	154	135	108	90	68	54	43	36
	8,0	0,96	230	192	165	144	115	96	72	58	46	38
IDK IDKT 02 ID IDTA	1,5	0,56	134	112	96	84	67	56	42	34	27	22
	2,0	0,65	156	130	111	98	78	65	49	39	31	26
	2,5	0,73	175	146	125	110	88	73	55	44	35	29
	3,0	0,80	192	160	137	120	96	80	60	48	38	32
	3,5	0,86	206	172	147	129	103	86	65	52	41	34
	4,0	0,92	221	184	158	138	110	92	69	55	44	37
	4,5	0,98	235	196	168	147	118	98	74	59	47	39
	5,0	1,03	247	206	177	155	124	103	77	62	49	41
IDK IDKT 025 ID IDTA	6,0	1,13	271	226	194	170	136	113	85	68	54	45
	7,0	1,22	293	244	209	183	146	122	92	73	59	49
	8,0	1,30	312	260	223	195	156	130	98	78	62	52
	1,5	0,70	168	140	120	105	84	70	53	42	34	28
	2,0	0,81	194	162	139	122	97	81	61	49	39	32
	2,5	0,91	218	182	156	137	109	91	68	55	44	36
	3,0	0,99	238	198	170	149	119	99	74	59	48	40
	3,5	1,07	257	214	183	161	128	107	80	64	51	43
ID IDTA	4,0	1,15	276	230	197	173	138	115	86	69	55	46
	4,5	1,22	293	244	209	183	146	122	92	73	59	49
	5,0	1,28	307	256	219	192	154	128	96	77	61	51
	6,0	1,40	336	280	240	210	168	140	105	84	67	56
	7,0	1,52	365	304	261	228	182	152	114	91	73	61

	8,0	1,62	389	324	278	243	194	162	122	97	78	65
IDK	1,0	0,69	166	138	118	104	83	69	52	41	33	28
IDKT	1,5	0,84	202	168	144	126	101	84	63	50	40	34
	2,0	0,97	233	194	166	146	116	97	73	58	47	39
	2,5	1,08	259	216	185	162	130	108	81	65	52	43
03	3,0	1,19	286	238	204	179	143	119	89	71	57	48
	3,5	1,28	307	256	219	192	154	128	96	77	61	51
	4,0	1,37	329	274	235	206	164	137	103	82	66	55
ID	4,5	1,46	350	292	250	219	175	146	110	88	70	58
IDTA	5,0	1,53	367	306	262	230	184	153	115	92	73	61
	6,0	1,68	403	336	288	252	202	168	126	101	81	67
	7,0	1,81	434	362	310	272	217	181	136	109	87	72
	8,0	1,94	466	388	333	291	233	194	146	116	93	78
IDK	1,0	0,91	218	182	156	137	109	91	68	55	44	36
IDKT	1,5	1,12	269	224	192	168	134	112	84	67	54	45
	2,0	1,29	310	258	221	194	155	129	97	77	62	52
	2,5	1,44	346	288	247	216	173	144	108	86	69	58
04	3,0	1,58	379	316	271	237	190	158	119	95	76	63
	3,5	1,71	410	342	293	257	205	171	128	103	82	68
	4,0	1,82	437	364	312	273	218	182	137	109	87	73
ID	5,0	2,04	490	408	350	306	245	204	153	122	98	82
IDTA	6,0	2,23	535	446	382	335	268	223	167	134	107	89
	7,0	2,41	578	482	413	362	289	241	181	145	116	96
	8,0	2,58	619	516	442	387	310	258	194	155	124	103
IDK	1,0	1,14	274	228	195	171	137	114	86	68	55	46
IDKT	1,5	1,39	334	278	238	209	167	139	104	83	67	56
	2,0	1,61	386	322	276	242	193	161	121	97	77	64
	2,5	1,80	432	360	309	270	216	180	135	108	86	72
05	3,0	1,97	473	394	338	296	236	197	148	118	95	79
	3,5	2,13	511	426	365	320	256	213	160	128	102	85
	4,0	2,28	547	456	391	342	274	228	171	137	109	91
ID	5,0	2,55	612	510	437	383	306	255	191	153	122	102
IDTA	6,0	2,79	670	558	478	419	335	279	209	167	134	112
	7,0	3,01	722	602	516	452	361	301	226	181	144	120
	8,0	3,22	773	644	552	483	386	322	242	193	155	129
IDK	1,0	1,36	326	272	233	204	163	136	102	82	65	54
IDKT	1,5	1,67	401	334	286	251	200	167	125	100	80	67
	2,0	1,93	463	386	331	290	232	193	145	116	93	77
	2,5	2,16	518	432	370	324	259	216	162	130	104	86
06	3,0	2,36	566	472	405	354	283	236	177	142	113	94
	3,5	2,55	612	510	437	383	306	255	191	153	122	102
	4,0	2,73	655	546	468	410	328	273	205	164	131	109
ID	5,0	3,05	732	610	523	458	366	305	229	183	146	122
IDTA	6,0	3,34	802	668	573	501	401	334	251	200	160	134
	7,0	3,61	866	722	619	542	433	361	271	217	173	144
	8,0	3,86	926	772	662	579	463	386	290	232	185	154

1. Для внесення ґрунтових гербіцидів варто використовувати інжекторні двоструйні розпилювачі IDKT, IDTA. **Двоструйні інжекторні форсунки** розпилюють препарат під кутом вперед і назад, тому кожна точка поверхні обробляється чотири рази (у одноструйних – два), їх можливо використовувати для обприскування до виходу в трубку зернових культур. В зв'язку із чим робочий розчин буде

покривати всю цільову поверхню на всій висоті, досягаючи значної ефективності обробки.

2. Для внесення препаратів, як правило, системної дії, в нижній ярус стеблостою, коли культура досягла 70-80 % свого росту, необхідно використовувати одноструйні інжекторні оприскувачі IDK, ID. В даному випадку розпилювати препарат у верхньому ярусі немає доцільності та й не вигідно. Препарат потрібно вносити вертикально, зверху вниз, щоб досягти максимальної проникності в масиві, так би мовити, «пробити» стеблостій.

3. Для обробки по колосу і прапорцевому листку (наприклад, обробка фунгіцидом проти фузаріозу) – необхідно знову використовувати двоструйний інжекторний розпилювач IDKT, IDTA. Колос – це вертикальна поверхня і найвигідніше його обробляти із боку під кутом, що дозволяє нанести препарат більш рівномірно, обробляючи задню і передню сторони.

Під час обробки одноструйними розпилювачами, більша частина розчину попадає лише на передню частину колосу, через це знижується ефективність препарату.

Часто застосування пестицидів передбачає бакові суміші. Комплексне застосування пестицидів на посівах сільськогосподарських культур здійснюється як використанням сумішей препаратів, які готують перед обробкою посівів або роздільним послідовним внесенням компонентів комплексу, так і шляхом застосування спеціальних комбінованих препаратів, що випускаються промисловістю.

Розширення масштабів застосування хімічних засобів захисту рослин виявило ряд серйозних негативних наслідків: забруднення токсикантами ґрунту, нагромадження залишків препаратів та їх метаболітів у рослинницькій продукції; мутагенна дія на рослини, виникнення стійких форм бур'янів, забруднення підґрунтових вод і водойм тощо.

Особливо велику тривогу вчених і широкої громадськості викликає вплив засобів хімізації на забруднення токсикантами продукції сільського господарства. Витрату пестицидів можна зменшити щонайменше в 2 рази, обробляючи посіви кукурудзи, соняшнику та інших культур лише вздовж рядків стрічками завширшки 30-35 см. Велике значення в одержанні чистої продукції рослинництва має забезпечення господарств апаратурою для внесення хімічних засобів (зокрема, бортовими комп'ютерами, датчиками GPRS тощо). Тільки рівномірне внесення правильно встановленої дози препарату в добре

оброблений ґрунт або на вегетуючих рослинах у відповідні фази їх росту, забезпечує ефективне знищення шкочочинних об'єктів і зводить до мінімуму можливість нагромадження залишків токсикантів в урожаї.

6.5.1. Біопестициди, біодобрива і натуральні стимулятори росту

Пестициди та інші хімічні засоби для догляду за культурами поступово витісняються більш сучасними складовими. Багато із цих засобів створені на основі корисних бактерій, які сприяють росту культур і знищують патогени.

На разі досить актуальним та сучасним у системі захисту рослин є використання біологічних препаратів, тим паче що їх на аграрному ринку є велика кількість. Ефективність біозахисту підтверджена дослідно-виробничими дослідженнями провідних інститутів і лабораторій України.

Важливу роль у отримання органічної продукції відіграє біологічний метод захисту рослин. Він будується на використанні живих організмів, продуктів їх життєдіяльності та біологічно активних речовин, тобто зоофагів, ентомопатогенних мікроорганізмів, гербіфагів, антибіотиків, феромонів, ювеноїдів.

До найбільш поширених бактеріальних препаратів відноситься: триходермін, гаупсин, бактороденцид, акбітур, біополіцид (БСП), лепідоцид, пентафаг-С, різоплан, бітоксібацилін, планриз та інші. Крім того біологічний захист передбачає у боротьбі із шкідниками використання трихограми та інших хижих комах.

Триходермін створений на основі грибів роду *Trichoderma lignorum*, які відносяться до класу несправжніх грибів.

Антагоністичні властивості триходерми проявляються двояко: **по-перше**, гриб під час розмноження виробляє антибіотики, які знищують збудників хвороб рослин; **по-друге**, використання грибом чужих грибниць, в якості поживного середовища, знищує гриби паразити. Триходерма підвищує активність клітинного соку і відповідно стійкість до хвороб. Ефективно триходерма бореться з грибами роду *Cytospora*, які викликають рак і всихання пагонів кісточкових порід, з хворобами винограду, фузаріозними хворобами, аскохітозом, фітофторозом та ін. У звичайних умовах антагоністичні властивості триходерміну добре проявляються за температури +10°C і вище. Триходермін є також біодеструктором соломи і целюлозних залишків.

Застосування його передбачає обробку посадкового матеріалу,

насіння, розсади, саджанців, внесення в ґрунт перед посадкою і після збору врожаю та обприскування рослин у період вегетації.

Норма витрати для обприскування рослин 5-10 л на 1 га, для замочування насіння 30-40 г на 1 кг насіння. Період очікування відсутній.

Правильне і своєчасне застосування препарату підвищує урожайність культури на 20-30 %, знижує в 2-2,5 разу ураження кореневими гнилями, збільшує схожість та урожайність соняшнику, зернових та баштанних культур.

В якості біодеструктора добавляння триходерміну у концентрації 5 л на 100 л води на 1 т компосту, через 2 місяці забезпечує отримання добрива аналогічного 1 тонні перегною. Обробка подрібненої соломи на полях триходерміном з розрахунку 5 л на 500 л води безпосередньо перед оранкою дозволяє отримати 3-10 т органічних добрив на 1 га. Із даних трьох тон соломи на 1 га поля повертається близько 20 кг азоту, 5 кг фосфору, 60 кг калію, 4 кг натрію.

Застосуванням триходерміну в сполученні з іншими біологічними засобами захисту рослин можна значно підвищити ефективність обробки та скоротити їх загальну кількість. Наприклад, внесення триходерміну в баковій суміші із гаупсином і торфовітом після збирання зернових і технічних культур на полі де залишається стерня, солома і післяжнивні залишки (3-8 т/га), безпосередньо перед загортанням їх в ґрунт дисковою бороною або луцильником сприяє скороченню періоду розкладу.

Гаупсин – універсальний біологічний препарат для захисту рослин від шкідників та хвороб. Містить два штами біоорганізмів – **один штам** діє проти збудників грибкових хвороб (оїдіум, мільдю, чорної плямистості, сірої гнилі, борошнистої роси, парші, кореневої гнилі, бактеріозу, фітофторозу, аскохітозу, септоріозу, плодової гнилі, кучерявості), **інший** – проти комах шкідників: яблуневої плодожерки, багатьох видів листокруток, попелиць, павутинного кліща, клопа черепашки і т. д.

Гаупсин не токсичний для людини та ссавців, не накопичується в рослинах та плодах, зупиняє свою активну дію через 10-14 днів після обробки, не залишає запаху і смаку. Обробку можна проводити на всіх стадіях вегетації рослин, а також у період їх цвітіння і навіть на плодах, які дозріли. Застосовують його також для обробки насіння, розсади та саджанців.

Використання Гаупсину у технології вирощування культур дає

змогу отримати прибавку врожаю 20-50 % і більше.

Гаупсин змішується з більшістю фунгіцидів, крім бордоської рідини. Норма витрати: 300-400 г на 10 л для застосування в теплицях, присадибних ділянках та 4-6 л на 1 га. Норму витрати робочого розчину встановлюють залежно від типу обприскувача (від 200 до 400 л).

Бактороденцид препарат для боротьби з мишовидними гризунами, основою якого є штучне зараження гризунів патогенними бактеріями, які викликають захворювання (мишачого тифу) та загибель гризунів. Препарат можна використовувати протягом цілого календарного року, навіть зимою за температури до +25 °С. Норма внесення 2,0-2,5 кг на 1 га.

Він абсолютно безпечний для домашніх тварин та людей, не викликає подразнень та алергічних реакцій, не завдає шкоди ґрунту та рослинам.

Акбітур призначений для контролю чисельності личинок молодшого віку колорадського жука на картоплі, томатах, баклажанах; гусениць капустяної совки, гусениць лучного метелика на посівах цукрових, столових, кормових буряків, люцерни, соняшнику, моркви, капусти та ін.

До складу препарату входять бактерії *Bacillus thuringiensis*, які здатні формувати спори, кристали білкового ендотоксину, екзотоксини і ферменти, які викликають захворювання кишкового тракту комах.

Норма витрати 50 л/га, одна-три обробки проти кожного покоління шкідників. Ефективність препарату визначається не раніше ніж через 5-7 діб після обробки.

Біополіцид (БСП) для контролю широкого спектру фітопатогенних грибів, а також для покращання азотного живлення рослин, за ефективністю не поступається хімічним протруйникам (фундазол, максим, байтан). Даний штам здатний пригнічувати ріст фітопатогенних грибів за рахунок антифунгальних речовин, володіє хитиназною активністю, здатний фіксувати азот атмосфери.

Рекомендується для передпосівної обробки насіння злакових (пшениця, ячмінь, кукурудза), овочевих (капуста, томати, огірки, редька), і бобових культур (горох, соя, нут). Норма витрати: для всіх культур, крім овочевих, 100 мл/га або порцію насіння, для овочевих – 1-2 % від маси насіння. Препарат має добру сумісність із іншими мікробіологічними препаратами, рекомендується для застосування в комплексі із фосфоентерином, ризобофітом, агрофілом, діазофітом.

Лепідоцид препарат кишкової дії на основі бактерії *Bacillus*

Thuringiensis var. Kurstaki, для обмеження чисельності листогризух шкідників. Ефективність препарату зумовлюється наявністю у ньому життєздатних спор та білкових кристалів, токсичних для гусениць 1-2 віку лускокрилих. Параспорійні тільця (кристали) призводять до отруєння комах, а бактерії, що розмножуються в тілі комах, поступово заповнюють тканини, внаслідок чого комах гине від септицемії. Загибель починається через 2-3 доби і продовжується 10-15 днів.

Використовується для захисту: 1) пшениці ярої проти сірої зернової совки; 2) картоплі проти картопляної молі, шляхом обробки бульб перед закладанням на зберігання; 3) капусти та інших овочевих культур проти капустяного і ріпакового біланів, совок, молі, вогнівок – 2 обробки через 7-8 днів проти кожного покоління; 4) винограду проти гронової листокрутки через 8-10 днів після кожного покоління.

Лепідоцид застосовують шляхом обприскування 0,5 % водяною суспензією під час вегетації рослин у період відродження гусениць. Робочу рідину готують безпосередньо перед обробкою. Рослини рекомендують обробляти в ранковий та вечірній час за температури вищій за +13 °С. Норма використання – 1-5 л/га. Біологічна ефективність – 85-90 % на технічних та плодкових культурах, 86-89% на овочевих культурах.

Різоплан – біологічний препарат ефективний проти фузаріозу, гельмінтоспоріозу, церкоспорозу, борошнистої роси, бурої іржі, снігової плісняви, чорної ніжки, слизового і судинного бактеріозу овочевих культур. Препарат містить живі клітини бактерії псевдомонас, відселектовані на здатність ефективно пригнічувати вказані патогени.

У залежності від збудника хвороби і вирощуваної культури різоплан використовують для обробки насіння, кореневої системи розсади та черенків, а також для обприскування.

Обробка насіння зернових культур проводиться за стандартною технологією напівсухого протруювання з використанням машин ПС-10, ПСШ-3, «Мобітоксу», норма витрати 0,5 л на тонну насіння. Насіння овочевих культур обробляють у день посіву шляхом замочування їх в 1 % препараті на 1-2 години або із зволоження з розрахунку 30-40 мл на 1 кг насіння.

Рекомендований строк обробки – день посіву, можливо за 1-2 дні до посіву. Обробку бульб картоплі здійснюють за тиждень до висадки, норма витрати – 0,5-1,0 л/т.

Обприскування картоплі проти фітофторозу проводять з інтервалом 20 днів. На інших культурах рекомендовано профілактичне

обприскування за появи перших ознак хвороби. Концентрація робочого розчину для обприскування 0,1-0,2 %.

Бітоксібацилін бактеріальний препарат кишкової дії, на основі спорокристалічного комплексу та екзотоксину *Bacillus Thuringiensis* var. *Thuringiensis*. **Застосовується** у боротьбі проти **комплексу рослиноїдних шкідників** культурних рослин та плодів: 1) на картоплі, помідорах, баклажанах, перці проти колорадського жука. Обробіток здійснюється 2-3 рази, через 6-8 днів проти кожного покоління; 2) на люцерні, соняшнику, моркві, капусті проти лучного метелика – 1-2 обробки через 7-8 днів; 3) на винограді проти гронової листокрутки через 8-10 днів після появи метеликів – 1-2 обробки через 5-7 днів проти кожного покоління.

Норми використання: проти комплексу листогризучих лускокрилих – 1,5-3,0 л/га; шкідників плодів (листокрутки, в т. ч. плодожерки) – жорсткокрилі – 3-5 л/га, рослиноїдних кліщів – 4-5 л/га. Біологічна ефективність – 60-90 %.

Планриз на основі живих бактеріальних клітин *Pseudomonas fluorescens* AP-33, які виділені з природної ризосфери. Ефективний препарат проти грибкових і бактеріальних фітопатогенів – фузаріозні, гельмінтоспоріозні кореневі гнилі, фітофтороз, парша, борошниста роса, переноспороз, оїдіум, мільдю, бактеріоз, антракноз. Планриз має антимікробні і рістстимулюючі властивості.

Застосовується для передпосівної обробки насіння зернових, зернобобових, овочевих культур, картоплі, коренеплодів. Також може застосовуватись для обробки у період вегетації зернових і зернобобових, овочевих та плодових культур.

Обробку насіння Планоризом проводять за 1-2 дні до посіву, або в день посіву. Планриз екологічно безпечний препарат, нешкідливий для людей, комах, тварин, сумісний із стимуляторами росту та мікроелементами. Планриз можна поєднувати в баковій суміші з біологічними та хімічними (крім мідь- та ртутьвмісними) препаратами.

В останні роки у зв'язку з розповсюдженням стійких до антибіотиків і хімічних засобів захисту рослин штамів фітопатогенних бактерій і грибів, які уражують зернові, бобові, овочеві, плодові та інші особливого значення набула **фаготерапія** – використання біопестицидів у боротьбі із шкочинними об'єктами.

Пентафаг-С – екологічно чистий, нешкідливий для людини, тварин і комах біопестицид лікувально-профілактичної дії, який пригнічує розвиток і розповсюдження широкого спектру бактеріальних і

грибкових хвороб зернових культур (пшениця, жито, ячмінь, овес), овочевих (картопля, огірки, кабачки, помідори, цибуля, капуста), насіннячкових (груша, яблуня), кісточкових (вишня, слива, черешня, абрикос, персик) та інших плодових.

Правильне застосування препарату забезпечує майже повне пригнічення збудника бактеріального раку плодових, дірчатої плямистості кісточкових, кутастої плямистості огірків та інших гарбузових, зменшує на 75-80 % прояв парші яблуні, борошнистої роси огірків, кокомікозів вишні та черешні, несправжньої борошнистої роси – 50-70 %. Крім того препарат перспективний для захисту томатів від фітофторозу, бактеріальної плямистості, від рябухи тютюну, бактеріозів гороху, квасолі та інших бобових рослин.

Механізм дії: руйнування клітин фітопатогенних бактерій, не пригнічує рослину. Після руйнації клітини виділяється 100-200 нових часточок вірусу, здатних заражати нові клітини бактерій. Біологічно-активні речовини індукують стійкість рослин до хвороб, пригнічують розвиток фітопатогенних грибів і стимулюють розмноження мікроорганізмів антогоністів.

Препарат екологічно чистий та не має шкідливої дії на рослини в концентрації до 3 % (за більших концентрацій викликає опіки листя), має високу ступінь чутливості до інсектицидів рогор і метафос, а також до фунгіцидів катаран і полікарбоцин, не інактивується за контакту з фундазолом і бітоксібациліном, інші пестициди мають на нього слабку інактивуючу дію.

Трихограма – яйцепаразит на шкідниках польових культур – листогризух і підгризаючих совок, кукурудзяного метелика, в садах – яблуневої плодожерки і листокруток.

Кількість випуску трихограми на 1 га залежить від культури і кількості яєць совок. На посівах цукрових буряків, гороху, озимих і на попередники під озимі рекомендують наступні норми випуску (табл. 44):

44. Норми випуску трихограми

Кількість яєць шкідника на 1 м ² (шт.)	Норма випуску трихограми на 1 га (тис. особин)
до 5	10
до 20	20-30
до 50	50

Проти стеблового метелика в посівах кукурудзи норма випуску трихограми – від 100 до 200 тис. особин на 1 га, на посівах овочевих

культур – до 200 тис. на 1 га (табл. 45).

45. Застосування яйцепаразита – трихограми проти комплексу шкідників польових культур

№	Культура	Орієнтовний термін застосування, декада (місяць)	Проти яких шкідників	Норма внесення тис. особин на 1 га	Вартість 1 га \$, станом на 16.06.10 р.	Примітка
1.	Цукрові та кормові буряки	III декада травня – I декада червня I-III декада серпня	I покоління підгризаючих листогризучих совок *II покоління підгризаючих та листогризучих совок	20-50* 20-50	0,7-1,9	*в залежності від чисельності шкідників *профілактично
2.	Зернобобові	III декада травня – I декада червня	Листокрутки (горохова плодожерка)	20-50	0,7-1,9	
3.	Соняшник	III декада травня – I декада червня	I покоління озимої та інших підгризаючих совок	20-50	0,7-1,9	
4.	Кукурудза	I-III декада липня	Стебловий кукурудзяний метелик	50+50*	3,7	*два рази з інтервалом 7–10 днів
5.	Багаторічні трави	I-III декада серпня	II покоління підгризаючих та листогризучих совок	20-50	0,7-1,9	
6.	Озимі культури	I-III декада серпня – I декада вересня	II покоління озима та інші підгризаючі совки	20-50	0,7-1,9	
7.	Овочі	III декада травня – I декада червня I-III декада серпня	I покоління підгризаючих листогризучих совок, біланів II покоління підгризаючих та листогризучих совок, біланів	50-200* 50-200	1,9-7,4	*капуста-200 тис. ос. ст. буряк 50 тис. ос. морква 50 т. ос.

Обробку полів проводять у два прийоми: на початку яйцекладки шкідника і через 7-10 днів після першого, що співпадає з початком масової яйцекладки. В кожному випуску береться половина загальної норми, встановленої для даної ділянки.

Згідно досліджень проведених на землях господарства ООО «Защита Агро» в Дніпропетровській області, застосування біологічних препаратів на пшениці забезпечує підвищення якісних показників, натуру 780, вміст білка 11,8 %, клейковини 24 %. На соняшнику за рахунок застосування Гаупсину+Триходерміну прибавка врожаю

становить 0,9 т/га, на ячмені ярому – 1,5 т/га, натура – 610, за 100 % відсутності ураження хворобами.

Отже, використання біологічних препаратів у сучасних технологіях вирощування сприяє збереженню навколишнього середовища та фітоценозів, підвищує якість продукції та урожайність сільськогосподарських культур за зменшеному застосуванні синтетичних речовин (пестицидів) у захисті культур від шкочинних об'єктів.

6.6. Система застосування добрив та агрохімікатів

Органічні та мінеральні добрива сприяють розвитку потужного асиміляційного апарату рослин, знижують вміст вуглекислоти в повітрі, а також рівня екологічного забруднення та шкідливої мікрофлори. Тривале застосування органічних і мінеральних добрив, на фоні періодичного вапнування кислих ґрунтів, сприяє значному покращенню потенційної та ефективної родючості ґрунтів, поліпшує фітосанітарний стан сівозмін, дає можливість ефективніше боротися з бур'янами, хворобами і шкідниками.

Усі добрива поділяють на мінеральні й органічні, а за фізичним станом – на тверді та рідкі.

Мінеральні добрива – це продукти промислового походження, їх отримують на хімічних заводах (**азотні**: аміачна, натрієва, кальцієва селітри, сульфати та ін.; **фосфорні**: суперфосфати, фосфоритне борошно, борошно з кісток та ін.; **калійні**: хлористий калій, калійна сіль, та ін.). Промислові добрива застосовують, як правило, в гранульованому вигляді з діаметром гранул 1-4 мм. Мінеральні добрива вносять у нормі 20-600 кг/га залежно від способу внесення, потреб ґрунту та вирощуваних культур.

Згідно даних директора компанії «Інфоіндустрія» Гордійчука Д. потреба України в азотних добривах становить 2,4-2,5 млн. т в рік, із них використовується 1,6 млн. тон. Та кількість добрив, яка не виробляється в Україні експортується.

За видами добрив, раніше, 52 % в структурі азотних добрив займала аміачна селітра, зараз частина цієї суми займає КАС і карбамід. Щорічно планується застосовувати 600 тис. тон КАСів в Україні. КАС буває гранульований і кристалічний. До переваг КАСів порівняно із іншими видами азотних добрив належать низькі втрати азоту (до 10 %), тоді як в інших азотних добрив вони становлять 30-40 %. КАС замерзає за

температури -26-27°C, при цьому після розмерзання властивості його не втрачаються. Крім того мінімальна температура внесення КАСів становить +2-4°C.

У розвинутих країнах на виробництво азотних добрив витрачають майже третину енергії, яка споживається в сільському господарстві. Не меншу проблему створює і дефіцит сировини для виробництва фосфорних добрив, що зумовлює їх високу вартість.

Органічні добрива – отримують безпосередньо у господарствах (гній, рідкий гній, компости, попіл) або добувають неподалік від господарства (торф, вапнякові туфи тощо). Органічні добрива (наприклад, гній) вносять у нормі 20-60 т/га, з урахуванням їх післядії в продовж 2-4 років.

У ґрунт **добрива вносять** до сівби (основне внесення), під час сівби (припосівне) і після сівби (підживлення) **різними способами**. Серед них виділяють: **розкидання** – добрива рівномірно розподіляють на поверхневі, а потім заробляють їх ґрунтообробними знаряддями; **локальне внесення** – добрива вносять до посіву рядком або смугою на глибину більшу (на 1,5-2,0 см), ніж глибина загортання насіння; **припосівне внесення**, коли одночасно висівають у рядки добрива і насіння; **підживлення** – добрива вносять під час вегетації рослин.

Розкиданням вносять значну частину органічних добрив та приблизно ½ мінеральних. Розрив у часі між розкиданням і загортанням мінеральних добрив має становити не більше 12, а органічних – 2 годин. Останнім часом, у застосуванні мінеральних добрив перевагу надають припосівному внесенню та дробовому підживленню в певні періоди вегетації рослин.

Шляхом використання органічних добрив регулюється родючість ґрунту в інтенсивному землеробстві, відновлюються запаси органічної речовини в ґрунті. На разі виробництво органічних добрив різко скоротилось, за рахунок зменшення поголів'я тварин. Оскільки тваринництво не в змозі забезпечити виробництво органіки в таких кількостях, важливості набувають альтернативні види органічних добрив, а саме: рослинні рештки, сидеральна маса, дигестат тощо. Істотним джерелом органічної речовини можуть бути також осади стічних вод, вихід яких на міських очисних спорудах досягає близько 20 млн. т щороку, а також до 10 млн. т міського сміття. Ці добрива на даний час використовуються незадовільно, бо їх застосування для удобрення пов'язане з додатковими витратами на компостування, знезаражування, зменшення вмісту важких металів, тощо.

Зелена маса рослин, яка заробл'яється в ґрунт, щоб збагатити його органічною речовиною, називається **зеленим добривом** (сидератом). За використання сидератів у ґрунт повертається 95 % маси отриманої від фотосинтезу і 5 % взятих із ґрунту.

Сидерати істотно зменшують забур'янення, пригнічуючи бур'яни. Згідно з даними Інститут сільського господарства Полісся НААН України, за підрахунку в липні на контролі (без сидератів) на 1 м² було 131 рослина бур'янів, а під пелюшкою – 58, під олійною редькою – 50, під гірчицею – 49 рослин. Біологічна ефективність сидератів у боротьбі з бур'янами відповідно становила 56, 62, 63 %. Слід додати, що рослини бур'янів під сидератами були витягнуті, недорозвинені, з дуже малою масою і багато з них не змогли сформувати насіння.

Сидерати виконують і велику **фітосанітарну роль**, вони нейтралізують ґрунтовому, несумісність рослин, різко знижують шкоду від шкідників і хвороб. Картопля, висаджена на люпиновому сидераті, значно менше пошкоджується колорадським жуком.

Період розкладу сидератів швидкий, і в залежності від умов (температура і вологість, контакт з ґрунтом) триває 30-60 днів.

Одним із видів застосування органічних добрив є **удобрення соломою**. Розширення площ під зерновими культурами призвело до збільшення виробництва **соломи**, яку раніше майже повністю використовували як корм. Скорочення поголів'я тварин, перехід до технологій інтенсивної відгодівлі, в раціонах якої соломи немає або вона становить незначний відсоток, дає змогу широко використовувати її як джерело повернення органіки в ґрунт.

Солома є енергетичним матеріалом для ґрунтоутворення, і дає можливість завершити малий біологічний кругообіг речовин, який було розімкнено за систематичного відчуження більшої частини біологічної продукції рослин. Внесення соломи збільшує вміст гумусу, поліпшує структуру, водний, повітряний режим та вбирну здатність ґрунту знижує схильність до ерозії, стимулює процес азотфіксації. Вона є джерелом живлення для ґрунтових мікроорганізмів, без яких доступність окремих елементів живлення була б обмежена.

В останні роки з'явилися бактеріальні препарати, які активізують свою діяльність в ґрунті, особливо у поєднанні з сидератами, які ефективно працюють при компостуванні відходів рослинництва. Тривалість розкладання поживних решток при застосуванні 10-15 кг д. р. азоту на кожному тону соломи – 2,5-4,0 місяці розкладається близько 46 % соломи, а через 1,5-2 роки розкладається 80 % соломи (табл. 46).

46. Характеристика деструкторів стерні

Різновиди деструкторів	Переваги	Недоліки
Активізуючі добавки (макро- та мікродобрива, гумінові кислоти тощо)	Стимулюють розвиток аборигенних мікроорганізмів (м. о.)	Відбувається стимуляція розвитку як корисних, так і патогенних мікроорганізмів. Низький коефіцієнт розкладання. Нестабільна дія при несприятливих погодних умовах.
Ферменти (целюлоза та інші)	Прискорюють розкладання поживних решток	Не оздоровлюють ґрунт. Мають високі норми внесення. Втрачають активність за несприятливих умов. Малий термін дії. При розкладанні слугують джерелом живлення для патогенів.
Препарати, в складі яких тільки окремі види бактерій, зокрема неспорові, чутливі до опромінення, так як дріжджі або молочнокислі бактерії тощо.	Продукують вітаміни, амінокислоти, корисні органічні кислоти, антибіотики та інші БАР, які стимулюють розвиток ґрунтових сапрофітних мікроорганізмів, пригнічують патогени, приймають участь у детоксикації продуктів розкладання.	Вузький спектр дії. Низька вірогідність приживання на поживних рештках. Великий відсоток загибелі від ультрафіолету та кисню. Низька здатність до деструкції лігніну, пектину, целюлози.
Комплексні висококонцентровані препарати, в складі яких є целюлозо-розкладаючі ферменти, інші БАР, мікроорганізми різних таксономічних груп (азтофіксуючі, фосфор-, каліймобілізуючі, фунгіцидні, целюлозоруйнівні та ін.) у споровій або капсульованій формі	Комплексна та пролонгована дія: забезпечують швидке кероване розкладання решток, з подальшою мінералізацією та гуміфікацією; пригнічують розвиток патогенів та шкідників, які потрапляють у ґрунт з поживними рештками; продукують БАРи, чим прискорюють розвиток корисної аборигенної мікрофлори; розкладають фітотоксини; стійкі до негативних природних факторів; оздоровлюють ґрунт та підвищують його родючість; забезпечують гарантований економічний ефект.	Деякі штами мікроорганізмів вразливі до ультрафіолету.

Застосування деструкторів сприяє розкладанню поживних решток, оздоровленню ґрунту, збереженню продуктивної вологи, пригніченню розвитку патогенів, покращенню структури ґрунту, руйнуванню хітину (внаслідок чого зменшується популяція ґрунтових шкідників), накопиченню доступних форм N, P, K.

Недоліки розкладання поживних решток без деструкторів стерні:

- водяна витяжка зі свіжої соломи затримує розвиток рослин;
- в процесі розкладання соломи виділяються похідні фенолу, які мають токсичний вплив на рослину;
- при розкладанні соломи утворюються органічні кислоти (оцтова, масляна, щавлева та інші), які шкідливо впливають на розвиток кореневої системи рослин, порушують обмін речовин та викликають хлороз.

За витратами палива (7,8 л/га) та праці (4,43 люд. год/га) традиційна технологія застосування сидератів значно дешевша за вивезення та внесення органічних добрив. Її доцільно застосовувати, перш за все, на віддалених від ферми полях. Можлива кількість органічних залишків на поверхні поля перед їх загортанням може складати до 120 т/га. Тому потрібно враховувати диференційовані можливості ґрунтообробних машин за глибиною загортання рослинних залишків і добрив (табл. 47).

47. Вміст макро-, мікроелементів у рослинних рештках, кг

№ з/п	Назва елементу	Солома пшениці, 1 га	Рештки кукурудзи (на зерно), 1 га	Рештки соняшника, 1 га
1	N (азот)	20,0	45,0	40,0
2	P (фосфор)	10,0	18,0	20,0
3	K (калій)	32,0	100,0	130,0
4	Ca (кальцій)	35,0	-	-
5	Mg (магній)	7,0	-	-
6	S (сірка)	8,0	-	-
7	Zn (цинк)	0,20	0,1	0,08
8	Mn (марганець)	0,12	0,15	0,08
9	B (бор)	0,024	-	-
10	Cu (мідь)	0,012	0,015	0,015
11	Mo (молібден)	0,002	-	-

Технології внесення рослинної маси в ґрунт у якості добрив істотно впливають на майбутній врожай культур. Окупність їх відбувається за

зростання врожайності зернових на 0,3-0,4 т/га. **Ефективність сидеральних культур** виявляється при загортанні в ґрунт у певний період вегетації на відповідну глибину, досягненні заданої щільності ґрунту під посів основної культури тощо. Кількість рослинної сировини (сидератів) на поверхні поля істотно варіює на різних агрофонах. За кількості рослинної маси понад 5 т/га заробляти її в ґрунт доцільно ярусними плугами.

Внесення твердих органічних добрив здійснюється за **прямоточною** (ферма-поле), **перевалочною** (ферма-бурт-поле) та **двофазною технологіями**.

При застосуванні **прямоточної технології** добрива транспортують і розподіляють на полі однією машиною.

За **перевалочною технологією**, в час, не зайнятий виконанням сезонних робіт, добрива транспортують на край поля і складають у бурт, а перед оранкою розкидаються. За **двофазною технологією**, добрива, з урахуванням заданих норм внесення (від 10 до 60 т/га), купами (масою до 4 т) розподіляють на полі, а потім розкидаються спеціальними машинами (валкоутворювачами-розкидачами). Відстань між рядами куп складає 15-20 м, а відстань між купами у ряду залежно від їх величини і норми внесення коливається в межах від 30 до 50 м. Подальший розподіл добрив на полі з таких куп здійснюється за допомогою валкоутворювачів-розкидачів.

Система **мінерального живлення** являє собою вчасне забезпечення культури необхідними макро- та мікроелементами, включаючи основне підживлення та позакореневе внесення. Ефективність внесення мінеральних добрив залежить від способу внесення добрив та машин для внесення.

У системах «точного землеробства» застосовують **локально-дозоване** внесення змінних норм добрив. Для механізації внесення твердих мінеральних добрив у ґрунт використовують спеціальні туковисівні апарати, які встановлюють на комбінованих агрегатах для локального внесення, посівних та садильних машинах, культиваторах-рослинопідживлювачах, а також тукові розкидні сівалки.

На вітчизняних комбінованих машинах встановлюють тарілчасто-скребкові апарати з пальцевими ворушилками (апарати типу АТД-2), а останнім часом – катушково-штифтові або шнекові.

Найпоширенішими машинами для **внесення твердих мінеральних добрив** є навісні та причіпні відцентрові розкидачі (типу МВУ), в яких робочі органи представляють собою два відцентрових диски, як правило,

з оригінальними лопатками. Ці розкидачі призначені для поверхневого розкидання твердих мінеральних добрив, вапна і гіпсу. Робоча ширина розкидання при цьому складає від 8 до 24 м з нормою внесення в межах 0,1-1,4 т/га.

Рідкі добрива залежно від походження поділяють на органічні (рідка фракція гною), мінеральні (аміачна вода, безводний аміак) і комплексні. Поширеними способами внесення рідких добрив є **поверхневе, суцільне та локальне (міжрядне) внутрішньо-грунтове**.

Машини, які застосовують для **внесення рідких органічних, мінеральних та комплексних добрив**, мають різноманітні робочі органи, проте перевагу слід надавати штанговим патрубковим системам з центральним розподілом.

В основному застосовують **поверхневе внесення рідких органічних добрив**, але для зниження втрат поживних речовин та забезпечення екологічної безпеки доцільним є внутрішньо-грунтове внесення добрив на глибину 10-18 см.

Комплексні добрива характеризуються більш високою концентрацією, тому для підвищення ефективності й екологічної безпеки їх внесення проводиться у ґрунт лише локальним способом під час основного обробітку, суцільної культивації або підживлення під час міжрядного обробітку. Для забезпечення даних процесів широко застосовують підживлювачі-обприскувачі, які мають будову і принцип роботи, дуже схожі зі штанговими обприскувачами.

Отже, комплексне застосування сидератів, соломи та гною дають можливість покращити баланс елементів живлення в ґрунті, збільшити вміст органічної речовини та суттєво оптимізувати агрономічні властивості ґрунтів, зменшуючи внесення мінеральних добрив.

6.6.1. Елементи мінерального живлення та їх значення у новітніх технологіях

У рослинному організмі виявлено біля 78 елементів із 108 відомих у природі. Вважається, що для нормального росту та розвитку рослині необхідно близько 15 елементів: С, О, Н, N, Р, К, Са, Mg, S, В, Fe, Mn, Cu, Мо, Zn. Решту елементів можна віднести до умовно необхідних.

Всі елементи мінерального живлення органічно взаємопов'язані між собою в життєдіяльності рослини та відіграють унікальну роль.

У практиці застосування добрив найбільш раціональним поділом елементів живлення на макроелементи та мікроелементи є варіант,

запропонований Ю. А. Злобіним (табл. 48).

**48. Перелік біогенних мінеральних елементів,
(за Ю. А. Злобіним, 2004)**

Макроелементи	Мікроелементи
Азот (N)	Залізо (Fe)
Фосфор (P)	Бор (B)
Калій (K)	Молібден (Mo)
Кальцій (Ca)	Мідь (Cu)
Магній (Mg)	Марганець (Mn)
Сірка (S)	Цинк (Zn)
Натрій (Na)	Кобальт (Co)
Кремній (Si)	Йод (J)

До **макроелементів** відносяться хімічні елементи, що містяться в рослинах і ґрунті в значній кількості – від сотих часток до цілих відсотків у розрахунку на суху речовину (В. Пастернак, 2015).

До **мікроелементів** відносяться хімічні елементи, що містяться в рослинах і ґрунті в кількості, що не перевищує тисячних часток відсотка у розрахунку на суху речовину.

Такий поділ досить умовний. Наприклад, залізо за кількісним вмістом необхідно віднести до макроелементів, а за виконуваними функціями – до мікроелементів.

Макроелементи необхідні рослинам в найбільшій кількості, оскільки вони є складовими багатьох компонентів рослин, включаючи білки, нуклеїнові кислоти, і хлорофіл, важливі для таких фізіологічних процесів, як дихання, фотосинтез, підтримання осмотичного тиску. Крім того кожний макроелемент виконує властиві тільки йому одному специфічні функції (В. Пастернак, 2015).

Азот (N) найважливіший будівельний матеріал рослин, який збільшує зелену (вегетативну) масу рослин та врожайність. Він бере участь у створенні білків, як важлива складова частина знаходиться в нуклеопротеїнах і нуклеїнових кислотах, входить до складу молекули хлорофілу, вітамінів, алкалоїдів.

Ознаки дефіциту азоту. Характерними ознаками азотного голодування є сповільнення росту, пожовтінні листків із жилок листка і до країв листової пластинки, унаслідок порушення процесів утворення хлорофілу. За тривалого азотного голодування блідо-зелене забарвлення поступово переходить у жовте, оранжеве, червоне далі листки всихають та відмирають.

Фосфор (Р) один з основних макроскладників, що підвищує врожайність та якість продукції. Він відіграє вирішальну роль для фотосинтезу, передачі спадкової інформації, створенні клітинних мембран, прискорює перехід рослин до репродуктивної фази розвитку. Особливо важливе значення фосфору пов'язане з його властивістю утворювати багаті на енергію пірофосфатні зв'язки з різними органічними сполуками (аденозин-фосфати, ацилфосфати, енолфосфати), енергія яких використовується у реакціях фосфорилювання у всіх процесах життєдіяльності рослин (дихання, фотосинтез, синтез білка).

Ознаки дефіциту фосфору – уповільнюється розвиток рослин, особливо репродуктивних органів, різко послаблюється ріст пагонів і коренів, зменшується стійкість до ураження хворобами. Листки рослин набувають (спочатку по краях, а потім по всій поверхні) сіро-зеленого, червоного або червоно-фіолетового забарвлення. Ознаки фосфорного голодування наглядно виявляються на початку росту рослини (антоціанове забарвлення), коли вона має слаборозвинуту кореневу систему, яка нездатна засвоювати важкорозчинні сполуки фосфору з ґрунту.

Калій (К) головний складник, що підвищує врожайність, якість та стійкість рослин до стрес-факторів, гідратацію колоїдів цитоплазми, її водоутримуючу здатність і проникливість. Створює умови для активного синтезу білків і інших органічних сполук, регулює відкриття й закриття продихів і активує рух асимілянтів по рослині. Високий вміст калію в клітинному соку збільшує тургор клітин, захищає від в'янення. Під впливом калію рослини стають більш зимо- та морозостійкими, що пов'язано із збільшенням у клітинах вмісту цукрів і осмотичного тиску. Калій підвищує стійкість рослин до грибкових та вірусних захворювань, сприяє росту кореневої системи, підвищує кущення, інтенсивність фотосинтезу внаслідок кращого синтезу хлорофілу.

Ознаки дефіциту калію – листки на краях жовтіють, потім пожовклі тканини починають відмирати, внаслідок чого утворюється коричнева облямівка (відбувається так званий «крайовий опік»). Пожовтіння і відмирання тканин за різкого калійного голодування може поширитися і між жилками, які майже весь час залишаються зеленими. Плоди виростають дрібні, передчасно осипаються, мають низькі смакові якості.

Кальцій (Са) істотно впливає на структуру та загальний фізико-хімічний стан протоплазми, будову та проникність мембран та клітинних оболонок. Підтримуючи структуру клітинних мембран плодів

та овочів, кальцій запобігає передчасному старінню і, як наслідок, покращує можливості зберігання і транспортування плодів, необхідний для створення нуклеїнових кислот, з ним тісно пов'язані фотосинтез та енергетичний обмін, підвищує в'язкість цитоплазми, сприяючи цим кращій жаростійкості рослин, забезпечує добрий розвиток кореневої системи, сприяючи формуванню більшої кількості корневих волосків, за допомогою яких із ґрунту до рослин надходить основна маса води й розчинених у ній поживних речовин. Наявність кальцію у ґрунті нормалізує буферність ґрунтового розчину, сприяє прискоренню розкладання запасних білкових речовин під час проростання насіння, посилює обмін речовин, позитивно впливає на перетворення азотовмісних сполук у рослинах.

Ознаки дефіциту кальцію – затримується ріст листків, на них з'являються світло-жовті плями (хлоротичність), після чого вони відмирають, а старі листки залишаються нормальними. Дефіцит кальцію в яблуні проявляється у відмиранні точки росту та верхівки пагонів, на плодах з'являються бурі некротичні плями.

Магній (Mg) є обов'язковою складовою частиною хлорофілу, бере участь у процесі біосинтезу хлорофілу, активації і зв'язування ензимів, енергетичному забезпеченні клітини, входить до складу запасної речовини фітину і разом з кальцієм до складу пектинових речовин клітинних оболонок. Магній у вигляді іонів у клітинному соку підтримує осмотичний потенціал клітин, забезпечує переміщення фосфору у рослинах, процеси дихання, перетворення азоту в білок. Має активуючу дію на низку ферментів, у першу чергу тих, що забезпечують білковий і вуглеводний обміни.

Ознаки дефіциту магнію – викликає появу специфічного «мармурового» хлорозу, ділянки листової пластинки жовкнуть між жилками, а самі жилки залишаються зеленими. Поступово ці ділянки листка буріють, а потім відмирають. Спочатку це явище спостерігається на листках нижніх ярусів, а потім – і на верхніх. Ознаки дефіциту магнію особливо часто спостерігаються на легких ґрунтах, де він легко вилугується.

Сірка (S) входить до складу майже всіх білків, оскільки низка амінокислот (цистеїн, метіонін тощо) є сірковмісними, бере участь у деяких окисно-відновних процесах, сірковмісними є окремі вітаміни групи В і вітамін Н. Сірковмісні органічні речовини підтримують нормальний хід поділу клітин і ріст молодих тканин, впливають на вміст хлорофілу в листках. Залізо-сірковмісні є важливими під час переносу

електронів у реакціях фотосинтезу і азотфіксації.

Ознаки дефіциту сірки. Рослини припиняють ріст і розвиток, листки стають світло-жовтими, нагромаджують антоціани, листя набуває червонуватого кольору, згодом весь листок відмирає. Зменшується стійкість рослини проти хвороб, посухи і низьких температур. За зовнішніми ознаками дефіцит сірки подібний до азотного, оскільки азот і сірка мають подібні функції у метаболізмі рослин. Обидва ці елементи використовуються для побудови білків. На відміну від нестачі азоту, який спочатку проявляється на старих листках, нестача сірки проявляється спочатку на молодих. Стебла рослин стають тонкими, ламкими, задерев'янілими і жорсткими.

Для нормального розвитку рослин важливі не лише макроелементи але і **мікроелементи**: залізо (Fe), мідь (Cu), молібден (Mo), марганець (Mn), цинк (Zn), бор (B). Основне значення мікроелементів полягає у підвищенні активності ферментів, які каталізують біохімічні процеси (В. Пастернак, 2015). Вони здатні утворювати комплекси з нуклеїновими кислотами та іншими сполуками, впливати на фізичні властивості і структуру клітини, стан і розвиток кореневої системи, формування репродуктивних органів, тощо (табл. 49).

49. Вплив мікроелементів на біологічні процеси в рослині

<i>Біологічний процес</i>	Мікроелементи					
	B	Cu	Fe	Zn	Mn	Mo
Фотосинтез		+	+		+	
Вегетативний ріст	+			+		
Цвітіння, утворення насіння	+	+		+		
Синтез білків		+		+	+	
Синтез лігніну		+				
Біологічна фіксація		+	+		+	+
Зменшення нітратів			+			+
Дихання			+		+	
Утворення фітогормонів				+		
Транспорт цукрів	+					
Розвиток бульбочкових бактерій			+	+		+
Регулювання окислювально-відновлювальних процесів			+	+		+
Регулювання концентрації гормонів у рослині					+	

Мікроелементи входять до складу багатьох вітамінів, ферментів,

активують їх роботу, беруть участь в азотних і вуглеводних обмінах рослин, в окисно-відновних процесах, підсилюють процес фотосинтезу. Саме тому, мікроелементи не можливо замінити ніякими іншими речовинами і їх нестача може негативно вплинути на ріст та розвиток сільськогосподарських рослин.

Залізо (Fe) бере участь в обміні речовин та перетворенні енергії, регулюючи процеси окислення і відновлення складних органічних сполук завдяки здатності легко переходити з двовалентного у тривалентний стан та навпаки. Залізо зі специфічними білками утворює залізо-протеїди, які є основою ферментів цитохромної системи і відіграють важливу роль у процесах дихання. Залізовмісний білок-феродоксин бере участь у фотосинтезі та перетворенні азотних речовин.

Ознаки дефіциту заліза – молоді листки стають жовтуватими і навіть білими (хлороз), затримується ріст рослин, жилки листя спочатку залишаються зеленими, але пізніше і вони втрачають забарвлення. Рослини відстають у рості, квітки формуються дрібніші. Найчастіше дефіцит заліза проявляється на карбонатних та сильно вапнованих ґрунтах. Перешкоджає засвоєнню заліза висока вологість ґрунту та високий вміст іонів-антагоністів: P, Ca, Cu, Zn.

Марганець (Mn) входить до складу активних груп 10 ферментів, які каталізують різні ланки метаболічних процесів (фотосинтезі, диханні, відновленні нітратів, нітритів та гідроксиламіну), впливає на синтез амінокислот, поліпептидів, багатofракційних білків і вітамінів, ростові процеси, сприяє вибіркового поглинання іонів з навколишнього середовища (В. Пастернак, 2015).

Ознаки дефіциту марганцю. Нестача марганцю викликає захворювання, яке називається плямистістю листя. Уражені листки втрачають зелений колір і стають світло-зеленими. Симптоми поширюються з країв листя до середини.

Марганцеве голодування характерне тим, що в початковій стадії біля середньої жилки залишається значно більше зелених тканин порівняно з голодуванням залізним.

Бор (B) має величезне значення в синтезі вуглеводів їх перетворенні і перенесенні, активує білковий обмін, синтез і функції нуклеїнових кислот та енергетичні процеси в клітинах, сприяє синтезу стимуляторів росту, зумовлює активність ферментів, нагромадження у рослинах вітамінів, сприяє синтезу хлорофілу та асиміляції CO₂ впливає на ріст та розвиток кореневої системи, особливо молодих коренів і формування квіток, пилку, запилення, насінневу продуктивність, на розвиток точки

росту (зокрема, клітин меристеми).

Ознаки дефіциту бору насамперед спостерігаються у верхніх ярусах рослини, дефіцит бору зумовлює функціональні захворювання культурних рослин: льон уражується бактеріозом; у буряків спостерігається хлороз серцевинних листків, загнивання кореня (суха гниль); суцвіття у цвітної капусти темнішають, а в стеблах утворюється дупло з почорнілими краями; у виноградної лози розвивається некроз, тощо.

Цинк (Zn) має великий вплив на окислювально-відновлювальні процеси швидкість яких за його дефіциту істотно знижується. Концентруючись у ядрі та мітохондріях, цинк бере участь в поділі клітин та формуванні мітохондрій. Впливає на синтез і вміст вуглеводнів, фосфоліпідів, органічних кислот, фенолів. Важливою фізіологічною функцією цинку є участь у синтезі гормону росту – ауксину, тому не випадково він накопичується в молодих тканинах та зародку. Застосування цинкових добрив збільшує вміст аскорбінової кислоти, сухої речовини та хлорофілу.

Ознаки дефіциту цинку – у кукурудзи між жилками листка з'являються ясно-жовті смуги (білі плями), нові листки блідо-жовті або білі.

Мідь (Cu) входить до складу різних ферментів, активізує вуглеводний і білковий обмін, позитивно впливає на фотосинтез та синтез білка, підсилює інтенсивність дихання рослин. Велике значення мідь відіграє у формуванні генеративних органів, впливає на розвиток і будову клітин рослин, підвищує стійкість до грибкових та бактеріальних хвороб, збільшує стійкість до вилягання. Елемент приймає участь в зміцненні клітинної стінки, таким чином впливаючи на її міцність та здатність протидіяти впливу негативних факторів.

Ознаки дефіциту міді – гальмується ріст генеративних органів, зменшується інтенсивність фотосинтезу, на листках проявляється хлороз. Мідь відносно нерухома в рослині, тому нестача її помітна на молодих листках. Кінчики молодих листків біліють і закручуються, краї їх стають жовтими і згодом кінчики відмирають.

Нестача міді зумовлюється високими нормами мінеральних добрив, вапнуванням ґрунтів, високими температурами ґрунту та повітря.

Молібден (Mo) бере участь у синтезі амінокислот і білків, регулює процес трансформації азоту в рослині, відіграє важливу роль у фіксації молекулярного азоту з атмосфери бульбочковими та вільноживучими азотфіксуючими бактеріями, входить до складу нітроредуктази і бере

участь у відновленні нітратів до нітритів та нітрогенази – ферменту, що відповідає за зв'язування азоту атмосфери за біологічної фіксації. Крім того, молібден бере участь у вуглеводному, азотному і фосфорному обмінах, синтезі вітамінів і хлорофілу, підвищує інтенсивність фотосинтезу.

Ознаки дефіциту молібдену. Зовнішні ознаки нестачі молібдену в рослинах подібні до азотного голодування. Спочатку з'являються блідо-зелені плями між жилками листка, листки світло-зеленого кольору, потім вони буріють і відмирають, послаблюється ріст рослини, затримується цвітіння. У разі великої нестачі молібдену точка росту відмирає.

Перешкоджають засвоєнню молібдену високий вміст у ґрунті іонів Mn, Fe, Cu, SO_4 , NO_3 , висока кислотність ґрунту.

Кобальт (Co) активізує роботу багатьох ферментів, зокрема нітратредуктази, дуже важливої для азотного живлення бобових культур, є складовою вітаміну B_{12} , якого багато в бульбочках на коренях бобових рослин, впливає на синтез хлорофілу, нагромадження вуглеводів і жирів у рослинах, підвищує інтенсивність дихання, стимулює біосинтез нуклеїнових кислот і аскорбінової кислоти, бере активну участь у реакціях окислення та відновлення, позитивно впливає на дихання та енергетичний обмін. Найбільше кобальт концентрується в генеративних органах, тому можна вважати доведеним його значення у процесах запліднення.

Ознаки дефіциту кобальту. Зовнішні ознаки нестачі кобальту подібні до азотного голодування, за дефіциту кобальту в рослинах розвивається хлороз. Поганий ріст та розвиток рослин може бути частково усунений внесенням азотних добрив.

Роль йоду (J) для життєдіяльності рослин чітко не встановлена. Відомо, що він входить до складу вільних амінокислот і білків. Йод потрібний для організму людини, де він забезпечує нормальне функціонування щитовидної залози. Тому ним обробляють посіви для отримання корисної для людини продукції. Зокрема, плантації суниці обробляють йодидом калію (KJ) у фазі цвітіння, завдяки цьому вміст йоду в плодах зростає у 3-5 разів.

Хлор (Cl) дуже поширений у природі і легко доступний рослинам. Він підтримує в клітинах необхідний тургор, забезпечує їх нейтральний електричний заряд, стимулює фотосинтетичне фосфорилування, необхідний для поділу клітин листя і стебла. Як компонент калійних і складних добрив у достатній кількості вноситься в ґрунт. Через це на

практиці важливіше знати реакцію рослини на шкідливий вплив хлору.

Титан (Ti) активізує процеси метаболізму в рослинах, прискорює ріст та розвиток, позитивно впливає на морфологічну будову рослин, збільшує вміст хлорофілу в листках, підвищує стійкість до ураження рослин грибковими та бактеріальними хворобами. Інтенсифікує фотосинтез і засвоєння елементів живлення.

Сільськогосподарські культури потребують різний склад та кількість мікроелементів (табл. 50).

50. Мікроелементи і чутливі до них культури

Мікроелементи	Чутливі до нестачі елементу культури	Винос елементу з урожаєм, г/га
Залізо	Плодові, овочеві, кукурудза, бобові, овес, помідори	600-9000
Бор	Ріпак, цукровий буряк, соняшник, картопля, бобові, кукурудза, льон, овочеві, плодові	30-300
Мідь	Пшениця, ячмінь, овес, кукурудза, рис, овочеві, цукровий буряк, соняшник, бобові, плодові	10-300
Цинк	Кукурудза, рис, гречка, сорго, бобові, плодові, цукровий буряк, соняшник, картопля, капуста	75-200
Марганець	Овес, пшениця, ячмінь, ріпак, кукурудза, зернобобові, цукровий буряк, картопля, овочеві	300-1000
Молібден	Бобові, ріпак, гірчиця, цукровий буряк, гречка, пшениця, кукурудза, овес, картопля, помідори	6-10
Кобальт	Бобові, цукровий буряк, ячмінь, жито, гречка, пшениця	-

Незважаючи на відмінності в кількісній потребі, функції кожного мікроелемента в рослині суворо специфічні, жодний з елементів не може бути замінений іншим. Нестача будь-якого мікроелемента призводить до порушення процесів обміну речовин і фізіологічних процесів у рослинах, погіршення їх росту і розвитку, зниження врожаю та його якості.

Живлення рослин – це процес переходу речовин із навколишнього середовища (повітря, ґрунту) до складу рослин. **Розрізняють:** 1) **повітряне живлення** – живлення CO₂ у процесі фотосинтезу; 2) **кореневе живлення** – поглинання води й поживних елементів з ґрунту

кореневою системою (мінеральне живлення); 3) **позакореневе живлення** – нанесення елементів живлення у вигляді слабких водних розчинів на листову пластинку рослин.

Повітряне живлення – це живлення рослин вуглекислим газом у процесі фотосинтезу. Молекули хлорофілу поглинають кванти сонячної енергії та використовують її для відновлення CO_2 до органічних сполук і виділення кисню в атмосферу. У результаті фотосинтезу утворюється 90-95 % сухої речовини рослин. Одночасно з утворенням органічних речовин у рослинах відбуваються процеси їх розкладання, пов'язані з диханням (темнова фаза фотосинтезу).

Кореневе живлення рослин – поглинання елементів живлення у вигляді позитивно та негативно заряджених іонів – катіонів і аніонів та води з ґрунту за допомогою кореневої системи. Наприклад, азот може засвоюватися рослинами у вигляді аніону NO_3^- та катіону NH_4^+ , фосфор та сірка – у вигляді аніонів H_2PO_4^- і SO_4^{2-} , калій, кальцій, магній, натрій та залізо – у вигляді катіонів з одним чи двома позитивними зарядами K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , а мікроелементи – у вигляді відповідних катіонів чи аніонів.

З адсорбції розпочинається поглинання елементів живлення. Первинна адсорбція відбувається на поверхні клітин кореневої системи, потім іде складний процес активного і пасивного їх транспорту в клітину.

Пасивний транспорт речовин через мембрану, тобто через зовнішню напівпроникну цитоплазматичну мембрану живих клітин кореня вода та іони, що в ній знаходяться, можуть проникати «пасивно» – без додаткової витрати енергії – лише за рахунок дифузії, тобто від розчину з більшою концентрацією до розчину з меншою концентрацією.

Активний транспорт здійснюється за наявності спеціальних «переносників» і так званих іонних насосів, головна роль у функціонуванні яких належить білкам і АТФ. Активний транспорт речовин через біологічні мембрани здійснюється проти градієнта концентрації. Він пов'язаний зі значними витратами енергії, акумульованої в молекулах АТФ.

Фактори які впливають на доступність елементів живлення з ґрунту:

1) **Концентрація ґрунтового розчину**, яка у природних умовах незасолених ґрунтів коливається від 0,02 до 0,2%. Краще засвоюються іони елементів живлення з розчинів помірно підвищених концентрацій. Підвищення концентрації ґрунтового розчину збільшує його

осмотичний тиск і ускладнює надходження води і елементів живлення в рослину.

2) **Співвідношення макро- і мікроелементів у ґрунті** має дуже важливе значення оскільки надходження одного елемента в рослинний організм залежить від концентрації іншого. Явище, коли іон, присутній у поживному середовищі в надлишку, пригнічує поглинання іншого виду іонів називається **антагонізм іонів**. Явище взаємного підсилення фізіологічної дії одного елемента іншим має назву **синергізм** (табл. 51).

51. Синергізм та антагонізм елементів живлення

Синергізм елементів	
Азот →	Магній
Магній →	Фосфор
Калій →	Марганець, залізо
Молібден →	Азот
Сірка →	Азот, калій, магній, мідь, марганець
Антагонізм елементів	
Азот →	Мідь, залізо, бор
Фосфор →	Цинк, мідь, калій, кальцій
Калій →	Бор
Кальцій →	Магній, марганець, цинк, бор, фосфор, калій, залізо
Магній →	Калій
Бор →	Калій
Мідь →	Залізо, марганець
Залізо →	Фосфор
Молібден →	Мідь
Цинк →	Залізо

Взаємодія між макро- і мікроелементами показує, що N, Ca, P – головні антагоністичні елементи відносно поглинання і метаболізму багатьох елементів живлення. Однак і для антагоністичних елементів спостерігаються іноді синергічні ефекти, що пов'язано, ймовірно, зі специфічними реакціями у окремих генотипів або видів рослин.

3) **Вологість ґрунту** є необхідною умовою нормального розвитку рослин і має великий вплив на надходження в них елементів живлення. За дефіциту вологи засвоєння рослиною елементів живлення погіршується. Негативний вплив на поглинання елементів живлення має і надмірна вологість ґрунту, яка проявляється в односторонньому підвищенні доступності деяких іонів, накопичення яких досягає токсичного рівня.

4) **Температура** істотно впливає на ріст та розвиток рослин,

сприятлива температура повітря становить +15-30 °С. За зниження температури до +10-11 °С сповільнюється поглинання рослинами фосфору, до +5-6 °С – азоту. Температура нижче +10 °С гальмує надходження всіх мінеральних елементів в корені рослин.

5) Світло є основним чинником життєдіяльності рослин, у разі затемнення знижується інтенсивність фотосинтезу і поглинання поживних речовин кореневою системою, а за відсутності світла протягом тривалого часу надходження елементів живлення в рослини повністю зупиняється.

6) Кислотність ґрунтів значною мірою впливає на доступність для рослин поживних речовин. Зокрема, у кислому середовищі збільшується кількість доступних для рослин форм заліза, марганцю, цинку, міді і зменшується кількість доступних форм азоту, фосфору, магнію (див рисунок 142).

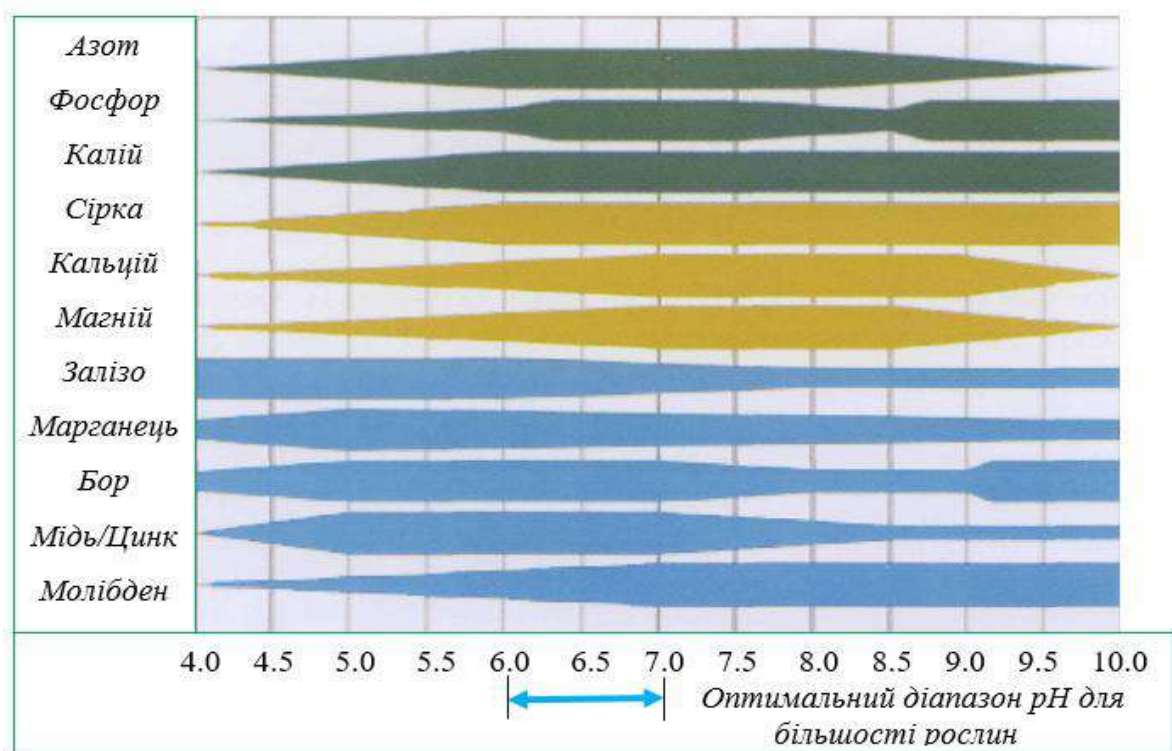


Рис. 142. Вплив pH на засвоєння елементів живлення

Визначити кислотність (pH) ґрунту можна шляхом титрування або за допомогою лакмусових папірців – це **класичні методи**. Однак на сьогодні існує і більш сучасний метод визначення, за допомогою спеціальних pH-тестерів, принцип роботи яких побудований на порівнянні різниці потенціалів значення між двома електродами.

Позакореневе живлення рослин, тобто коли окремі елементи

мінерального живлення, які звичайно поглинаються коренями, можуть вбиратися і листками, якщо наносити їх на листки у вигляді розчинів. Розчинені у воді добрива проникають у листки крізь продихи та кутикулу. Спочатку елементи живлення повинні подолати бар'єр епідермісу і, потім, розподілитися по клітинах листків та інших органів рослини. Зовнішня стінка епідермісу листка покрита кутикулярним шаром, який складається з воску і кутина. Варто пам'ятати, що великий восковий шар кутикули гальмує потрапляння поживних елементів всередину рослини, тому найкращий ефект від підживлення по листку досягається за внесення добрив у період, коли кутикула легкопроникна і восковий шар помітно тонкий та м'який.

Робочі розчини макро- та мікродобрив необхідно готувати безпосередньо перед самим їхнім застосуванням. Рекомендується розчиняти добрива у воді з температурою +15-20 °С. Заборонено виконувати обробку холодною водою, набраною безпосередньо з колодязя або свердловини, оскільки можливий термічний шок для рослин, який сприяє розвитку хвороб, зупинці росту рослини і її загибелі.

Позакореневе підживлення рослин слід проводити в ясну (недощову) погоду, за температури повітря 15-20°C (вранці до 10 год або у вечірній і нічний час після 18-19 год), коли випаровування відносно слабке й поживний розчин, нанесений на листову поверхню рослин, випаровується досить повільно, що сприяє ефективному поглинанню ними поживних речовин.

Позакореневе підживлення макро- та мікродобривами доцільно проводити разом із обробкою пестицидами. У результаті зменшується стресовий вплив дії засобів захисту рослин на культуру та підвищується дія пестицидів. Витрата робочого розчину має бути 200-400 л/га.

Позакореневе підживлення необхідне в наступних випадках: за нестачі елементів живлення в ґрунті; порушенні оптимального співвідношення між поживними речовинами, доступності поживних речовин ґрунту; невідповідності фізико-хімічних властивостей ґрунту потребам рослин (низький або високий рівень рН та ін.); порушення нормального функціонування кореневої системи рослин (ущільнення ґрунту або недостатнє збагачення його повітрям); за стресових погодних умов та інших ситуаціях (засуха або надмірне зволоження, температурний стрес та ін.) для покращення та стабілізації стану рослин; для швидкого попередження дефіциту елементів живлення в рослинах; необхідності підвищення стійкості рослин до стрес-факторів, грибкових

та бактеріальних хвороб і отримання високоякісної продукції.

Звичайно, не варто забувати, що **позакореневе підживлення** – це лише додатковий агротехнічний захід підвищення врожайності та якості продукції, і воно не замінює кореневого живлення. Проте часто **позакореневе підживлення має низку переваг над кореневим**: 1) швидко і якісно регулює процеси живлення в період вегетації рослин; 2) поживні речовини відразу засвоюється і використовується; 3) елементи живлення поглинаються всіма надземними органами, включаючи листя, стебла, плоди; 4) елемент живлення транспортується в ту частину рослини, в якій найбільш інтенсивніше проходять фізіологічні процеси; 5) активно впливає на проходження фенологічних фаз розвитку рослин; 6) підвищує на 5-10 % засвоєння мінеральних речовин із ґрунту; 7) у 10 разів ефективніше, ніж за внесення макро- та мікроелементів з ґрунту, де вони можуть переходити у недоступні форми; 8) можливе комбінування в одному робочому розчині із засобами захисту рослин, добривами, стимуляторами, ретардантами, що наполовину заощаджує затрати на техніку.

На ефективність позакореневого підживлення впливає:

1) **фаза розвитку та стан рослини**: молоді листки і пагони швидше засвоюють поживні елементи, а здорова рослина засвоює елементи живлення швидше і в більшій кількості;

2) **кліматичні умови**: оптимальна вологість повітря і ґрунту; температурний режим.

3) **здатність елементів до проникнення через листки**: найшвидше проникають азот, магній, натрій, повільніше – сірка і ще повільніше – кальцій, калій, фосфор (табл. 52).

52. Швидкість засвоєння різних елементів живлення листовою поверхнею

Елементи живлення	Термін поглинання 50 %
Азот (амідна форма)	1-2 години
Фосфор	5-10 діб
Калій	1-4 доби
Кальцій	4-5 діб
Магній	2-4 години
Цинк	1-2 доби
Марганець	1-2 доби
Бор	2 доби
Мідь	1-2 доби

4) **форма елемента:** найкраще засвоюються хелатні добрива, добрива, що містять неорганічні солі не здатні забезпечити рослини необхідною кількістю поживних речовин, тому що відсоток засвоєння їх буде незначний.

5) **додавання карбаміду**, який сприяє кращому розчиненню, покращує пропускну здатність листка (кутикули), збільшує обсяги засвоєння елементів живлення і ефективність дії фунгіцидів та інсектицидів.

6.6.2. Застосування КАСів

Аміакати наразі у системі удобрення мають важливе значення. Отримують аміакати розчиненням у водному аміаку азотних добрив у різних комбінаціях. У результаті виходить рідина жовтого кольору з вмістом азоту від 30 до 50 %. Азот в аміакатах знаходиться у різних формах і співвідношеннях, залежно від вихідних складових це може бути вільний і зв'язаний аміак, амідна і нітратна форма. За дією на сільськогосподарські культури аміакати рівноцінні твердим азотним добривам.

Найпоширенішим добривом з аміакатів є **КАС** – це високоефективне рідке азотне добриво з регульованим вмістом корисного компонента, суміш водних розчинів карбаміду – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ – 32-38 % і аміачної селітри – NH_4NO_3 – 41-47 %, в якій азот представлений в трьох формах – **аміачна** (NH_4^+), **нітратна** (NO_3^-) і **амідна** (NH_2^-), крім того містить воду H_2O – 19,4 % та – 0,5 % аміачної води (табл. 53). КАС дозволяє скорегувати живлення у ключові фази розвитку рослини для посилення відсутніх факторів у розвитку, для одержання необхідних характеристик товарної продукції (збільшення білка, клейковини і т. д.).

У разі взаємодії з мікроорганізмами амідна форма азоту КАС переходить в амонійну. В процесі **нітрифікації**, якщо температура ґрунту досить висока для мікробної активності, амонійна форма азоту переходить у нітратну.

Отже, в процесі внесення азоту у різних формах ми маємо пролонгований ефект. Крім того, процеси взаємного перетворення азоту в ґрунті залежать від безлічі чинників (температури, вологості, аерованості, кислотності та ін.), тому наявність різних форм азоту в ґрунті може розглядатися ще і як «**політика страхування**».

53. Основні технічні характеристики КАС

Показники	КАС-28	КАС-30	КАС-32
Зовнішній вигляд	прозора злегка підфарбована рідина		
Масова частка всього азоту, %	28,0±0,5	30±0,5	32±0,5
Масова частка аміачної селітри, %	37-41	41-46	44-45
Масова частка карбаміду, %	29,5-30,5	32,5-34,5	35-35,5
Масова частка води, %	29-31	24-26	19-20
Вагове співвідношення між карбамідом і селітрою	0,74-0,80		
Лужність в перерахунку на вільний аміак, %	0,02-0,5		
Густина, кг/м, при 40 °С	1255-1270	1285-1312	1306-1326
Температура кристалізації, °С	-17, не більше	-10, не більше	-2, не більше
Температура замерзання, °С	-26		

На жаль, під час внесення аміачної селітри, в умовах тимчасового або постійного надлишку вологи, значна частина нітратного азоту вимивається із ґрунтовою водою. Коли він знаходиться нижче зони кореневої системи, то стає недоступним, а, отже, загубленим для живлення рослин. До того ж нітратний азот, у процесі **денітрифікації** (перетворення нітратного азоту в газоподібний), випаровується в атмосферу.

Денітрифікація проходить за обмеженої кількості кисню в ґрунті, його значному ущільненні та надмірній вологозабезпеченості. За підвищених температур ґрунту, коли мікроорганізми активізуються, можливість розвитку денітрифікації зростає. Амонійний азот часто зв'язується із часточками ґрунту, і, таким чином, уникає вимивання, до того ж він більш схильний до випаровування (тому амонійні форми азоту завжди загортають у ґрунт). Амонійний азот, за умов сприятливих нітрифікації – температура, волога й наявності кисню, швидко перетворюється в нітратний (**нітрифікація**). Амонійна форма азоту, за внесення з осені, економічно більш ефективна, тому що зменшує втрати азоту.

Наявність амонійної форми робить бажаним мінімальне загортання, особливо в умовах високих температур і відсутності опадів після внесення. Для забезпечення найбільш оптимального живлення рослин азотом необхідно забезпечити в першу чергу дробне живлення, оскільки засвоєння азоту рослинами відбувається впродовж всього періоду вегетації.

КАС не містить техногенного забруднення радіонуклідами, має

нейтральну або слаболужну реакцію. На відміну від рідких аміачних добрив КАС практично не містить вільного аміаку, що виключає втрати азоту в атмосферу за рахунок випаровування під час внесення в ґрунт, при вантаженні, транспортуванні та зберіганні. Його можна вносити за допомогою високопродуктивних агрегатів без одночасного загортання в ґрунт, а також з поливною водою. Втрати азоту за внесення КАС не перевищують 10 % від загального азоту, у той час, як за внесення гранульованих азотних добрив досягають 30-40 %.

За внесення КАС у **позакореневі підживлення** 15-40 % їх залишається на листках, а 30-80 % від цієї кількості вже протягом 48 годин засвоюється рослинами. Для цього найкраще підходять розчини карбаміду й КАС, розведені водою. Амідна форма азоту швидко проникає через листову поверхню. **Листкове живлення** доцільно поєднувати із внесенням мікроелементів і пестицидів.

Крім усіх вищезазначених переваг КАС покращує засвоєння азоту в період посухи. Його використовують на всіх видах ґрунтів під злакові, технічні, овочеві, плодово-ягідні і квіткові культури.

КАС можна використовувати в такі строки й способи: 1) восени – під основний обробіток ґрунту; 2) навесні – під передпосівний обробіток; 3) для кореневого й позакореневого підживлення.

Досвід використання розчинів КАС показав їх високу ефективність при основному внесенні і позакореновому підживленні сільськогосподарських культур.

Норми й дози внесення КАС залежать від виду культури, строку й способу внесення, попередника, культури яку підживлюють, та інших факторів, що враховують під час розробки системи живлення рослин. Ніяких спеціальних обмежень не існує.

Перше весняне підживлення озимих культур проводять після сходження снігу за відновлення вегетації рослин, у період кушення дозою 30-60 кг д. р. (діючої речовини) на гектар, коли температура не вище +10°C. Розведення КАС не потребує, можливе збільшення дози внесення добрив.

Друге підживлення проводять комбіновано з додаванням засобів захисту рослин, регуляторів росту, мікродобрив у фазу початку виходу в трубку, при цьому разова норма азоту не повинна перевищувати 30 кг д. р., тобто дозу внесення азоту при виході зернових в трубку і на початку колосіння знижують до 10-25 кг на 1 га, щоб уникнути опіків, КАС доцільно розводити водою в співвідношенні 1:2, а за спільного внесення з гербіцидом 1:3 або 1:4. За температури оточуючого середовища до +10

розчин КАС використовують в чистому вигляді, вище +10 – у водному розчині 150-250 л. За необхідності додаткового внесення азоту можливе **третє пізнє підживлення** у фазі початку колосіння озимої пшениці з нормою не більш 10 кг/га д. р.

Для **ярих зернових культур** найкращий результат досягається за дробного внесення: 1) 80 кг/га – у передпосівну культивуацію; 2) 20-30 кг/га – у стадії 1-го вузла; 2) 5-8 %-м розчином у стадії 2-го вузла, при цьому бажано додати сірковмісні препарати, що збільшують вміст білка.

У разі підживлення КАС доза азоту не повинна перевищувати 30 кг/га д. р. за обов'язкового розведення водою у співвідношенні 1:4 через можливі опіки рослин.

Під ячмінь КАС найбільш доцільно вносити, як основне добриво під передпосівну культивуацію.

Кращий **період для позакореневого підживлення** розчинами КАС – ранкові (за відсутності роси) і вечірні години. У прохолодну й похмуру погоду цю роботу можна проводити впродовж дня. Максимальна ефективність КАСів буде тоді, коли розчин залишається на поверхні листя тривалий час. Не слід підживлювати рослини розчинами КАС за температури вище +20 °С, низької відносної вологості повітря, у сонячний день через можливі опіки листової поверхні рослин. Найбільш схильні до опіків молоді листки рослин. В усі фази розвитку рослин розчини КАС навіть при дозі 10 кг азоту на 1 га можуть спричиняти опіки рослини, однак вони не призводять до зниження врожаю.

Відразу після заливних дощів, сильної роси застосовувати КАС у суміші не рекомендується, тому що опади роблять структуру верхньої пластинки листя більш проникною (відповідно більш чутливою), тому обприскування посівів має проводитися після висихання листя рослин.

Оптимальний час для внесення КАС у **суміші з гербіцидами** – вечірні години, тому що поглинання азоту вночі відбувається повільніше. Під час внесення КАС необхідно використовувати розпилювачі з розміром крапель вдвічі більше, ніж для гербіцидів.

При виборі **розпилювачів** для **внесення КАС** потрібно враховувати, що є ризик опіку листя, тому: 1) чим краще розвинутий восковий шар, тим краще рослина перенесе КАС; 2) чим вища стадія розвитку рослини, тим вона більш чутлива до КАС; 3) чим більш чутлива рослина до КАС, тим більш ощадною має бути технологія внесення.

Внесення КАС забезпечує такі переваги: 1) висока ефективність застосування у будь-яких кліматичних зонах, зокрема посушливих; 2) більш рівномірне внесення, точне дозування розподілу за площею; 3)

можливість використання на різних стадіях вегетації; 4) швидке проникнення в ґрунт без необхідності обов'язкового загортання (крім лужних ґрунтів) а тому краща пристосованість до технологій mini-till і no-till; 5) пролонгованість дії; 6) скорочення технологічних витрат завдяки можливості внесення КАС у рідких туках, а також у суміші з пестицидами й іншими рідкими мінеральними добривами (у першу чергу з мікроелементами); 7) низька вартість одиниці діючої речовини (ДР) порівняно із гранульованими формами; 8) відсутність біурету.

У той же час необхідно відмітити і деякі **недоліки використання КАСів**: 1) ризик опіків рослин і пов'язаний з цим постійний контроль норми внесення, норм розведення, враховуючи особливості культур, погодних умов; 2) необхідність особливих умов транспортування, зберігання та спеціальної техніки для внесення, тому що висока агресивність речовин КАС здатна руйнувати кольорові метали, матеріали із ПХВ, кераміку та скло. Тому зазвичай їх зберігають на нафтобазах.

Будь-який **обприскувач іноземного та вітчизняного виробництва** може бути **переобладнаний** під внесення КАСів. Постійне зростання внесення КАС в першу чергу пов'язане з підвищенням культури землеробства, низькою технологічною вартістю азоту й комплексом вищезазначених переваг. Основні виробники КАС в Україні – це Черкаський і Рівненський хімічні заводи.

Попит на КАС в Україні, в основному, формують великі агрохолдинги, для яких КАС – це додатковий гнучкий інструмент для підживлення рослин в умовах високотехнологічного виробництва.

Стабільні об'єми виробництва КАС, наявність потрібної інфраструктури для зберігання, транспортування і внесення у самих сільгоспвиробників – це ті основні фактори, які і сприятимуть збільшенню використання цього добрива в Україні та підвищенню урожайності і якості сільськогосподарської продукції.

Дробне внесення КАСу – це прогресивна технологія застосування рідких добрив, яка дає змогу забезпечити рослину азотом в потрібній кількості і в певній фазі вегетаційного розвитку.

6.7. Застосування азотфіксуючих та фосформобілізуючих бактерій

Сучасні технології вирощування рослинницької продукції для підвищення засвоєння елементів живлення рослинами передбачають

використання *мікробіоти* – азотфіксуючих та фосформобілізуєчих бактерій.

Відомо, що засвоєння азотних добрив рослинами не перевищує 45-50 %, фосфорних – 20 %, калійних – 25-60 %, залежно від культури і типу ґрунту. Переважна кількість добрив, при цьому, «планується» не для живлення рослин, а для забруднення навколишнього середовища. Використовуючи корисні мікроорганізми ґрунту з підвищеною специфічною активністю, ми можемо істотно збільшити коефіцієнти використання елементів живлення із добрив. Це здійснюється за рахунок надходження до рослини фітогормонів бактеріального походження в оптимальній кількості і в збалансованому вигляді, їх впливу на ризогенез, адсорбційну здатність коріння та додатковий синтез окремих ферментів.

Відсутність у кореневій зоні сільськогосподарських культур корисної специфічної мікрофлори провокує захоплення цієї екологічної ніші іншими, нетиповими мікроорганізмами, в т. ч. патогенними. З огляду на це, екологічна (як і економічна) доцільність бактеризації сільськогосподарських культур не викликає сумніву. **Корисні ґрунтові мікроорганізми**, заселивши ризосферу рослин, тривалий час не дозволяють патогенним мікроорганізмам інфікувати культурні рослини.

Навіть у роки **епіфітотій** деяких захворювань, передпосівна інокуляція насіння біопрепаратами сприяє затримці розвитку хвороби на 2-3 тижні, що суттєво позначається на урожайності культур. Варто відмітити, що насіння, отримане із бактеризованих рослин, є менш заселеним збудниками грибкових хвороб, що досить важливо як для зберігання зерна та насіння, так і у випадку використання його використання на харчові потреби.

Бактеріальні препарати – екологічно безпечні добрива комплексної дії, оскільки мікроорганізми, на основі яких вони створені, не лише фіксують азот атмосфери або трансформують фосфати ґрунту, а й продукують амінокислоти, ріст активуючі сполуки та речовини антибіотичної природи, що стримують розвиток фітопатогенів.

Підсилене засвоєння поживних речовин та використання мікробних препаратів не викликає накопичення шкідливих мінеральних сполук у продукції. Так, наприклад, відомо, що фосфор до 50 % вмісту у рослинах може накопичуватись у вигляді неорганічних сполук. Внаслідок впливу на інтенсивність ферментативних процесів, бактеризація сприяє переходу його в органічні сполуки, тим самим підвищує енергетичну цінність одержуваної рослинницької продукції.

Азотфіксатори. Препарати (**ризогумін, ризобофіт, ризоагрин, азотобактерин, діазобактерин, діазофіт, ризоторфін, флавобактерин, мізорин, азоризин та ін.**) виготовлені на основі азотфіксуючих бактерій. Вони забезпечують збільшення польової схожості та енергії проростання насіння, сприяють формуванню добре розвиненої кореневої системи, посиленню процесу фотосинтезу у рослин, фізіологічно-активні речовини активізують формування генеративних органів, що суттєво впливає на насіннєву продуктивність культур. Використання азотфіксаторів забезпечує прискорене формування вторинної кореневої системи, що значно покращує забезпечення рослин вологою в умовах посухи; підвищення стійкості рослин до хвороб та збільшення речовин фунгіцидної та фунгістатичної дії, забезпечує покращання використання рослинами елементів живлення із мінеральних добрив на 25-35 %, що дає змогу відмовитися від частини добрив без зниження урожаю.

Незважаючи на посилене засвоєння рослинами поживних речовин, нітрати у рослинних тканинах не накопичуються, а використовуються для синтезу амінокислот та білків, що значно покращує якість сільськогосподарської продукції.

Бактеріальні препарати застосовують для передпосівного обробітку насіння зернових, зернобобових культур та бобових трав і овочів. Виготовляються вони окремо для кожного виду сільськогосподарської культури. Під час вегетації сільськогосподарських культур азотфіксуючі бактерії використовують методом обприскування рослин у ранкові і вечірні години. Норма внесення 1-2 л/га.

Ризобофіт – біодобриво під бобові, яке створене на основі штамів бульбочкових бактерій, які здатні засвоювати азот повітря. Застосовується під нут, квасоллю, чину, сочевицю, сою, люпин, вику, горох, еспарцет, конюшину, боби, люцерну та інші бобові культури.

Біодобриво має широкий спектр дії: підвищує врожайність зерна і зеленої маси на 10-30 %, вміст білка в насінні на 2-6 %, в зеленій масі – 1-3 %; покращує родючість ґрунту без внесення азотних добрив; запобігає нагромадженню нітратів у рослинах і ґрунті; забезпечує економію азотних добрива; підвищує стійкість рослин до хвороб.

Ризобофіт абсолютно не шкідливий для людини і тварин. Його застосування заміняє 40-60 кг/га мінерального азоту, забезпечує екологічну чистоту навколишнього середовища. Окрім того, ризобофіт значно дешевший ніж мінеральний азот.

У високорозвинених країнах від 50 до 100 % бобових вирощується із застосуванням аналогічних препаратів.

Діазофіт отриманий на основі живих бактерій *Agrobacterium radiobacter*, які здатні асоціюватися з кореневою системою польових культур (за передпосівної обробки насіння злакових культур: пшениці озимої, ячменю, рису та капустяних – ріпаку) і засвоювати значну кількість азоту з ґрунтового повітря. Особливістю асоціативної фіксації азоту є наявність вільного зворотного трофічного зв'язку, побудованого на асоціативних обмінних процесах між мікроорганізмами і рослиною. Інтенсивність цієї функції змінюється з часом, її максимуму досягається у фазі розвитку рослин, коли потреба їх в доступних формах азоту максимальна, при цьому не створюються токсичні для рослин і довкілля концентрації зв'язаного азоту. **Азотфіксуючі бактерії** продукують ростові речовини, які здатні збільшувати біомасу рослин, сприяють кращому поглинанню ґрунтового повітря, позитивно впливають на репродуктивні органи, збільшують кількість плодоносних пагонів, конкурують з природною мікрофлорою, особливо з фітопатогенними грибами, зменшують відсоток хворих рослин, що дає змогу відмовитись від високотоксичних протруйників.

Діазофіт не шкідливий для людини, теплокровних, риб, комах, не накопичується в рослинах, не забруднює навколишнє середовище. Він ефективний за низького забезпечення ґрунтів доступними для рослин формами азоту, ефект за його застосування еквівалентний внесенню 20-60 кг/га мінерального азоту.

Випускається у вигляді гелю з титром активних спор 4-6 млрд. на 1 мл. Норма витрати – 400 г на 1 т насіння, гектарна порція – 100 г або 100 мл.

Рекомендації із застосування діазофіту та ризобофіту:

-передпосівну обробку насіння біопрепаратами проводять на машинах ПСШ-3, ПС-10 та інших у день посіву. Для цього необхідну кількість препарату розчиняють у воді з розрахунку 5-10 л води на 1 тонну насіння не даючи суспензії відстоятись наносять її на насіння, яке потім ретельно перемішують до рівномірного розподілу біодобрива. Оброблене насіння захищають від попадання прямого сонячного проміння та перегрівання;

- висівають оброблене насіння лише у вологий ґрунт;

- тару з препаратом забороняється розкривати до моменту застосування біодобрива, що попереджає порушення стерильності, втрату вологості та загибель бактерій;

- за поєднання із протруйниками, типу фундазол 50 % з. п., обробку біопрепаратом проводять за 10 днів після обробки фундазолом.

Рекомендується застосовувати сумісно з біологічним препаратом планриз для захисту від фузаріозних та гельмінтоспоріозних кореневих гнилей.

Ризоентерин – це бактеріальне добриво, яке включає чисту культуру асоціативних азотфіксаторів *Enterobakter*, які здатні асоціюватися з кореневою системою озимого і ярого ячменю, а також рису. В одному грамі міститься від 6 до 9 млрд. клітин бактерій.

Ризоентерин – препарат для передпосівної обробки насіння озимого і ярого ячменю, а також рису. За дією заміняє 40-50 кг/га мінерального азоту, що дає можливість зменшити кількість внесеного азотного добрива (на 25-30 % або 30-40 кг/га). Застосування ризоентерину дає можливість підвищити врожай зерна ячменю на 0,2-0,5 т/га, або на 10-15 %. Норма витрати – 400-500 г на 1 т насіння, гектарна порція – 100-150 г препарату (розчиняється в 2 л води).

Ризоагрин – препарат асоціативних азотфіксуючих бактерій для обробки насіння рису й пшениці. Підвищує стійкість рослин до хвороб (економія 40-60 кг/га азоту мінеральних добрив).

Ризоторфін – бактеріальний препарат, який містить високоефективні штами бульбочкових бактерій (1 г препарату міститься до 2,5 млрд. бактерій), підвищує врожайність та стійкість бактеріальних хвороб зернобобових, одно- і багаторічних бобових трав. Для кожного виду і навіть сорту підбирають певні штами бульбочкових бактерій.

Флавобактерин – препарат асоціативних азотфіксаторів для підвищення врожайності кормового сорго, пшениці, цукрових буряків, кормових трав (економія азоту 30-40 кг/га). Посилює засвоєння поживних речовин рослинами, знижує захворюваність їх на фузаріоз, ризоктоніоз.

Мізорин підвищує врожайність і якість урожаю сорго, кормових трав, картоплі, а також вбирну здатність коріння, продукує фізіологічно активні речовини, знижує захворюваність рослин на фузаріоз і ризоктоніоз.

Азоризин – препарат бактерій азоспірил для проса, підвищує нітрогеназну активність коренів, забезпечує приріст врожайності, поліпшує амінокислотний склад зерна.

Біопрепарати **Азотофіт**, **Фітоцид** при обробці насіння соняшнику дають змогу зменшити кількість мінеральних добрив удвічі. При обробці ними насіння коренева система збільшується в 1,3-1,5 рази, вони захищають насіння від патогенних грибів та бактерій.

Біомаг (азотофіксатор ґрунтовий) – екологічно безпечний

біологічний препарат, нешкідливий для людей, тварин, птиць і бджіл.

Один літр *Біомагу* виробляє від 40 до 70 кг/га азоту в діючій речовині. Містить продуценти *Azotobacter choosocum*, які відносяться до роду аеробних вільноживучих ґрунтових бактерій, що фіксують азот з повітря і використовують, як продукт своєї життєдіяльності. При їх розкладанні в ґрунті утворюються доступні для рослин поживні речовини.

Позитивна дія *Біомагу* на рослини обумовлюється: його здатністю засвоювати молекулярний азот з повітря і синтезувати різні біологічно активні речовини типу фітогормонів, групи органічних кислот і амінокислот. Продуктивність дії бактеріального препарату *Біомаг* підвищується за поєднання його із мікроелементами Mo, B, Co і Mg.

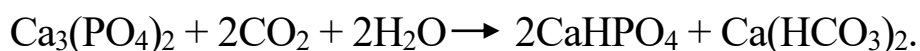
Фосформобілізатори мікроорганізми, здатні до трансформації важкорозчинних сполук фосфору доступні для рослин форми.

Здатністю перетворювати фосфоровмісні сполуки як мінеральні, так і органічні з вивільненням фосфору в оточуюче середовище, володіють актиноміцети, спороутворюючі бактерії, представники не спороносних бактерій родів *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Corinebacterium*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Alcaligenes* тощо.

Особливе місце займають гриби, які утворюють **мікоризу** з корінням вищих рослин. Вони поєднують у собі здатність перетворювати фосфор із важкодоступних сполук як мінерального, так і органічного походження і підсилювати транспортування та поглинання поживних сполук рослиною за рахунок збільшення поглинальної поверхні коріння.

Мікориза (поєднання міцелію грибів з корінням вищих рослин) властива злаковим та іншим рослинам. **Гриб-мікориза** живиться напіворганічними рештками, мінералізуючи органічну речовину, а продукти мінералізації засвоюються рослинами. При цьому мікориза здатна поліпшувати і нейтралізувати негативні кореневі виділення рослин у сумісних посівах.

Фосфати ґрунту розчиняються різними кислотами, в тому числі вуглекислою:



Мобілізація фосфатів відбувається і в результаті утворення мікроорганізмами різних органічних кислот, кетокислот при бродінні або неповному окисленні вуглеводів. Фосфати перетворюються на

розчинні форми і в результаті діяльності **нітрифікуючих бактерій**, які утворюють азотну кислоту, та бактерій, що окислюють сірку.

Застосування фосформобілізуючих мікробіологічних препаратів заміняє 50-60 кг/га фосфорних добрив, збільшує вміст фосфору у ґрунті на 20-30 % та підвищує врожайність зернових культур на 8-12 %, вміст протеїну в зерні на 3 %. На гектарну норму насіння використовують 0,5-1 л препарату. Під час вегетації обприскуючи в ранковий та вечірній час вносять 1-2 л/га.

Серед **фосформобілізуючих препаратів** виділяють: фосфорентерин, фосфорбактерин, поліміксобактерин, альбобактерин, ФМБ 32-3 та ін.

Фосфорентерин – штам бактерій, що входить до складу препарату здатний розкласти важкорозчинні органічні фосфати (фітати), що важливо при його застосуванні на південних ґрунтах, а також продукувати речовини, які регулюють ріст рослин. Рекомендується для обробки насіння технічних (ріпак, соняшник), зернових (пшениця, ячмінь, тритикале, кукурудза), овочевих (томати, капуста, огірки, редька) і бобових (соя, нут) культур. Норма витрати: для всіх культур, крім овочевих, 100 мл/га, для овочевих – 1-2 % від маси насіння.

Фосфоробактерин містить активну форму спороносною бактерії, що руйнує фосфорорганічні сполуки і перетворює їх на доступні для рослин форми. Активність фосфоробактерину не знижується за внесення фосфорних добрив. При цьому посилюється ріст кореневої системи, підвищується продуктивність рослин.

ФМБ фосформобілізатор – біопрепарат на основі фосформобілізуючих бактерій – **ФМБ 32-3 (альбобактерин і поліміксобактерин)**, які успішно застосовуються у вирощуванні **цукрового буряка**.

Технологічний штам 32-3 ідентифікований як *Enterobacter nimipressuralis*, було виділено на селективному середовищі з фітином, що свідчить про можливість активного розкладання ним важкорозчинних органофосфатів. Це дуже важливо, оскільки в ґрунтах більша частина недоступних для рослин сполук фосфору знаходиться у вигляді органічних сполук.

Для кращого прилипання бактеріальних препаратів використовують клей КМЦ, мелясу або біоприлиплювач Ліпосам.

Біоприлиплювач Ліпосам – вноситься в бакову суміш разом з біокомплексом і сприяє закріпленню корисних мікроорганізмів на насінні. **Ліпосам** – це природний біополімер, слиз бактерії, завдяки яким

утворюється водоутримуюча молекулярна решітка.

Мікроорганізми, що входять до складу бактеріальних добрив, фіксують молекулярний азот, забезпечують рослину фосфором, сприяють розчиненню та засвоєнню калію та інших мікро- та макроелементів, зміцнюють стійкість рослин до хвороб.

6.8. Застосування мікродобрив

Застосування мікродобрив є невід'ємною складовою сучасних технологій вирощування та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур.

Різні культури мають різні потреби в окремих мікроелементах. Наприклад, зернові культури відчують найбільшу потребу у міді та марганці, кукурудза – у цинку, цукровий буряк – у борі, соняшник добре реагує на внесення бору і міді, ріпак – на бор і марганець. Тому, співвідношення мікроелементів повинно бути збалансованим відповідно до потреб культур з урахуванням особливостей вмісту доступних форм мікроелементів в орному шарі ґрунту. Особливо зростає їх роль за умови застосування високих норм NPK у вирощуванні культур за інтенсивними технологіями.

Донедавна мікроелементи застосовували в так званій сольовій формі, тобто у вигляді неорганічних солей металів, що мають цілий ряд недоліків (токсичність, шкідливість для ґрунту, засвоєння рослинами лише на 20-30 %). Сьогодні на зміну солям прийшли хелати мікроелементів – складні органічні комплексні сполуки, які забезпечують високий рівень засвоєння елементів живлення (на 90-95 %), швидко усунення дефіциту мікроелементів в період вегетації і підвищення рівня рентабельності рослинницької продукції.

Існує декілька форм хелатів на основі яких виробляються мікродобрива: ЕДТА, ДТПА, ДБТА, ЕДДА, ОЕДФ, НТФ. Найбільш поширеною формою є ЕДТА.

Існує цілий ряд досліджень, які вказують на підвищення стійкості рослин сільськогосподарських культур до шкідників та хвороб за внесення мікро- та мікродобрив (В. Д. Паламарчук, І. С. Поліщук, Л. М. Єрмакова, С. М. Каленська, 2013).

Застосування мікроелементів як правило проводиться у позакореневі підживлення, хоча може і оброблятися насіннєвий матеріал перед посівом. Мікродобрива можна вносити в бакових сумішах із агрохімікатами.

Про економічну ефективність застосування хелатних мікродобрих свідчать виробничі дослідження проведені в ряді господарств України. Зокрема, у Черкаській області в господарстві «Красногірське» с. Антипівка підживлення пшениці озимої препаратом «Реаком - Р – Зерно» у фазі кущення (5 л/га) забезпечило приріст урожаю порівняно із контролем на 0,7 т/га. У Дніпропетровській області в умовах господарства «Дружба-Казначейка» позакореневе підживлення посівів ячменю добривом «Реаком-Р-Зерно» збільшило урожайність зерна на 0,5 т/га (на контрольній ділянці – 2,8-2,9 т/га, на обробленій – 3,4-3,5 т/га). Крім цього встановлено, зростання кількості зерен у колосі на 2-5 шт.

6.9. Регулятори та стимулятори росту

У процесі росту рослин відбувається його *саморегуляція*. Екзогенні коливання росту регулюються зовнішніми факторами середовища, ендогенні – «*біологічним годинником*», інтенсивністю нуклеїнового і білкового синтезу, темпами утворення, нагромадження і активності ферментних та ізоферментних систем, фітогормонами й іншими продуктами метаболізму рослин.

Регуляторна функція росту в онто- й морфогенезі рослин виявляється у його впливі на швидкість і напрям метаболічних процесів синтезу, розпаду, руху і нагромадження органічних сполук та інших речовин, у їх розподілі та реутилізації під впливом атрагуючої дії ростучих органів рослин – могутніх центрів поглинання речовин.

Вперше біологічно активні речовини були виявлені в точках росту рослин на початку ХХ століття українським академіком М. Холодним (1927). Перші штучні біологічно активні препарати, створені за принципом впливу ростових речовин у рослинах, виявилися дуже дорогими та малоефективними, тому не знайшли місця в агротехнологіях. По-справжньому високоефективні рісторежуючі засоби вдалося створити на основі найновітніших досягнень науки лише через 50 років.

Сучасні регулятори росту включають комплекс біологічно активних речовин, які посилюють обмінні процеси в рослинних організмах, підвищують їхню стійкість до несприятливих погодних умов, сприяють додатковому використанню закладеного в них потенціалу продуктивності та поліпшенню якості вирощеної продукції.

Регулятори росту рослин – це природні або синтетичні сполуки,

які використовують для ініціювання змін у процесах життєдіяльності рослин, покращення якості рослинного матеріалу, збільшення врожайності, полегшення збирання і зберігання врожаю. Регулятори росту впливають на систему гормональної регуляції, яка визначає характер таких найважливіших фізіологічних процесів, як ріст, утворення нових органів, перехід рослин до цвітіння, старіння, стан спокою або вихід із нього.

Дія регуляторів росту проявляється на молекулярному рівні, а тому її фенотипічне відображення не завжди фіксується як у наукових дослідженнях так і реальному сільськогосподарському виробництві. До того ж фенотипічні ефекти від застосування регуляторів росту рослин у значній мірі можуть модифікуватися ґрунтово-кліматичними та погодними факторами.

Незважаючи на те, що сучасні біостимулюючі препарати визнані одним із найдешевших засобів, здатних забезпечити вагоме підвищення врожайності, застосування їх стримується тривалою недовірою до цього напрямку науки. Через недостатню обізнаність чимало товаровиробників ще не спроможні подолати психологічного бар'єру і повірити в те, що дози у грамах на гектар здатні забезпечити підвищення врожаїв культур на центнери і тонни.

Застосування біологічно активних речовин на посівах сільськогосподарських культур дає змогу компенсувати дію екстремальних факторів зовнішнього середовища. Особливий інтерес представляють регулятори росту, які здатні збільшити загальну і специфічну адаптованість рослин за швидких змін умов зовнішнього середовища.

Комплекс біологічно активних сполук регулює процеси клітинного поділу, диференціації, формоутворення і контролює розвиток та продуктивність рослин. Ці препарати впливають на життєві процеси рослин і не мають токсичної дії на живі організми. Регулятори росту сприяють ефективному використанню рослинами елементів живлення, у тому числі малорозчинних сполук фосфору, прискоренню окремих етапів розвитку, підвищенню стійкості до хвороб та шкідників.

Поряд з тим, що рослина має здатність сама продукувати під впливом певних умов стимулюючі речовини, розроблені засоби застосування синтетичних хімічних речовин, яким властива біологічна активність.

За особливостями дії всі регулятори росту поділяють на **активатори**, або **стимулятори** (посилюють ріст), **інгібітори**

(пригнічують процеси росту) і **летальні речовини** (спричиняють у рослинах незворотні зміни та їх загибель).

До **активаторів росту** або **фітогормонів** (**фітогормони** – хімічні речовини, що виробляються в рослинах головним чином в тканинах, що активно ростуть, на верхівках коренів і стебел і регулюють їх ріст і розвиток) належать речовини ауксинового ряду, похідні фенолу, гібереліни, цитокеніни, ауксини, абсцизова кислота, фузикокцини, етилен та їх синтетичні аналоги). Вони впливають на ріст, морфогенетичні особливості та інші показники, сприяють підвищенню врожайності. Так, цитокінін позитивно впливає на ростові процеси, зокрема на синтез РНК. Кремнійорганічні сполуки (мівал і крезацин) діють на рослину як біостимулятори, поліпшують обмін речовин, підвищують стійкість (адаптацію) рослин до несприятливих умов, тобто мають антистресову дію, підвищують врожайність. Особливо позитивно впливає на ріст, адаптацію рослин до несприятливих умов, їх урожайність, крезацинтрис (2-оксиметил), амоній-крезоксисацетат або триетаноламінова сіль крезоксиоцтової кислоти. Він нетоксичний, не має мутагенної, канцерогенної, тератогенної і кумулятивної дії.

До **інгібіторів** належать гідратид малеїнової кислоти, похідні диметиламіноянтарної кислоти, холінхлориду та ін.

Летальні речовини – це похідні феноксикислот, симетричного триазину та ін.

Регулятори росту використовують для впливу на процеси цвітіння і плодоношення, управління станом спокою, прискорення опадання листя, підсушування рослин перед збиранням, запобігання вилягання рослин, знищення бур'янів тощо. Проти вилягання хлібів застосовують **ретарданти (інгібітори росту)** – хлормекватхлорид, хлорхолінхлорид, кампозан. Період спокою переривають за допомогою тіосечовини, етиленхлор-холін хлориду, дихлоретилену, бромистого етилену. Щоб прискорити опадання листків (**дефоліація**), застосовують дефоліанти (магнію хлорат, ендотал, ціанамід кальцію та натрію тощо). Підсушують рослини на корені (**десикація**) за допомогою десикантів (сульфат амонію, реглон, їдкі луги, гліфосат та ін.).

За даними інформаційних джерел, великих обсягів досягло впровадження сучасних регуляторів у більшості економічно розвинених зарубіжних країн, зокрема у Швейцарії, Франції, Англії, США, Японії, Німеччині та інших.

Показники таблиці 54 свідчать, що при обробці насіння регуляторами врожайність основних польових культур, у середньому за

три роки досліджень по трьох-чотирьох наукових установах, підвищилася на 10,6-29,1 %, у тому числі: озима пшениця – на 14,5-17,3 %, ярий ячмінь – 14,1-19,3, горох – 20,0-21,8, соняшник – 14,5-18,8, цукрові буряки – 12,4-23,2, картопля – 10,6-14,1 і льон-довгунець - на 18,3-19,8 %.

54. Вплив вітчизняних регуляторів росту на прирости врожаїв основних польових культур, (за даними Л. Анішина, 2007)

Культура	При обробці насіння			При обприскуванні посівів		
	Регулятори росту	Прирости врожаю		Регулятори росту	Прирости врожаю	
		ц/га	%		ц/га	%
Озима пшениця	Агростимулін, Емістим С, Триман	5,7-6,6	14,5-17,3	Емістим С, Агростимулін, Діпрол, Триман	5,0-6,8	12,9-20,4
Ярий Ячмінь	Протон, Агростимулін, Емістим С, Альфа	4,4-6,0	14,1-19,3	Метіур, Віталін, Протон, Емістим С	3,6-4,2	12,0-14,2
Горох	Агростимулін, Триман, Емістим С, Метіур	3,3-3,6	20,0-21,8	Емістим С, Агростимулін, Віталій, Метіур, Альфа	2,6-3,6	15,3-21,2
Гречка	Альфа, Емістим С, Триман, Агростимулін	2,4-3,4	20,5-29,1	Емістим С, Метіур, Агростимулін, Триман	3,0-5,1	17,9-24,3
Соняшник	Трептолем, Агростимулін, Сукцин, Емістим С	3,0-3,9	14,5-18,8	Трептолем, Агростимулін, Емістим С, Триман	2,8-4,9	13,5-23,7
Цукрові буряки	Бетастимулін, Альфа, Емістим С, Дімекс	47,0-75,0	12,4-19,8	Бетастимулін, Емістим С, Вогник, Дімекс, Триман	5,0-10,8	12,6-27,3
Картопля	Потейтин, Протон, Емістим С, Вогник	31,0-45,0	10,6-14,1	Потейтин, Протон, Емістим С, Трептолем	20,0-50,0	12,9-15,4
Льон-довгунець	Емістим С Метіур, Триман, Агростимулін	7,3-7,9	18,3-19,8	Емістим С, Агростимулін, Вогник, Триман	4,1-7,1	10,1-17,4

При цьому середні прирости врожаїв від кращих препаратів досягали: зерна ярого ячменю та озимої пшениці – 6,0-6,6 ц/га, цукрових буряків – 75, соняшнику – 3,9, картоплі – 45 ц/га. Майже такі самі прирости забезпечило й обприскування посівів.

Одним з вагомих факторів зниження валових зборів зерна є схильність більшості сортів зернових культур до вилягання. Крім того, шкідливість його проявляється не лише в зниженні реальної продуктивності рослин, але і в погіршенні якісних показників врожаю.

Найбільш радикальним засобом боротьби з цим явищем (втрати зерна від вилягання досягають 30-60 % річного врожаю) вважають виведення низькорослих, напівкарликових форм рослин з міцною соломиною, стійких до вилягання. Запровадження таких сортів у країнах помірного клімату не завжди забезпечує задовільні результати, оскільки карликові форми мають низьку зимостійкість, поверхневу кореневу систему, низьку якість зерна, схильність до зараження грибковими хворобами. В результаті цього в багатьох країнах з середини 60-х років використовують альтернативний шлях вирішення проблеми – ретарданти.

Ретарданти (лат. *retardatio* – уповільнення, затримка) – хімічні речовини, що уповільнюють ріст рослин у висоту, забезпечують ущільнення стінок стебла та активізують розвиток кореневої системи. їх використовують як засіб боротьби з виляганням зернових культур без порушення нормальних строків досягання. Вони легко розчиняються у воді і вільно проникають у рослини. Наявність у ретардантів органічних катіонів позитивно впливає на енергетичний обмін клітин.

Хлормекватхлорид (ССС) – один із найбільш поширених регуляторів росту (ретардантів), що запобігає виляганням хлібів. Він блокує біосинтез гормону росту *гібереліну*, проникаючи в рослину переважно через листки і частково засвоюється кореневою системою з ґрунту. Хлормекватхлорид переміщується в рослині до точки росту. Його дія проявляється у гальмуванні розтягування клітин субапикальної меристеми, внаслідок чого інгібується ріст у довжину, сповільнюється диференціація конуса наростання. Це спричинює збільшення тривалості окремих етапів органогенезу і зростання продуктивності колоса завдяки збільшенню його довжини, кількості колосків і зерен у ньому.

Окрім захисту посівів від вилягання, регулятори росту впливають на процес кущення рослин. Вони зменшують апікальне домінування головного стебла, формується більше бічних стебел, які рівномірно розвинуті і мало відстають у рості від основного стебла, тобто

забезпечується синхронне кущення. У зв'язку з цим морфорегулятори з успіхом використовують для **підсилення кущення** зріджених і середньогустих посівів, а також: на полях з пізніми (жовтневими) строками сівби озимих культур. Застосування морфорегуляторів гарантує економічну доцільність внесення підвищених норм азотних добрив та пестицидів. Це своєрідне «**технологічне страхування**» посівів від негативного впливу природних явищ (сильні вітри, zalivні дощі з поривами вітру та ін.).

Найвища ефективність **хлормекватхлориду** (д. р. 460 г/л) проявляється у **фазі кущення** (перший вузол прощупується на висоті 1 см над поверхнею ґрунту). Не рекомендується зміщувати внесення **хлормекватхлориду** (д. р. 460 г/л) на середину та кінець четвертого етапу органогенезу через жорстку дію на рослини пшениці, що триває 14 днів та інтоксикуючу дію на конус росту на п'ятому етапі. Оптимальна температура після внесення препарату упродовж 5-6 днів повинна становити +12°C, але не нижче +8°C.

У разі використання морфорегуляторів для інтенсифікації та синхронізації процесу кущення (зі збереженням захисної дії від вилягання) строки їх внесення мають бути більш ранні.

Не рекомендується застосовувати ретарданти з метою захисту від вилягання в суху погоду, на слаборозвинутих посівах, за потенціалу врожайності нижче 3,0 т/га, на забур'янених площах та за норми внесення азоту не більше N₆₀.

Позитивна дія ретардантів визначається наступними факторами: знижують втрати зерна від вилягання; створюють кращі умови для збирання; збільшують робочу швидкість і продуктивність роботи комбайнів; підвищують продуктивну куцистість хлібів; сприяють рівномірному дозріванню рослин; підвищують ефективність засвоєння азотних добрив.

Побічний ефект застосування ретардантів – незначне збільшення зараження посівів борошнистою росою і деякими іншими хворобами. Обробка насіння ретардантами затримує появу сходів озимої пшениці на 1-2 дні, затримує ріст і розвиток рослин восени, що дозволяє розпочати посів за 3-4 дні до оптимальних строків.

Кріопротектори. Основною і постійною причиною коливання врожаїв культур є чітко виявлений континентальний клімат з різкими перепадами температур і опадів впродовж вегетації та взимку (для зимуючих культур), що призводить до значного зниження врожайності, а нерідко й до загибелі посівів чи насаджень на великих площах. Були

роки, коли загибель озимих в Україні досягала 4 млн. га. Майже щорічно у багатьох регіонах України пересівають близько третини площ під озимими, а це додаткові енергетичні й матеріальні витрати.

Жодна з країн Західної Європи не має таких строкатих кліматичних умов, як наша. Вважають, що близько 60-70 % сільськогосподарських посівів в Україні підпадає під вплив екстремальних умов, а 30-40 % орних земель розміщені у зоні ризикованого землеробства. Застосування антиоксидантів-кріопротекторів, фітореаніматорів та інших засобів може сприяти одержанню стабільних і високих врожаїв та валових зборів сільськогосподарських культур у таких регіонах.

Антиоксиданти, регулюючи складні біохімічні процеси, не лише продовжують життя, а й розширюють межі адаптації. З'ясовуючи кріофітофізіологічні механізми адаптації, виявлено можливість з допомогою антиоксидантів та інших термоадаптантів підвищувати стійкість рослин до екстремальних умов.

Вагоме значення препарати кріопротектори-антиоксиданти можуть мати для стабілізації врожайності теплолюбних культур у зв'язку з підвищенням морозостійкості і холодостійкості.

Застосування регуляторів адаптації рослин як важливого елемента прогресивних енергозберігаючих технологій забезпечить стабільність високих урожаїв.

Перевагою регуляторів адаптації «антиоксидантів» та інших кріопротекторів перед рядом біологічно активних речовин є високий ефект за дуже низьких доз, відносно невелика вартість, нетоксичність, позитивний вплив не лише на врожайність, а й на якість продукції та на довкілля, транспортабельність.

Антиоксиданти, діючи адресно на конкретні біохімічні процеси, викликають ланцюгову захисну реакцію в організмі рослин. Вони затримують надмірне окислення ліпідів, що відбувається у клітинах за дії пошкоджуючих факторів, запобігають нагромадженню в організмі отруйних продуктів окислюваного розкладу ліпідів, сприяють підвищенню індексу ненасиченості жирних кислот, і в зв'язку з цим пошкодження мембран не відбувається або проходить у значно меншій мірі, сприяють стабілізації та підсиленню антиоксиданційної захисної системи самих рослин і через енергетичне дихання забезпечують збереження структури в організмі. Все це сприяє підвищенню стійкості рослин проти дії екстремальних факторів.

Антиоксиданти в біохімічному плані сприяють адаптації рослин до зовнішніх умов, які постійно змінюються. Цим вони розширюють межі

пристосування, підвищують життєздатність, стійкість і при цьому істотно зберігають енергетичні й пластичні ресурси рослин.

Отже, застосування регуляторів росту рослин дає результати, які не можуть бути досягнуті іншими агроприйомами. Регулятори росту рослин (стимулятори росту рослин, ріст регулюючі речовини, біостимулятори) дають змогу не лише підвищувати урожай, покращувати його якість, але й зміщувати строки дозрівання, суттєво підвищувати стійкість рослин до несприятливих факторів середовища, значно покращувати екологічний стан навколишнього середовища за рахунок зменшення норм використання пестицидів, зниження впливу радіонуклідів.

6.10. Десикація та дефоліація у сучасних технологіях вирощування

В сучасних аграрних технологіях не можна обійтися без новітніх агрохімічних розробок, які сприяють кращому збереженню врожаю і оптимізації його збору. Серед таких прийомів можна відзначити десикацію і дефоліацію.

Десикація (від лат. *desiccare* – висушувати) – передзбиральне підсушування рослин з метою прискорення досягання (на 5-7 діб) і полегшення збирання врожаю, яке особливо ефективно в умовах забур'яненості та вологої погоди.

Десикація забезпечує зниження вологості зерна та насіння, полегшує збирання врожаю, зменшує забур'яненість, а також втрати врожаю та затрати на досушування.

Нині використовують десиканти на основі диквату, гліюфосинату амонію та гліфосату. Десикацію проводять на посівах соняшнику, сої, льону, гороху, рису, насінників цукрових буряків, пшениці, картоплі, люцерни, конюшини та інших культур орієнтовно за 10 діб до збирання врожаю. Десикація не пошкоджує насіння і бульби, що дозрівають, створює сприятливі умови для роботи збиральних машин. Одночасно з переджнивним підсушуванням рослин поля звільняються від багаторічних бур'янів під наступні культури, особливо за середнього та сильного ступенів забур'яненості. Десикація ефективна за вологої погоди. Спосіб застосування десикантів – наземне обприскування, на великих площах – авіацією.

Для кременистих форм кукурудзи ранні строки дозрівання поєднані із десикацією дозволяють навіть проводити посів після них озимих

культур.

Використання сучасних препаратів у десикації, таких як наприклад «Раундап Пауер» фірми «Байер» дозволяє мати на 1 л препарату більшу концентрацію діючої речовини, зменшує час очікування ефективної дії із 6-24 годин у інших препаратів до 2 год. (особливо зменшує ризик повторного обприскування через несподіваний дощ).

Наприклад, розпочинати десикацію, на **кукурудзі**, можна з настанням фізіологічної стиглості зерна та всихання 2-3 верхніх листочків на рослині, на зерні це поява, так званої, «чорної точки». Десикацію необхідно розпочинати за досягнення зерном вологості 29-32 %. За таких умов зерно досягло фізіологічної стиглості, і подальше прискорене висихання рослин не матиме негативного впливу на виповненість і масу 1000 зерен.

За проведення десикації на посівах кукурудзи швидкість руху зернозбирального комбайна під час збирання може бути збільшена на 2-3 км/год порівняно із оптимальною, при цьому культура збирається на 2-3 тижні раніше, що залишає достатньо часу для підготовки ґрунту для вчасного посіву навіть пшениці озимої.

Проведення десикації посівів кукурудзи сприяє збереженню врожайності зерна на рівні 0,7-1,7 т/га, зниженню вологості зерна на 3-5 % (максимально на 8-9 %), зменшення витрат пального на збирання на рівні 2-3 л/га. Досушування 1 тони насіння кукурудзи на 1 % вимагає близько 2,7 доларів.

Для **ріпаку**, особливо озимого, десикація найбільш важливий агротехнічний захід, який забезпечує підсихання рослин та дозрівання насіння. Використовуючи десикацію ріпаку слід враховувати, що рослини ріпаку мають вкриті восковим нальотом поверхню, яка обмежує ефективність препаратів у вологу погоду.

Десикація ріпаку, згідно досліджень компанії «Байер», забезпечує за 15 днів після проведення обприскування зниження вологості на 3,0 % порівняно із необробленими варіантами, а за 7 денного періоду – 0,1 %. Вплив десикації гербіцидом «Раундап Пауер» на вологість насіння ріпаку (на час збирання врожаю): без обробки вологість – 9,7 %, за проведення десикації «Раундап Пауер» 1,5 кг/га – 7,46 % та при десикації 2,5 кг/га – 7,3 %.

Для встановлення строку проведення десикації необхідно:

- 1) вибрати типову для поля ділянку, відібрати 20 різних стручків із середньої частини головного стебла різних рослин;
- 2) відкрити кожен стручок, і якщо колір змінюється із зеленого на

коричневий в меншій мірі у 2/3 насінин (75 %) на кожен стручок з усіх відібраних стручків, це означає, що настав ранній відповідний етап для обприскування;

3) щоб остаточно впевнитись, що поле готове до обприскування, на цьому етапі стручки здатні згинатися в кільце навколо пальця без розтріскування;

4) обприскування має бути проведене через 3-4 дні, у випадку дуже холодної погоди цей термін може становити до 7 днів, препарат має бути застосований, коли вологість насіння ріпаку становить менше 30 %.

Проведення десикації сприяє збереженню врожаю ріпаку на рівні 0,20-0,66 т/га, зменшенню вологості на 3-5 %, зменшенню витрат пального на збирання на рівні 2-3 л/га, порівняно із контрольним варіантом (без десикації). Досушування 1 тони насіння ріпаку на 1 % вимагає біля 3 доларів.

Проведення десикації на **соняшнику** сприяє: 1) підвищенню врожайності, особливо пізньостиглих гібридів; 2) полегшенню збиральних робіт; 3) контролю широкого спектру однорічного та багаторічних бур'янів; 4) збільшенню швидкості руху комбайнів на 2-3 км/год; 5) скороченню строків збирання на 2-3 тижні; 6) зменшенню, витрати пального під час збирання, на 2-3 л/га; 7) зниженню вологості насіння на 3-5 %.

Десикація на **соняшнику** проводиться після завершення формування рослиною сухої речовини, дана стадія розвитку рослини визначається наступним параметрами: 1) кошики соняшника забарвлені в типовий лимонний колір; 2) листки розташовані біля кошика – сухі; 3) вологість насіння в межах 20-25 %.

За сухих погодних умов вологість насіння може бути нижчою 20 %. Десикація соняшнику за допомогою «Раундап Пауер» 20 днів після обробки вологість насіння на момент збирання врожаю: без обробки – 10,5 %; 540 г д. р./га – 9,4 %; 720 г д. р./га – 8,35 %; 1080 г д. р./га – 7,48 %; 1800 г д. р./га – 6,98 %.

Досушування 1 тони насіння соняшнику на 1 % вимагає біля 3 доларів. Застосування десикації сприяє збереженню врожаю соняшнику на рівні 0,70-0,77 т/га, порівняно із контролем (без десикації).

Десикацію **зернових культур** необхідно проводити за 2 неділі до планованого збирання врожаю, коли плодоніжка у верхній частині стебла, прямо під вушком, починає втрачати свій зелений колір та стає коричневою (використовується для пшениці та ячменю). Також для встановлення строків проведення десикації можна зібрати 20 зерен з

різних частин рослини (найкращий варіант – взяти з центра кожного колоса або волоті), натиснути нігтем великого пальця на зернину і якщо відтиск залишається на зернині, культура готова до обприскування десикантом (стосується пшениці, ячменю та вівса) крім того можна розрізати зернівку навпіл і якщо 75 % зернин мають прожилки на складці забарвлення темно-коричневого кольору, це означає, що рівень вологості досяг 30 %, але якщо всі відібрані зернини мають такий вигляд у розрізі, значить вміст води у них менше 30 % (використовується лише для пшениці).

Десикація зернових культур полегшує процес збирання врожаю, зменшує витрати пального на 2-3 л/га, знижує вологість зерна на 3-5 %, збільшує швидкість руху комбайнів на 2-3 км/год. Крім того десикація на зернових культурах дозволяє зберігати тривалий контроль (1-3 роки) багаторічних бур'янів. Досушування 1 тони насіння зернових культур на 1 % витрачає біля 3 доларів.

Таким чином, застосування десикації сприяє зменшенню вологості зерна та насіння, полегшує збирання врожаю, зменшує забур'яненість, а також втрати врожаю та затрати на доведення до стандарту зібраного насіння.

Дефоліація (з лат. De - відділення, видалення, і folium - лист) – процес опадання листя з рослин. Він може відбуватися природним шляхом (листопад) внаслідок певних кліматичних умов, температурного режиму, особливостей догляду і т. д., а також штучно, за допомогою обробки рослин спеціальними речовинами - **дефоліантами**. Застосовують його для сільськогосподарських культур з метою забезпечення оптимальних умов дозрівання і поліпшення якості машинного збирання врожаю. Застосування дефоліантів часто практикується при збиранні бавовнику. Саме така технологія дозволяє замість ручної праці використовувати механізоване збирання бавовни. Також дефоліація значно полегшує процес збирання винограду (застосовується на технічних сортах), насінників люпину і буряку, технічних культур таких як льон, кенаф.

Правильне застосування дефоліантів не впливає на життєздатність рослин, викликаючи лише передчасне опадання листя. Ще одна зі сфер застосування дефоліантів - обробка саджанців плодових культур (в плодових розсадниках). Перед викопуванням молодих дерев проводять обробку їх листя **дефоліантами**, щоб прискорити процес утворення клітин між черешками листя і пагонами. Для стимулювання відмирання і опадання листя, рослини обприскують водними розчинами дефоліантів

(сульфату амонію, ціанаміду кальцію, хлорату магнію та інших хімічних речовин подібної дії). Якщо площа сільськогосподарських угідь значна, вдаються до допомоги авіації.

Застосовувати дефоліацію чи ні - питання, яке не має однозначної відповіді. Приймаючи рішення, потрібно відштовхуватися від цілого ряду чинників, одним з найважливіших є особливості вибраного сорту рослин, так як далеко не всі сорти підходять для дефоліації.

Метод дефоліації використовується для багатьох культур, наприклад, для бобових, плодових, насінників і т.д.. Недоліком дефоліації для рослин є великий стрес, що сприяє уповільненню росту.

Для зменшення втрат врожаю бобових, капустяних та інших культур часто використовуються **еластики**. Наприклад, з метою зменшення втрат від осипання за 3-4 тижні до збирання ріпак обробляють плівкоутворюючими препаратами - **еластиками** (типу Neu Film-17), що зменшує втрати на 20 %. Крім того для прискорення дозрівання у полі та одержання сухого і високоякісного насіння на ріпаку застосовують відповідні десиканти (при побурінні 70 % стручків за 14 днів до збирання і вологості насіння 35-40 %).

Дефоліація і десикація – високоефективні заходи, спрямовані на підвищення продуктивності механічного руху збирання сільськогосподарських культур і поліпшення показників їх врожайності, що підвищують стійкість рослин до розвитку різних захворювань і подовжують термін зберігання продукції.

6.11. Система збиральних робіт

Кінцевим і найбільш відповідальним технологічним етапом вирощування рослинницької продукції є збирання врожаю. Щороку в Лісостеповій зоні України під зернові, зернобобові, круп'яні, кукурудзу і соняшник відводиться близько 60 % усіх посівних площ. Для збирання їх в оптимальні строки необхідно мати відповідний парк сучасної зернозбиральної техніки.

Важливим у технології збирання сільськогосподарських культур є встановлення оптимальних строків, які впливають на втрати при збиранні, якість врожаю та очищення поля від післяжнивних решток. На якість проведення збиральних робіт впливає вологість насіння, густота стеблостою, висота зрізу, стійкість до вилягання, забур'яненість поля та ін.

Розрізняють *пряме й роздільне, одно- і двофазне збирання* врожаю

зерна, кормів, коренеплодів.

Комбайновий спосіб може бути **однофазним** (пряме комбайнування) і **двофазним** (роздільне комбайнування), з наступною обробкою зерна на стаціонарних зерноочисно-сушільних комплексах і збиранням незернової частини урожаю (НЗУ).

Пряме комбайнування передбачає зрізування стебел, обмолот хлібної маси, очищення зерна від домішок і збирання продуктів обмолоту (зерна, полови і соломи). Зерно збирають у бункер комбайна, а соломі і полові укладають у копиці або валки на полі, або подрібнюють і збирають у візки, чи розкидають на полі. Всі ці операції виконують комбайном у єдиному безперервному потоці. **Прямим комбайнуванням** збирають зернові з підсіяними багаторічними травами, низькорослі (до 50 см) і ті, які перестояли, зріджені (менше 280 рослин на 1 м²), якщо немає можливості сформувати валок масою 1,4 кг на один метр довжини, а також ті, що рівномірно досягають і низько забур'янені хліба. Втрати зерна за жаткою і за молотаркою допускаються до 1,5 % (рису – 2 %). Чистота зерна в бункері не нижче 95 %.

Збирання розпочинають на початку повної стиглості, коли вологість зерна не перевищує 18-20 %. Пряме комбайнування застосовують також на посівах, які були оброблені десикантами.

У багатьох країнах перевагу віддають прямому комбайнуванню. В Англії та Німеччині застосовують лише пряме комбайнування, Канаді – на 75 % площі, Австралії – на 95, Україні – на 50 %.

Проте гречку, просо, могар, сорго збирають **роздільним способом**. У них стебла у фазі повної стиглості рослин залишаються зеленими (**ремонтантними**). **Двофазний (роздільний) спосіб** збирання передбачає спочатку зрізування і укладання рослин у валки – **перша фаза**, а через 5-6 днів підбирання валків комбайнами, обладнаними підбирачами – **друга фаза**. Далі процес відбувається як за прямого комбайнування.

За **двофазного способу збиральня роботи** починають на 3-6 днів раніше, ніж при однофазному, що має важливе господарське значення. Однак, при цьому збиральні машини рухаються на полі двічі, а це призводить до збільшення витрат коштів.

Роздільним комбайнуванням збирають культури, що нерівномірно досягають (гречка, просо), а також ті, густина яких не менше ніж 300-350 рослин на 1 м² і висота не менша ніж 60 см. Втрати допускаються до 1 %. Скошувати у валки починають у фазі воскової стиглості за

вологості зерна 25-35 % залишаючи стерню висотою 12-25 см (для кращого просушування валок повинен лежати на стерні, а не на землі). Стебла у валках значно підсихають, а бур'яни в'януть, що суттєво полегшує обмолот і очищення зерна.

Насінники кормових трав (люцерни, конюшини, еспарцету, злакових трав), як правило, збирають роздільно.

Кращими на збиранні є зернозбиральні комбайни, у яких молотильна установка (барабан) розміщена паралельно ходу збирального агрегату, а не упоперек, як у старих схемах.

Широкий спектр робіт, які може виконувати сучасний комбайн, досягається за рахунок можливості агрегування його з різними спеціальними приставками та пристроями, які дають можливість пристосовувати технологічний процес скошування і обмолоту до специфічних вимог при збиранні кожної з цих культур. Жатка комбайна забезпечує якісне зрізування стебел рослин навіть за високої вологості, підтримує задану висоту зрізу за допомогою автоматичної системи горизонтального і вертикального копіювання рельєфу. Вона обладнана стебло-роздільниками та змінними стеблепіднімачами, які дають можливість збирати без втрат полегли хліба.

Бортовий комп'ютер контролює роботу двигуна, технологічної частини, видає рекомендації щодо вибору режимів, за необхідності стабілізує роботу двигуна та робочих органів.

Шини коліс комбайнів зі зниженим тиском мінімально ущільнюють ґрунт. Пропускна здатність сучасних комбайнів становить 9-12 кг/с. Найпопулярнішим комбайном у Західній Європі і, зокрема, у лісостеповій зоні України, вважається комбайн з пропускною спроможністю 5-7 кг./с.

Зернозбиральні комбайни зарубіжних фірм (Claas, John Deere, Case та інших) в основній комплектації призначені для збирання врожаю зернових колосових культур прямим комбайнуванням. Ними можна збирати врожай практично всіх зернових і олійних культур, а також насінники трав, насіння дрібнонасінних культур (ріпаку, льону та інших). Для збирання кукурудзи комбайни обладнують 4-х, 6-ти або 8-рядними приставками.

Способи збирання НЗУ (не зернової урожайності) при прямому і роздільному комбайнуванні використовують також різні: з утворенням копиць 9-20 м³, валків і поточний. У першому випадку комбайни обладнують копнувачами, у другому – валкоутворювачами, а в третьому – начіпними пристроями, які мають подрібнювальний апарат і пристрої

для збирання половин і подрібненої соломи у візок або ж для їх розкидання, частково або повністю.

При збиранні зернових культур з обчісуванням суцвіття на корені соломі заробляють в ґрунт дисковими боронами. На основі аналізу існуючих технологій і технічних засобів збирання зернових культур можна стверджувати, що при збиранні зерна зернових культур перевага надається однофазному способу. При збиранні НЗУ за кордоном перевага надається валковій технології з наступним пресуванням соломи, а також подрібненню соломи і розкиданню її на полі.

Поряд з удосконаленими конструкціями комбайнів класичної схеми для збирання зернових культур використовують **комбайни роторного типу** з високою пропускною спроможністю (10-12 кг/с), а також жатки з обчісувальними пристроями.

Збирання коренеплодів. У технологічному процесі виробництва коренеплодів **збирання цукрових буряків** є однією із найбільш ресурсомістких операцій (до 30 % усіх затрат). За механізованого збирання цукрових буряків бурякозбиральні машини повинні забезпечити високі функціональні показники якості виконання технологічного процесу при своєчасному проведенні всього комплексу збиральних робіт. **Механізовані технології** збирання коренеплодів цукрових і кормових буряків поєднують в собі цілий ряд складних **технологічних операцій** – збирання гички і коренеплодів за різними схемами. В комплекс робіт входять зрізування гички коренеплодів, доочищення головок коренеплодів від залишків гички з їх дообрізкою, викопування коренеплодів з одночасним подальшим очищенням вороху від домішок або укладання їх у валок з подальшим підбиранням і очищенням, завантаження і транспортування коренеплодів і гички. Технологічний процес збирання коренеплодів має головний вплив на основні агротехнічні характеристики урожаю, конструкції робочих органів і компоновально-технологічні схеми бурякозбиральних машин. У залежності від наявності в господарстві типів бурякозбиральних машин можуть застосовуватися однофазний і роздільні двофазний, трифазний або чотирифазний способи збирання коренеплодів.

При **однофазному способі збирання**, який використовується для збирання цукрових буряків, за один прохід збирального агрегату виконуються всі технологічні операції: зрізування гички з наступним завантаженням її в транспортний засіб або розкидання по полю; доочищення і дообрізка залишків гички з головок коренеплодів; викопування коренеплодів, їх очищення від домішок із наступним

завантаженням коренеплодів у транспортний засіб, що рухається поруч з збиральною машиною, або в бункер самохідної збиральної машини. Для реалізації однофазного способу збирання, як правило використовують самохідні шестирядні потужні коренезбиральні комбайни бункерного типу: вітчизняний КСБ-6 «Збруч» та зарубіжні Kleine SF-10 (Німеччина), Tim SR 1800 (Данія), «Moreau» (Франція).

Двофазний спосіб збирання коренеплодів включає дві окремо роздільні фази (стадії) технологічного процесу збирання цукрових буряків.

Перша стадія передбачає: зрізування гички коренеплодів із завантаженням її в транспортний засіб або розкиданням на зібране поле, доочищення і дообрізки залишків гички з головок коренеплодів. **Друга стадія** включає: викопування коренеплодів, очищення вороху від землі й рослинних домішок; завантаження коренеплодів у транспортний засіб. Перша стадія, окрім збирання гички, може включати в собі ще і викопування коренеплодів, їх попереднє очищення від домішок із наступним формуванням валка викопаних коренеплодів. Тоді на **другій стадії збирання** виконують лише підбирання утвореного валка коренеплодів, їх остаточне очищення від домішок із наступним завантаженням коренеплодів в транспортний засіб. Даний спосіб реалізується комплексами причіпних машин «Kleine».

Трифазний спосіб збирання коренеплодів включає в себе такі три стадії збирання. **Перша стадія** - зрізування гички коренеплодів із завантаженням її в транспортний засіб або розкиданням на зібране поле.

Друга стадія – доочищення головок коренеплодів від залишків гички. **Третя стадія** – викопування коренеплодів, очищення вороху від землі і рослинних домішок, завантаження коренеплодів у транспортний засіб.

Трифазний спосіб збирання коренеплодів також може бути реалізований поєднанням першої і другої стадії в одну та виконанням третьої стадії в **два етапи: перший** – викопування коренеплодів і формування валка, **другий** – підбирання валка із навантаженням коренеплодів у транспортний засіб.

Чотирифазний спосіб збирання коренеплодів застосовують за несприятливих природних умов збирання або наявності великої забур'яненості посівів буряків, тобто коли збиральні машини не в змозі досягти агротехнічних вимог за загальною кількістю домішок у зібраному воросі коренеплодів. Чотирифазний спосіб включає **три стадії** трифазного способу збирання із застосуванням – завантаження

коренеплодів з утворених кагатів буряконавантажувачами – очисниками.

Однофазний спосіб збирання цукрових буряків має суттєві переваги перед всіма останніми за рахунок меншої кількості проходів збиральних машин і відповідно меншого ущільнення ґрунту. Але застосування самохідних потужних бункерних машин доцільне за площі збирання більше 200-250 га та врожайності коренеплодів більше 25,0 т/га, тобто за мінімального часу заповнення бункера машини, або мінімальних витратах енергетичної потужності двигуна на самопереміщення за час заповнення бункера коренеплодами. Використання причіпних машин для дво-, трифазних способів збирання раціональне в умовах підвищеної вологості ґрунту та на площах до 200 га. Завдяки просушуванню утвореного валка зменшується загальна кількість землі у ворсі коренеплодів і, відповідно, кількість вивезеного з поля родючого шару ґрунту. Але довготривале (понад 3-5 годин) просушування валка викопаних коренеплодів призводить до значних втрат їх цукристості. Для реалізації вказаних одно-, дво-, три- і чотирифазних способів збирання можуть застосовувати **потокову, перевалочну і потоково-перевалочну технології збирання.**

Потокова технологія збирання передбачає відвезення зібраних коренеплодів безпосередньо від збиральної машини на приймальний пункт цукрового заводу, гичку – на ферму або силососховище.

Перевалочну технологію збирання застосовують тоді, коли є недостатня кількість транспорту для відвезення коренеплодів на приймальний пункт і велика засміченість бурякової сировини. Коренеплоди вивантажують на перевалочному майданчику в купи, валки або кагати, а потім завантажують їх в транспортні засоби потужними буряконавантажувачами-очисниками, наприклад СПС-4,2А, які доочищають коренеплоди від домішок до необхідної кондиції бурякової сировини.

Потоково-перевалочна технологія збирання полягає в тому, що одну частину зібраних коренеплодів безпосередньо від коренезбиральної машини відвозять на приймальний пункт заводу, а іншу – на перевалочний майданчик.

За способом з'єднання з енергетичним засобом (трактором) бурякозбиральні машини поділяються на **причіпні, навісні і самохідні.**

За шириною захвату бурякозбиральні машини класифікуються на дво-, три-, чотири-, шестирядні. Серед імпортних бурякозбиральних машин перевагу слід надавати французьким та німецьким.

Збирання кукурудзи залежить від напрямку її використання. На

зерно кукурудзу починають збирати наприкінці воскової стиглості, на насіння – на початку фази повної стиглості і закінчують протягом 12-16 днів. Для згодовування тваринам дану культуру збирають у фазі молочно-воскової або воскової стиглості.

За **першого способу** збирають качани і масу, при цьому виконують послідовно такі технологічні операції: відривання качанів, зрізування стебел, подрібнення листостеблової маси, очищення качанів від обгорток. Далі проводять післязбиральний обмолот качанів. Він полягає у висушенні та обмолоті. Сушать їх у спеціальних бункерах, сховищах з вентиляванням повітря або подачею в них підігрітого повітря. Для цього використовують спеціальні стаціонарні механізовані пункти з повним комплектом машин, обладнання або сховища, бункери, окремі машини для очищення качанів та обмолоту. Використовують самохідні або напівпричіпні кукурудзозбиральні комбайни ККП-3, ККП-2, КСКУ-6А, очисники качанів ОП-15П, молотарки МКП-3,0, МКП-У.

При **відокремленні качанів** з одночасним їх обмолотом і подрібненням листостеблової маси (збирається зерно і маса) використовують зернозбиральні комбайни з пристроями для збирання кукурудзи та кукурудзозбиральний комбайн КСКУ-6А, обладнаний молотильним апаратом.

Другий спосіб застосовують для збирання стиглої кукурудзи на продовольче або фуражне зерно. Він полягає в тому, що качани відокремлюють, обмолочують, зерно очищають і збирають у бункер, а стебла подрібнюють (збирається зерно і маса). При цьому способі виконують послідовно такі операції: відривання качанів, зрізування стебел, подрібнення листостеблової маси, обмолот качанів, виділення і очищення зерна. Остаточо очищають і сушать зерно на зерноочисно-сушильних комплексах КЗС-25, КЗС-50 та ін.

Третій спосіб застосовують для заготівлі кормів для тваринництва. При різних технологічних схемах збирання вся маса підвищеної вологості подрібнюється. При збиранні кукурудзи на зерно, комбайни повинні без втрат відривати качани і зрізувати стебла з листям до 4 м заввишки, при висоті зрізування не більше ніж 10-15 см. При вищому зрізуванні утруднюється післязбиральний обробіток ґрунту. Збирати кукурудзу потрібно наприкінці воскової та на початку фази повної стиглості при вологості 25-30 %.

Період збирання сільськогосподарських культур визначає розмноження шкідників і збудників хвороб, формування фітосанітарного стану посівів та втрат урожаю. **Раннє збирання**

врожаю порушує й ускладнює завершення життєвого циклу розвитку багатьох видів бур'янів і особливо шкідників, які живляться і розвиваються за рахунок генеративних органів рослин – суцвіть, квіток, насіння, вони знижують пошкодження зернових культур хлібними жуками, трипсами, черепашкою, а посіви кукурудзи – стебловим кукурудзяним метеликом.

Скорочення періоду збирання врожаю зернових культур знижує втрати врожаю від фузаріозу, плісневих грибів, кореневих і стеблових гнилей, запобігає ферментативно-мікоризному стіканню зерна.

Запізнення зі збиранням врожаю призводить до інтенсивного інфікування насіння фітопатогенними грибами і бактеріями, втрати схожості.

Післязбиральні рештки, що тривалий час залишаються незаробленими в ґрунт, є резервацією злакових мух, іржі, борошнистої роси, кормом для мишовидних гризунів. Більшість шкідників і збудників хвороб, що паразитують на тій або іншій культурі, перезимовують на рослинних рештках чи в ґрунті, а навесні вони знову здатні уражувати рослини, які висівають на цьому полі. Це може спричинити масові захворювання рослин.

Питання для самоконтролю:

1. Значення попередників у технологіях вирощування.
2. Рівень продуктивності сучасних сортів та гібридів.
3. Використання інтенсивних, напівінтенсивних та екстенсивних сортів.
4. Агрохімічно ефективні сорти (АЕС) та їх значення в інтенсивних технологіях.
5. Добір сортів та гібридів («адаптивне рослинництво»).
6. Передпосівна підготовка насіння (протруєння, інкрустація, скарифікація, прогрівання, дражування та інокуляція) та її значення.
7. Основні вимоги до оприскувачів. Параметри сучасного внесення пестицидів.
8. Особливості оптимального вибору розпилювачів для сучасних оприскувачів.
9. Фізіологічна роль макро- та мікроелементів.
10. Який вміст у рослинах мають мікроелементи та їх представники.
11. Фактори які впливають на доступність елементів живлення з ґрунту.
12. Охарактеризуйте випадки в яких позакореневе підживлення

найбільш необхідне для рослин.

13. Фактори які впливають на ефективність позакореневого підживлення.

14. Застосування КАСів, переваги та недоліки.

15. Вкажіть позитивні моменти застосування регуляторів росту рослин.

16. Значення гідрофобізації насіння.

17. Напівсухе протруєння насіння, переваги та недоліки.

18. Основні агротехнічні вимоги до виконання сівби.

19. Механічний обробіток ґрунту. Традиційна, мінімальна та нульова система обробітку ґрунту.

20. Передпосівний обробіток ґрунту, його значення.

21. Мінімізація обробітку ґрунту.

22. Інтегрований захист сільськогосподарських рослин.

23. Які фактори впливають на рівномірність внесення пестицидів?

24. Основні умови ефективного застосування мінімального обробітку ґрунту.

25. Використання біологічних препаратів для захисту від шкочинних об'єктів сільськогосподарських культур.

26. Фаготерапія та її значення.

27. Особливості застосування органічних і мінеральних добрив у сучасних технологіях вирощування.

28. Характеристика застосування сидератів у рослинництві.

29. Використання мікробіоти для підвищення засвоєння елементів живлення рослинами.

30. Азотфіксатори та фосформобілізуючі бактерії та їх використання.

31. Застосування мікродобрив, у сучасних агротехнологіях.

32. Використання регуляторів та стимуляторів росту рослин у інтенсивних технологіях.

33. Від чого залежить якість проведення збиральних робіт?

34. Охарактеризуйте способи та строки збирання врожаю.

ЧАСТИНА ІІІ

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР

РОЗДІЛ 7. ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ОСНОВНИХ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР

7.1. Інтенсивні технології вирощування зернових культур

Вирощування зернових культур має давню історію, адже їх культивування розпочалося ще 12 тисяч років тому, що сприяло формуванню найбільшого ареалу поширення. Зернові культури становлять понад 60-70 % всіх продуктів харчування людства. Пріоритет їх вирощування у всьому світі зумовлений транспортабельністю, високою продовольчою та кормовою якістю та можливістю зберігати упродовж кількох років. Запаси зерна – є стратегічним запасом продовольства у будь-якій країні.

У світі, в середньому, зернові займають величезні площі: пшениця – 216 млн. га, рис – 146,5, кукурудза – 131,5, ячмінь – 73,5 млн. га.

Україна утримує лідерські позиції у сфері виробництва зерна, її чорноземи є одними з найродючіших ґрунтів та найкращою основою для отримання високих врожаїв.

Найпоширенішою зерновою культурою в Україні є озима пшениця, посіви якої займають залежно від року 6,4-7,3 млн. га землі. До 90 % площ її зосереджено у Лісостеповій та Степовій зонах і лише близько 10 % – у Поліській. Друге місце за площами посіву належить кукурудзі, яку в окремі роки висівають на 3,8-5,39 млн. га. Інші зернові злакові культури (жито, тритикале, овес, яра пшениця, озимий ячмінь, просо, рис, сорго) висівають в Україні на площі, яка в різні роки коливається в межах 2,5-3,5 млн. га.

Озиме жито, тритикале і овес поширені переважно на Поліссі та в Лісостепу; озимий ячмінь – в районах Степу й Лісостепу; просо – в усіх зонах України; кукурудза на зерно – в Степу й Лісостепу; рис і сорго – у степових районах.

В умовах зростаючого науково-технічного потенціалу розвинутих країн досить швидко і обґрунтовано був знайдений, а тепер уже й реалізований, головний напрямок інтенсифікації рослинництва – це **інтенсивні технології вирощування всіх сільськогосподарських**

культур та на фоні загальних прогресивних систем землеробства.

Рівень урожайності головних зернових культур світу – пшениці та рису, навіть у третіх країнах світу, за їх застосування, подвоївся.

Рослинництво має бути інтенсивним за рахунок найбільш повного використання унікальної здатності рослин до біологічної акумуляції **космічних** (сонячна радіація, теплові ресурси) **факторів продуктивності**, в поєднанні з такою ж самою ефективністю використання **геологічних** (грунт, водні ресурси) **факторів**. Тут мова може йти про інтенсивні агроєкосистеми зон або регіонів, а в масштабах конкретних господарських формувань, де фактично і здійснюються інтенсивні технології, перш за все про **інтенсивні агроландшафти**.

Науково обґрунтоване вирішення питання оптимізації умов та параметрів формування інтенсивних посівів зернових культур спирається на **закон незамінності та рівнозначності факторів продуктивності рослин**, взаємодію цих факторів від простої до складносумарної (**синергетичної**). Максимально сприятливо і максимально повно повинні створюватися і використовуватися ті умови, фактори і параметри інтенсивних посівів, що за рахунок переважно природних дешевих і відновлюваних джерел забезпечують найвищий рівень продуктивності посівів, прийнятий рівень екологічної чистоти та споживчих якостей продукції, працюють на енергозбереження антропогенних за походженням енергоресурсів.

Через удосконалення структури посівів зернових культур у зонально-регіональних межах можна створити, а потім і реалізувати, найвищий біологічний потенціал зернового господарства в кожній зоні або регіоні. Здійснити пошук найбільшої відповідності біологічних потреб та можливостей тієї або іншої культури щодо агрокліматичних і ґрунтових умов (**адаптації**).

У сучасному науковому забезпеченні обґрунтованим є розгляд і здійснення підходу до оптимізації умов формування інтенсивних посівів за допомогою концепції ідеального типу (**ідеатипу**) рослини та **ідеального типу посівів**. Концепція ідеатипу або синонімічно **ідеамоделі** передбачає оптимізацію практично всіх умов та факторів інтенсифікацій продукційного процесу рослини та її біологічних (фізіологічних, біохімічних, біометричних) параметрів, що забезпечують їх повне використання і відтворення на рівні кінцевої продуктивності посіву (сукупності ідеальних рослин). Зрозуміло, що на практиці важко або навіть неможливо в повній мірі створити і забезпечити функціонування саме ідеатипів рослин і посівів, але вже сам процес

можливості наближення до них не може не стимулювати прагнення до цього.

У структурі створення і забезпечення ефективного функціонування ідеатипу посівів зернових культур найважливішою складовою є генетично обумовлений потенціал сорту з усіма його властивостями щодо продуктивності та можливостей використання умов інтенсивного продукційного процесу.

В своєму розвитку зернові знаходяться у **вегетативному періоді** до виходу в трубку або утворення стебла (ВВСН 10...29^{1*}), від початку появи колоса і до кінця цвітіння (30...69) – в **генеративному** і від першої стадії дозрівання до повної стиглості (71...92) – в **репродуктивному періоді**. Вегетативний період співпадає з **системним ростом вегетативної маси**, генеративний період – із **формуванням зерна**. Окремі стадії, з точки зору утворення урожаю, мають різне значення.

Потенціал продуктивності нових інтенсивних сортів, що є біологічним за своєю природою, став також найголовнішим фактором біологізації рослинництва.

55. Шкала ВВСН росту та розвитку зернових культур (стадії розвитку зернових, за шкалою Задокса Zadoks scale)

КОД	Стадії
МАКРОСТАДІЯ 0: ПРОРОСТАННЯ	
00	Сухе зерно
01	Початок поглинання води
03	Кінець поглинання води
05	Поява кінчика зародкового корінця
06	Зародковий корінь розтягується, кореневі волоски й помітні бічні корінці
01	Поява кінчика зародкової піхви (колеоптиля)
09	Сходи: колеоптиль проходить поверхню ґрунту; листок досягає кінчика колеоптиля
МАКРОСТАДІЯ 1: РОЗВИТОК ЛИСТІВ	
10	Перший листок виходить із колеоптиля ^{1), 2)}
11	Стадія 1-го листка. Перший листок розгорнутий. З'явилося вістря другого листка
12	Стадія 2-го листка. Другий листок розгорнутий. З'явилося вістря третього листка
13	Стадія 3-го листка. Третій листок розгорнутий. З'явилося вістря четвертого листка
1.....	Стадії, що тривають до...
19	9 і більше листків розвинуті

КОД	Стадії
МАКРОСТАДІЯ 2: КУЩЕННЯ³⁾	
20	Немає кущення
21	З'являється перший пагін кущення: початок кущення
22	З'являється другий пагін кущення
23	З'являється третій пагін кущення
2.....	Стадії, що тривають до...
29	Кінець кущення: максимальне число пагонів кущення розвинуті
МАКРОСТАДІЯ 3: ВИХІД У ТРУБКУ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
30	Початок виходу в трубку: головний пагін і пагони кущення спрямовані нагору, починають витягуватися. Відстань колоса від вузла кущення, щонайменше 1 см
31	Стадія 1-го вузла: Перший вузол з'являється на поверхні ґрунту, відстань від вузла кущення щонайменше 1 см
32	Стадія 2-го вузла: Другий вузол з'являється, відстань від 1-го вузла, щонайменше 2 см
33	Стадія 3-го вузла: Третій вузол з'являється, відстань від 2-го вузла, щонайменше 2 см
34	Стадія 4-го вузла: Четвертий вузол з'являється, відстань від 3-го вузла, щонайменше 2 см
3.....	Стадії, що тривають до...
37	Поява останнього (прапорцевого) листка
39	Стадія лігули (листового язичка): лігула прапорцевого листка помітна, прапорцевий листок повністю розвинений
МАКРОСТАДІЯ 4: НАБРЯКАННЯ СУЦВІТЬ (КОЛОСКІВ АБО ВОЛОТЕЙ)	
41	Листова піхва прапорцевого листка подовжується
43	Суцвіття (колос або волоть) усередині стебла направлене вгору, листова піхва прапорцевого листка починає набрякати
45	Листова піхва прапорцевого листка набрякла
47	Листова піхва прапорцевого листка відкривається
49	Остюки з'являються над лігою (листовим язичком) прапорцевого листка Поява мереж. Ості з'являються над лігулою прапорцевого листа.
МАКРОСТАДІЯ 5: ПОЯВА СУЦВІТЬ (КОЛОСУ АБО ВОЛОТІ)	
51	Початок появи суцвіття (колосіння): видно верхню частину волоті або колоса
52	Поява 20 % суцвіття
53	Поява 30 % суцвіття
54	Поява 40 % суцвіття
55	Поява половини суцвіття. Нижня частина ще в листовій піхві
56	Поява 60 % суцвіття
57	Поява 70 % суцвіття
58	Поява 80 % суцвіття
59	Кінець колосіння: Колос або волоть повністю з'явилися
МАКРОСТАДІЯ 6: ЦВІТІННЯ	
61	Початок цвітіння. З'являються перші тичинки

КОД	Стадії
65	Середина цвітіння. 50 % дозрілих тичинок
69	Кінець цвітіння
МАКРОСТАДІЯ 7: УТВОРЕННЯ ЗЕРЕН (КАРИОПСІВ)	
71	Перші зернівки досягли половини свого остаточного розміру. Вміст зернівок водянистий
73	Рання молочна стиглість
75	Середня молочна стиглість. Всі зернівки досягли свого остаточного розміру. Вміст зернівок молочний. Зернівки ще зелені
77	Пізня молочна стиглість
МАКРОСТАДІЯ 8: ДОЗРІВАННЯ ЗЕРЕН	
83	Рання воскова стиглість
85	М'яка воскова стиглість. Вміст зернівок ще м'який, але сухий.
87	Тверда воскова стиглість. Вм'ятина від нігтя не випрямлюється
89	Рання повна стиглість. Зерно тверде, розколюється нігтем великого пальця при значному зусиллі
МАКРОСТАДІЯ 9: ВІДМИРАННЯ	
92	Пізня повна стиглість. Зерно тверде, не ламається нігтем великого пальця
93	Зерно слабо тримається в колоску в денний час
97	Рослина повністю відмерла. Солома ламається
99	Збирання врожаю зерна

Коли ми кажемо про посіви озимих зернових культур з продуктивністю понад 10 т/га зерна, ми маємо чітко усвідомлювати: щоб сформувати такий рівень урожайності – на період збирання він має бути в межах 680-750 продуктивних стебел на 1 м². Досягти цього ми можемо передусім шляхом регулювання норми висіву (ВВСН 00) та за рахунок осіннього та весняного кушення (ВВСН 21-29). Проте не варто вважати, що підвищення норми висіву порівняно з рекомендованою є гарантією формування необхідної кількості продуктивних стебел. Адже загущені посіви через високу конкуренцію за фактори життя (поживні речовини, вологу, світло тощо) і значне ураження хворобами мають на порядок нижчий коефіцієнт продуктивного кушення, а індивідуальна продуктивність рослин залишає бажати кращого. Оптимальним рішенням у цій ситуації є формування посівів з густотою рослин на період припинення осінньої вегетації 300-400 шт./м² з закладанням 3-4 синхронно розвинених пагонів (фаза ВВСН 21-25). В подальшому в результаті зменшення густоти рослин в ході перезимівлі та редукування бокових пагонів, яке спостерігається під час виходу рослин в трубку (фаза ВВСН 30-49), ми отримаємо посів із бажаними добре розвинутими 680-750 продуктивними стеблами на 1 м². Не варто забувати, що

ранньовесняне внесення азотних добрив та планове застосування гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів і морфорегуляторів дозволяє збільшити або зберегти кількість життєздатних продуктивних пагонів, що є важливою передумовою для досягнення оптимальної густоти стояння. Повторне внесення у фазі виходу в трубку засобів захисту та мінеральних добрив, які містять азот і мікроелементи, дозволяє перешкодити відмиранню вже сформованих продуктивних стебел та позитивно впливає на індивідуальну продуктивність рослин.

Протікання процесу закладання та формування плодоеlementів колоса, зокрема кількості зернин у ньому відбувається у фазі ВВСН 27-29. У цей період відбувається витягування і сегментація конуса наростання – триває закладання осі колоса та колосків у ньому. Це є ознакою переходу від вегетативної до генеративної фази розвитку зернових культур (рис. 143).

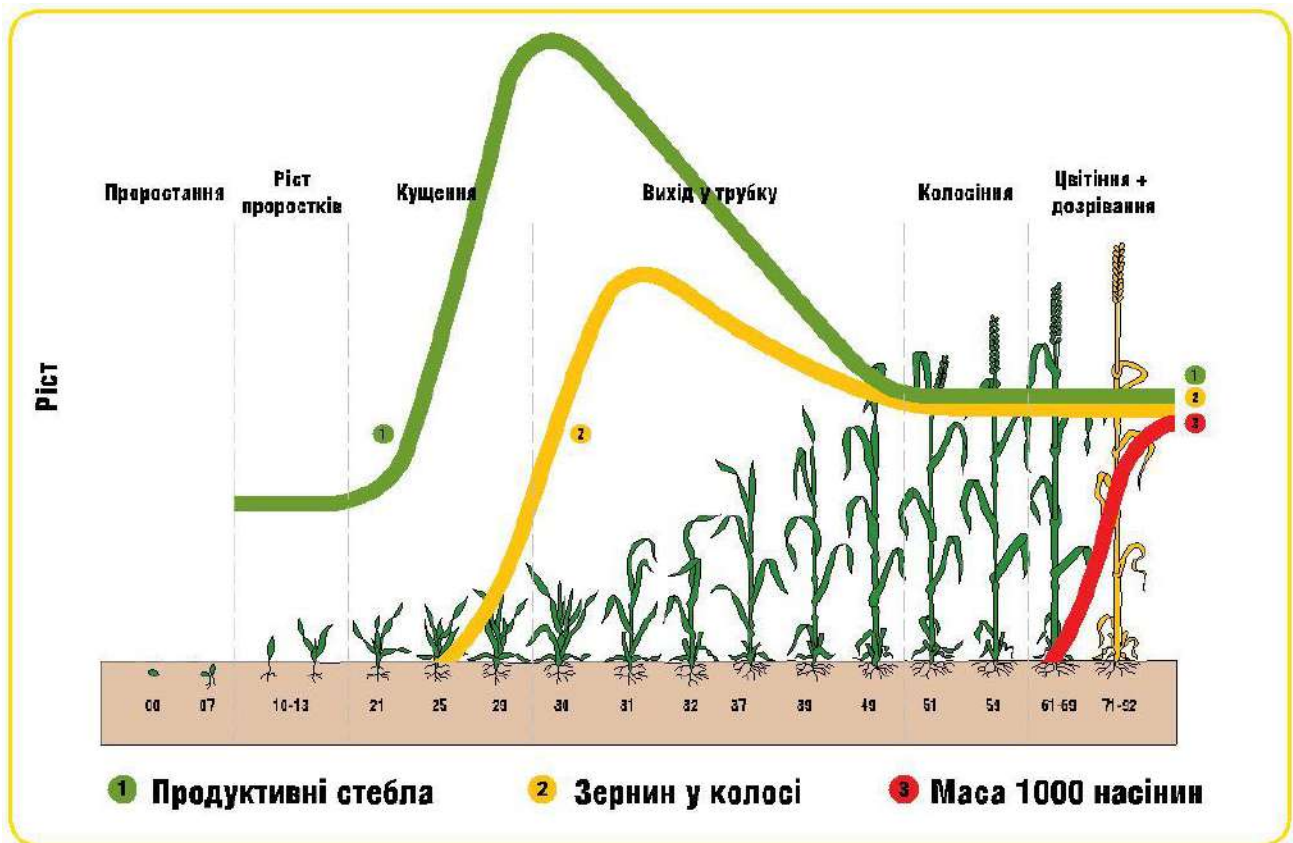


Рис. 143. Формування врожаю зернових культур

На початку виходу в трубку (фаза ВВСН 30-32) відбувається закладання квіток у колосках та активне збільшення розмірів колоса. Це один з найбільш критичних періодів росту і розвитку зернових колосових культур. Нестача вологи, елементів живлення, конкуренція з бур'янами за фактори життя, ураження хворобами та пошкодження

шкідниками у цей період може викликати різке зменшення кількості колосків в колосі та квіток в колосках, а як наслідок – кількості зерен з одного продуктивного стебла. Тому внесення мінеральних добрив, зокрема азотних, та захист посівів від хвороб та шкідників під час виходу рослин у трубку є запорукою формування високої продуктивності колоса.

Не менш важливим етапом органогенезу є цвітіння (фаза ВВСН 61-69), коли відбувається перехід від генеративної фази розвитку до репродуктивної, тобто запилення квіток у колосках і триває формування зерна. Ураження в цей період зернових культур хворобами, зокрема фузаріозом, та пошкодження шкідниками викликає зменшення кількості зерен у колосі та їхньої маси (натури зерна).

Захист посівів від шкідників та хвороб у цей період та проведення якісного підживлення азотними добривами позитивно впливає на масу 1000 насінин та якісні показники врожаю (вміст клейковини).

Знання морфології і фенології зернових культур дає розуміння, яким чином ми можемо забезпечити підвищення продуктивності посіву залежно від процесів, що відбуваються в той або інший період росту і розвитку, та як сформулювати інтенсивні технології виробництва зернових культур в залежності від специфіки ґрунтово-кліматичних умов і ресурсного потенціалу господарства.



Основні фази росту і розвитку зернових культур та комплекс необхідних агротехнічних заходів:

Фаза третього листка. Третій листок всередині рослини розвинутий наполовину. З цього моменту можливе застосування гербіцидів широкого спектра дії для контролю бур'янистої рослинності.

Фаза кущення рослин включає три частини: початок кущення, середина і завершення кущення.



Початок кущення. З вузла кущення головного пагону формуються бокові пагони 2-го порядку, які розвивають власну кореневу систему. Підживлення азотними добривами збільшує кількість пагонів та розмірів листків. Для закладання більшої кількості продуктивних стебел і запобігання вилягання зернових колосових рекомендується використовувати дрібне внесення регуляторів росту. Перше їх внесення доцільно проводити на початку кущення.

Фаза середини кущення. Відбувається інтенсивний ріст і



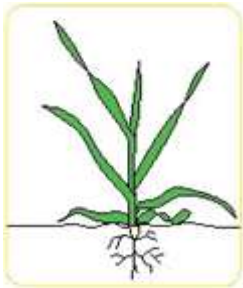
вирівнювання в розвитку основного та бокових пагонів, активно розвивається коренева система.

На цьому етапі розпочинається формування колосу і визначається майбутня кількість та величина колосків. Це зручний момент для одноразової обробки препаратом Хлормекват-Хлорид 750. Починаючи з цієї фази необхідно приділити особливу увагу захисту посівів від бур'янів, хвороб та шкідників.



Завершення кущення. Бокові пагони продовжують швидко розвиватись та випрямляються. У цей період необхідно провести підживлення азотом, що сповільнить процес відмирання пагонів, які формуються.

Початок виходу в трубку (фаза 30). В цей період рослини зернових культур переходять від фази формування зачатків листа (вегетативний ріст) до розвитку колоса (генеративний ріст). Стебло починає швидкий ріст, рослина потребує багато поживних речовин.



Це зазвичай збігається з періодом кінця кущення. Рослина досягла максимально можливої для себе кількості пагонів. На цьому етапі кількість пагонів може сягати 2500 на 1 м². Однак для отримання високого та якісного врожаю необхідно буде лише 680-750 продуктивних стебел на 1 м² з добре розвинутим колосом.

Протягом даної фази рослина формує тканини біля основи стебла. Якщо стебло росте занадто швидко, то для розвитку кожного пагона не вистачає ресурсів, і через це виникає ризик вилягання культури.

Важливо правильно визначити цю фазу розвитку, оскільки вона має ключове значення для встановлення часу внесення регулятора росту і фунгіцидів. Азот, внесений у цю фазу, також матиме значний вплив на розвиток культури.

Щоб визначити дану фазу необхідно взяти хоча б шість рослин з поля, щоб отримати репрезентативну вибірку, і обережно їх розрізати (див. рис. 144).

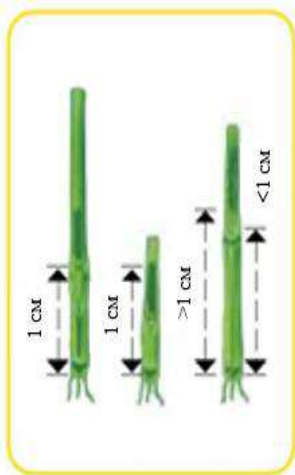


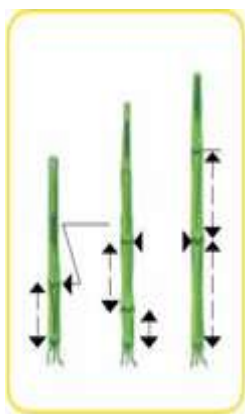
Рис. 144. Довжина нерозвиненого конуса

наростання

Переконайтеся, що ви розрізаєте головне стебло, а не бокові пагони. Наступний етап – визначення нерозвиненого колоса, довжина якого – не більше кількох міліметрів. Рослина знаходиться у цій фазі розвитку, коли відстань між кінчиком колоса і основою стебла становить понад сантиметр.

Фаза першого вузла (стадія 31). Перший вузол залягає близько до поверхні ґрунту. Відмирають слабкі бокові пагони, завершується формування колосків у колосі. Фаза першого вузла – оптимальний термін для застосування регулятора росту рослин Хлормекват-Хлорид 750 в друге обприскування пшениці у разі дробного застосування. Доцільно провести профілактичну обробку фунгіцидами для запобігання поширенню хвороб листя та черговий раз поборотися зі шкідниками, які починають активно заселяти посіви. Фаза першого вузла зазвичай настає через два тижні, однак це значною мірою залежить від погодних умов і може тривати кілька днів або цілий місяць.

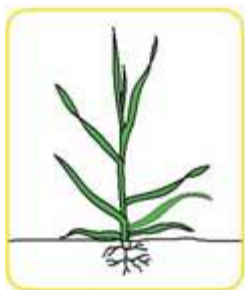
Для визначення цієї фази також необхідно обережно розрізати стебло рослини і знайти перший вузол (див. рис. 145). Він має вигляд



потовщення, перетяжки на стеблі та розташований одразу під колосом. Якщо відстань від першого вузла до основи стебла є меншою за сантиметр, рослина перебуває у фазі розвитку 30. Рослина досягла фази розвитку 31, коли довжина першого міжвузля становить принаймні сантиметр. Рослина залишається у цій фазі до появи другого вузла, який зазвичай закладається на відстані близько 2 см від першого.

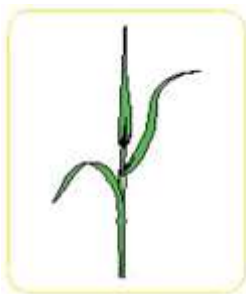
Рис. 145. Визначення настання фази першого вузла

Фаза другого вузла (32). У фазі другого вузла вже сформувались продуктивні стебла. Завершене скорочення кількості бокових пагонів, починається процес закладки квіток у колосках. Починаючи з цієї фази, можливе застосування регуляторів росту, що містять етефон (Терпал).



Фаза появи прапорцевого листка (37). З'являється прапорцевий листок, який ще скручений.

Оптимальний період для проведення другої фунгіцидної обробки посівів зернових культур та захисту від шкідників. Це остання можливість для застосування препарату Хлормекват-Хлорид 750 на посівах жита, препарату Терпал – на решті зернових колосових на високих агрофонах.



Фаза появи язичка (лігули) прапорцевого листка (39). Язичок (лігула) прапорцевого листка повністю розвинутий. За умов недостатнього зволоження в цей період доцільно провести позакореневе підживлення азотом, оскільки за таких умов період формування зернівок порівняно короткий. Своєчасне внесення азотних добрив у цій фазі розвитку культури забезпечує повноцінне формування зернівок.



Фаза відкриття верхньої листової піхви (40). Відкривається остання листкова піхва, над язичком верхнього листка стають помітними остюки.



Початок колосіння (фаза 51). Частково з пазухи листка з'являється колос. Формується остаточна кількість продуктивних стебел на одиницю площі та колосків у розрахунку на стебло. Починаючи з цієї фази розвитку необхідно контролювати хвороби колосу



Колосіння завершено, колос видно повністю (фаза 59). Саме час для якісного позакореневого підживлення азотом за умов достатнього зволоження, оскільки починається процес формування зерна. Підживлення азотом не лише покращує якість зерна, але й підвищує вміст білків як важливого показника якості зерна.

Цвітіння (фаза 61-69). В цей період відбувається закладання зернівки. Цвітіння триває 3-6 днів і є оптимальним періодом для проведення заходів боротьби із хворобами колосу.

Наступним етапом росту і розвитку зернових культур є формування компонентів врожаю.

На рис. 146 і 147 на прикладі пшениці можна побачити джерела надходження асимілянтів до колоса після цвітіння в період формування зернівок.

Після колосіння у прапорцевому та 1-му підпрапорцевому листках, а також у колосі синтезуються запасні речовини, які пізніше транспортуються і накопичуються в ендоспермі зернівки. Від ефективності перебігу цього фізіологічного процесу залежить маса кожної зернини і, як наслідок, маса 1000 насінин. Формування близько половини (45 %) від загальної маси зерна забезпечують асимілянти, які утворились у прапорцевому листку.

Перший підпрапорцевий листок бере участь у формуванні зернівки на 35 %, решта з накопичених асимілянтів синтезуються в самому колосі. Формування зернівки особливо інтенсивно відбувається в перші тижні після цвітіння.

Понад 50 % органічних речовин у зерні утворюються та накопичуються в період між 10-м і 25-м днем після цвітіння.

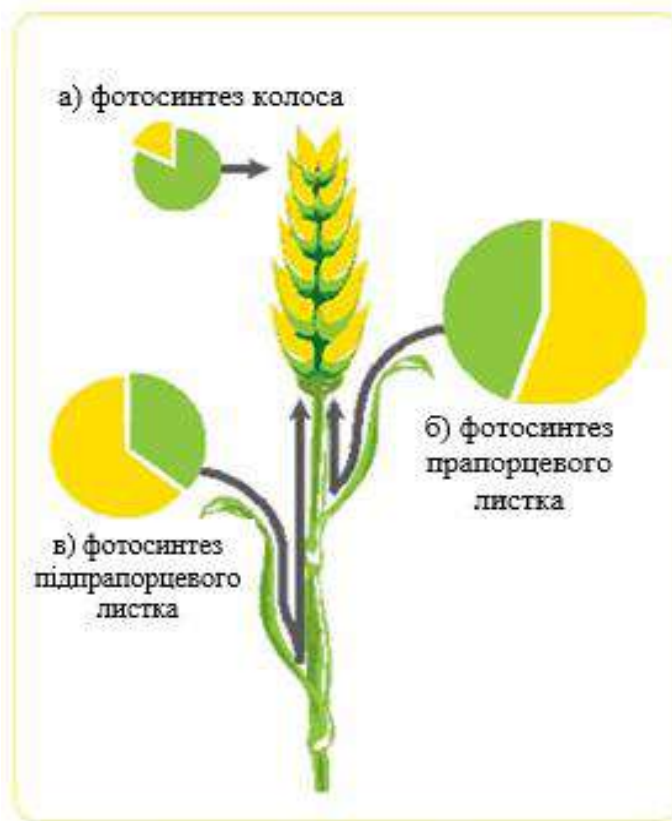


Рис. 146. Утворення та перерозподіл асимілянтів у рослинах пшениці під час репродуктивного періоду (Примітка: розмір круга символізує вплив на формування продуктивності колоса. Зелений сектор відповідає частці синтезованих поживних речовин, яка надходить до зернівки від відповідної частини рослини).

Саме з цих причин, під час вирощування зернових культур ми маємо особливу увагу, поряд із системою удобрення, приділити захисту рослин від хвороб. Це створить можливість максимально

зберегти асиміляційну поверхню листків та подовжить період їх продуктивної життєдіяльності, а отже, збільшить кількість асимілянтів, які надійдуть до зернівки.

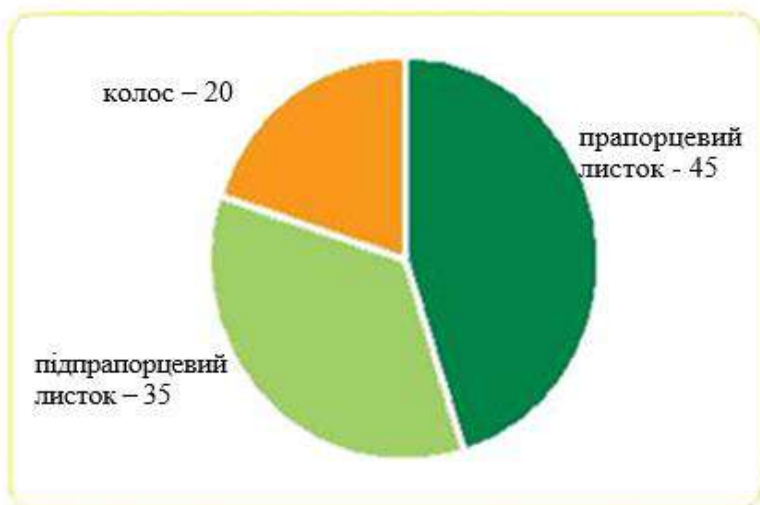


Рис. 147. Основні джерела надходження асимілянтів до зернівки та їх частка (в %) у формуванні врожаю пшениці.

Завдяки виведенню та впровадженню у виробництво нових

низькорослих з міцною соломиною напівкарликових і карликових

сортів, вдалося в значній мірі позбутися вилягання їх високопродуктивних посівів.

За даними досліджень і практичних результатів, чистий ефект оптимізації сортового складу зернових вже досягає 2-5 т/га, а врожайність понад 10 т/га, особливо за інтенсивних технологій їх вирощування, стала реальністю.

Зростаюча кількість та різноманітність адаптованих для різних зон інтенсивних сортів зернових культур, оптимізація інтенсивних посівів за сортовим складом стала не лише бажаною, але й широко можливою. Що дає можливість у кожному господарстві вирощувати не лише декілька аналогічних за рівнем продуктивності, але й гетерогенних за реакцією на зміну погодних умов року та особливостей конкретного поля, сортів.

Реалізація властивостей сортів, генетичного потенціалу продуктивності, можлива за рахунок правильного використання оптимальної **густоти рослин** на одиниці площі, та залежної від неї структури й ефективності фотосинтетичного асиміляційного апарату, щільності репродуктивних елементів.

Густота рослин є не лише фундаментом просторової побудови надземної частини посівів, а й їх кореневої системи. Тому дотримання оптимальної густоти стояння рослин дасть змогу забезпечити рівномірний доступ до речовин та енергетичних джерел ґрунтового й повітряного живлення, повне їх використання, що має важливе значення у зменшенні екологічної напруги, за впровадження інтенсивних технологій.

Що досконалішою стає технологія вирощування рослин, то більшого значення набуває знання їх фенології та морфології, особливо у виборі строків, способів та норм застосування мінеральних добрив (особливо азотних), морфорегуляторів і засобів захисту від шкочинних об'єктів (бур'янів, шкідників і збудників хвороб). Хоча нерегламентоване (без врахування біологічних особливостей сорту/гібриду, ґрунтово-кліматичних умов) їх використання не лише може призвести до зниження урожайності та погіршення якості продукції, а й здатне обумовити підвищення її собівартості, зробити виробництво нерентабельним і негативно вплинути на довкілля.

За умов сучасного господарювання, вирощування нових сортів і гібридів необхідно проводити із врахуванням етапів органогенезу, чутливості до дефіциту елементів живлення, вологи, світла, конкуренції з боку бур'янів, шкідників та хвороб.

У зв'язку з специфічною реакцією зернових, навіть на оптимізоване

азотне живлення не завжди вдається збалансувати ростові процеси з репродуктивними, внаслідок чого інтенсивні посіви стають вегетативно обтяженими, нестійкими до вилягання, тому вимагають застосування **ретардантів**. Під впливом ретардантів підвищується площа листків, насичення їх хлорофілом і якість зерна. Тобто застосування ретардантів, крім спеціального призначення, виконує ще й загальні оптимізаційні функції підвищення продуктивності посівів. У зв'язку з ретельним дотриманням рекомендованих доз і строків їх застосування загрози екологічного забруднення практично не виникає.

Важливе значення для формування ідеатипу посіву зернових культур має попередник. Зернові культури необхідно розміщувати лише після оптимальних, науково обґрунтованих **попередників**: чисті або зайняті пари, зернобобові, багаторічні трави, ріпак тощо.

Обробіток ґрунту проводиться відповідно до попередника. Він повинен включати рекомендоване поєднання глибокого й поверхневого обробітку, з урахуванням стану ґрунту та погодних умов.

Система удобрення повинна ґрунтуватися на розрахунках потреби програмованих урожаїв за кожним елементом живлення, з урахуванням ефективних запасів його в ґрунті, коефіцієнта використання, енергетичної дії, включати основне та припосівне удобрення, підживлення. Фосфорні та калійні добрива розраховують і вносять переважно як основне удобрення. Доцільність основного внесення азотних добрив встановлюють за результатами агрохімічного аналізу ґрунту. За вмісту мінерального азоту в орному шарі більше 25 мг/кг ґрунту, перед сівбою азот вносити не варто. Потрібно чітко орієнтуватися на дробне внесення азотних добрив впродовж вегетації.

Система удобрення є важливим фактором підвищення зимостійкості озимих зернових культур. Дуже часто неправильне застосування добрив призводить до гірших результатів, ніж їхня відсутність. Застосування підвищених доз азотних добрив восени під час сівби озимих призводить до переростання рослин, зменшення накопичення вуглеводів у вузлах кущення, в результаті чого озимі пошкоджуються низькими температурами. Навесні підживлення азотними добривами покращує наростання та відновлення вегетативної маси, а також утворення вторинної кореневої системи.

Для здійснення оптимізаційних параметрів посівів за показниками густоти рослин, польові культури потрібно **висівати** в оптимальні строки за теплозабезпеченістю ґрунту і повітря, вологозабезпеченістю. Зрозуміло, що велике значення при цьому має ретельна підготовка

посівного шару ґрунту на точно задану глибину загортання насіння, технологічна наладка сівалок для рівномірного розподілу насіння на всій площі в рядку методами точного висіву.

Догляд за посівами включає також заходи інтегрованого захисту рослин від бур'янів, шкідників, хвороб і вилягання. На посівах кукурудзи до цієї системи включають окремо або в поєднанні, із застосуванням пестицидів, міжрядний обробіток ґрунту. Особливо ретельно регульованими мають бути всі технологічні операції із застосування пестицидів. Для якісного їх здійснення, велике значення має організація суцільних посівів, з використанням рекомендованих схем створення технологічних колій. Використання пестицидів в інтенсивних технологіях повинне бути забезпечено найсучаснішою технікою та організаційною базою, включаючи спеціалізовані сховища, розчинні механізовані пункти, безпечні засоби доставки робочих розчинів до польових агрегатів.

Велике значення має своєчасне та якісне проведення всього **комплексу збиральних робіт**. Спосіб та час збирання встановлюють за фазами досягання зернової маси.

Отже, впровадження інтенсивних технологій з елементами біологізації в рослинництві дасть змогу отримувати високі врожаї якісної екологічно чистої продукції. Необхідно сказати, що рівень реалізації продуктивності посівів залежить не лише від генетичних складових, але й від повноти використання природних і агротехнічних факторів.

Щоб ефективно забезпечувався викладений вище комплекс оптимізаційних заходів із формування і створення умов для високопродуктивних посівів, необхідно постійно здійснювати систему цілеспрямованих контрольних, регулюючих і корегуючих дій. Все це є складовою **систем управління**. Фактично і в теорії, і на практиці в сучасних інтенсивних технологіях рослинництва розробляють та впроваджують відповідні системи управління продуктивністю рослин і посівів. У джерелах літератури і агрономічній практиці такі системи відомі в термінологічному визначенні, як системи **біологічного, агробіологічного або агробіотехнологічного контролю**.

Під **біологічним контролем** розуміють систему одержання інформації про посіви, хід формування окремих елементів врожаю, несприятливі або сприятливі фактори, що впливають на процеси формування врожаю, та про кількісну і якісну оцінку його структури. Біологічний контроль включає визначення фаз розвитку рослин,

фітосанітарного стану посівів, їх забур'яненість; агрохімічний аналіз ґрунту і тканин рослин, з метою своєчасного виявлення та ліквідації дефіциту елементів живлення. Для здійснення біологічного контролю, розроблені технологічні карти ділянок поля, що дають змогу агрономам планувати технологію вирощування тієї або іншої культури за сучасними принципами, вести облік показників формування врожаю і на їх основі приймати рішення про проведення відповідних агротехнічних заходів.

Критерієм оцінки стану посівів на I-IV етапах органогенезу є визначення густоти сходів, інтенсивності кущення, фаз розвитку рослин. Встановлюють доцільність дози і строків азотного підживлення, потребу та кількість обробок відповідними пестицидами при забур'яненості посівів, ураженості хворобами і пошкодженні шкідниками, враховують економічні пороги їх шкідливості. Взимку проводять обстеження озимих зернових культур прискореними методами або відбором монолітів і за життєздатністю рослин розраховують ймовірність пошкодження посівів від вимерзання, льодяної кірки, вимокання, випрівання тощо. Про стан посівів можна судити також за величиною конуса наростання і візуальною його оцінкою: у живих рослин він білий з зеленуватим відтінком, тургорний; у пошкоджених – мутний або жовто-білий; у загиблених – коричневий. У нормально розвинутих рослин озимої пшениці довжина його становить 0,4, озимого жита – 0,6 мм.

Наприкінці III етапу органогенезу, за густотою та інтенсивністю кущення рослин, часом відновлення весняної вегетації озимих зернових культур, уточнюють дози і строки внесення ретардантів, для запобігання вилягання посівів. За допомогою ретардантів, у свою чергу, регулюють густоту продуктивного стеблостоя, як одного із найбільш важливих елементів продуктивності зернових.

На IV, V і VI етапах органогенезу визначають потенційну продуктивність, на основі результатів контролю за формуванням колосків і квіток у колосі, а на X і XI етапах здійснюють контроль за реалізацією потенційної та фактичної продуктивності. Найбільш ефективним методом управління розвитком елементів продуктивності зернових є підживлення азотом. Підбираючи дози і строки його внесення, можна регулювати інтенсивність кущення рослин, поліпшити формування елементів колосу, зменшити редукцію стебел і підвищити якість зерна.

Ефективність **агробіологічного контролю** залежить від можливості корегувати розвиток рослин, що забезпечує максимально повне

використання продуктивності високоінтенсивних сортів і ресурсного потенціалу.

Останнім часом, у цій та інших системах біологічного контролю, в зв'язку з загостренням екологічних проблем у сільському господарстві та підвищенням вимог до екологічної чистоти продукції рослинництва, все більшого значення набувають заходи більш суворого контролю за правильним застосуванням добрив і пестицидів, їх залишковим вмістом в усіх елементах основної і побічної продукції. До системи цього контролю залучають і спостереження за впливом хімічних засобів інтенсивних технологій на біологію ґрунтів, інші елементи навколишнього середовища.

Комплексне використання засобів хімізації (мінеральні добрива і пестициди), є основою інтенсифікації вирощування зернових культур. Їх пряма дія і взаємодія на ріст та розвиток рослин, сприяє формуванню високого врожаю та поліпшенню якості зерна. Ефективність добрив, як відомо, пов'язана з дотриманням оптимальних доз, строків і способів внесення, попередника, родючості ґрунту, погодних умов тощо. Відомо, що на всіх ґрунтах злакові культури потребують внесення азоту, фосфору і калію, але в різних дозах і співвідношеннях.

Підвищення продуктивності озимих культур при інтенсивних технологіях вирощування є результатом як прямої дії, так і взаємодії **факторів інтенсифікації** – підготовки ґрунту, норми висіву, строків сівби, глибини загортання насіння та ін.

В останні роки поширенню шкідників та хвороб сприяла і зміна погодних умов, у напрямку потепління й збільшення опадів у весняно-літній період. В таких умовах інтегрований захист рослин не може бути виключеним із технології, а навпаки, значення його зростає як фактору оптимізації умов одержання високих урожаїв. При цьому, основними критеріями використання пестицидів, повинні бути економічні пороги шкідливості бур'янів, шкідників і хвороб та екологічна безпека.

Вивчення чисельності та біомаси ґрунтової мікрофлори методом прямого мікроскопіювання, що відображає закономірність розвитку всієї сукупності мікроорганізмів у ґрунті, виявило навіть збільшення чисельності й продуктивності мікрофлори при інтенсивній технології вирощування озимої пшениці, що вимагає, порівняно з іншими культурами, високого рівня застосування засобів хімізації. Найбільша чисельність мікроорганізмів та розміри біомаси виявлені при органічно-мінеральній (побічна продукція попередника + післядія гною – $P_{110}K_{180} + N_{30}II + N_{60}IV + N_{30}VII$) та мінеральних системах удобрення.

Встановлено, що висока продуктивність мікроорганізмів у ґрунті при таких системах удобрення створюється за рахунок діяльності мікроорганізмів-мінералізаторів органічних сполук, зокрема амоніфікаторів, актиноміцетів та оліготрофів. Внесення мінеральних добрив сприяє більш активному проходженню гуміфікації порівняно з варіантом, де добрива не вносили. Це стверджується на підставі проведення радіовуглецевого методу визначення коефіцієнтів гуміфікації (Кг), величина якого була на 10-31 % вищою в орному шарі ґрунту. Спостерігалася також тенденція до збільшення інтенсивності розкладу рослинної маси у варіантах з традиційною системою захисту рослин (протруєння насіння і внесення гербіцидів).

Посиленню гуміфікаційних процесів сприяє внесення в сівозміні гною та рослинних залишків гороху – попередника озимої пшениці: коефіцієнт гуміфікації на 40-64 % перевищував контрольний варіант. З підвищенням дози мінеральних добрив від $N_{120}P_{90}K_{90}$ до $N_{180}P_{110}K_{180}$ гуміфікація дещо послаблювалась, але підвищувалася мінералізація.

Однією із важливих властивостей мікробної системи ґрунту є **ступінь стійкості** проти впливу мінеральних добрив. Його кількісним вираженням може бути величина зони **гомеостазу** – діапазону доз добрив, за яких зберігається незмінність складу та структури ініційованих мікробних угруповань. Амілолітичне групування мікроорганізмів показало, що внесення на темно-сірому лісовому ґрунті азотних добрив у дозах до 180 кг/га не впливає на структуру і склад ініційованого мікробного угруповання.

Разом з тим, слід зауважити, що внесення повного мінерального добрива стимулює розвиток деяких видів грибів пеніцилів, відомих як токсиноутворювачі.

Зерно при внесенні добрив, і особливо в поєднанні з захистом рослин, сформовано з більш високими поживними якостями і, насамперед, з більшим вмістом білка. Про екологічну безпечність продукції, вирощеної за інтенсивною технологією, свідчать і результати визначення залишкового вмісту пестицидів у зерні – інтенсивне застосування пестицидів і ретардантів (3-7-разовий обробіток посівів) не вплинули негативно на гігієнічні показники якості зерна озимої пшениці, жита, тритикале, ячменю і вівса: залишкового вмісту препаратів, що вносилися, або не виявлено зовсім, або вони знаходилися в допустимих межах.

Безумовно, наведені приклади не можна розглядати однозначно: екологічна безпека повинна бути гарантована в умовах інтенсивного

застосування засобів хімізації. У той же час вони свідчать і про можливість одержання високих урожаїв з хорошою якістю зерна, що найбільше відповідає потребам сьогодення.

Таким чином, удосконалення інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур і розширення площі їх впровадження, безумовно, залишається магістральним напрямком науково-технічного прогресу галузі рослинництва як на найближчі роки, так і на більш далекую перспективу. При цьому науково-дослідна робота повинна бути спрямована на розробку моделей нового покоління – екологічно чистих, енергетично- і економічно обґрунтованих технологій вирощування стійких проти патогенів високопродуктивних сортів і гібридів.

7.2. Інтенсивна технологія вирощування пшениці озимої

Біологічні особливості. Пшениця озима – холодостійка культура (табл. 56). Характеризується осінньою та весняною вегетацією, потребує для утворення генеративних органів проходження стадії яровизації.

Хмарна погода восени сприяє неглибокому заляганням вузла кущення та поганому загартуванню, внаслідок чого знижується морозо- і зимостійкість; навесні можливе вилягання посівів; під час наливу зерна зменшується вміст білка в зерні.

У рослин пшениці озимої **перший етап** органогенезу починається з проростання насіння і закінчується утворенням другого листка. Конус наростання ще недиференційований на окремі органи. Тривалість цього етапу 20-30 днів. Поки рослини не завершать стадію яровизації, конус наростання, як правило, залишається в стані першого етапу органогенезу. В цей період встановлюється початкова густота рослин (рис. 148).

56. Біологічні особливості пшениці озимої (В. Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, О.М. Венедіктов, 2011)

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1	2	3
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С	+1+2 +14+16 +6+8 -17-20 +20+22

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
	- середньодобова температура для відновлення вегетації, °С	+5
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість вологи в орному шарі ґрунту для отримання дружних сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	65-75 20-30 59-65 320-450 коłosіння- цвітіння
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	3,7-4,0 1,0-1,3 1,8-2,6
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 6,0-7,0
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,0-6,0 40-60
8.	Тип кореневої системи	мичкуватий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	1,5-2,0 1,5
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	самозапильний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів - осіннього - всього	40-60 260-320

На **другому етапі** росте конус наростання за рахунок витягування його верхньої частини. Відсутність оптимального співвідношення найважливіших елементів живлення призводить до затримки диференціації конуса на вузли, міжвузля і листки. Ріст стебла, його стійкість до вилягання, таким чином, визначаються дуже рано – умовами росту на другому етапі органогенезу.

На **другому етапі** з бруньок розвиваються пагони кущення. Відбувається розвиток вузлових (вторинних) коренів. Залежно від строків сівби і метеорологічних умов, цей етап проходить восени і частково навесні. Тривалість етапу 35-40 днів.

Третій етап органогенезу настає, як правило, на самому початку

весняної вегетації. Цей етап характеризується витягуванням верхньої частини конуса, наростанням і диференціацією нижньої його ділянки на окремі сегменти, зачатки майбутніх члеників стрижня колоса.

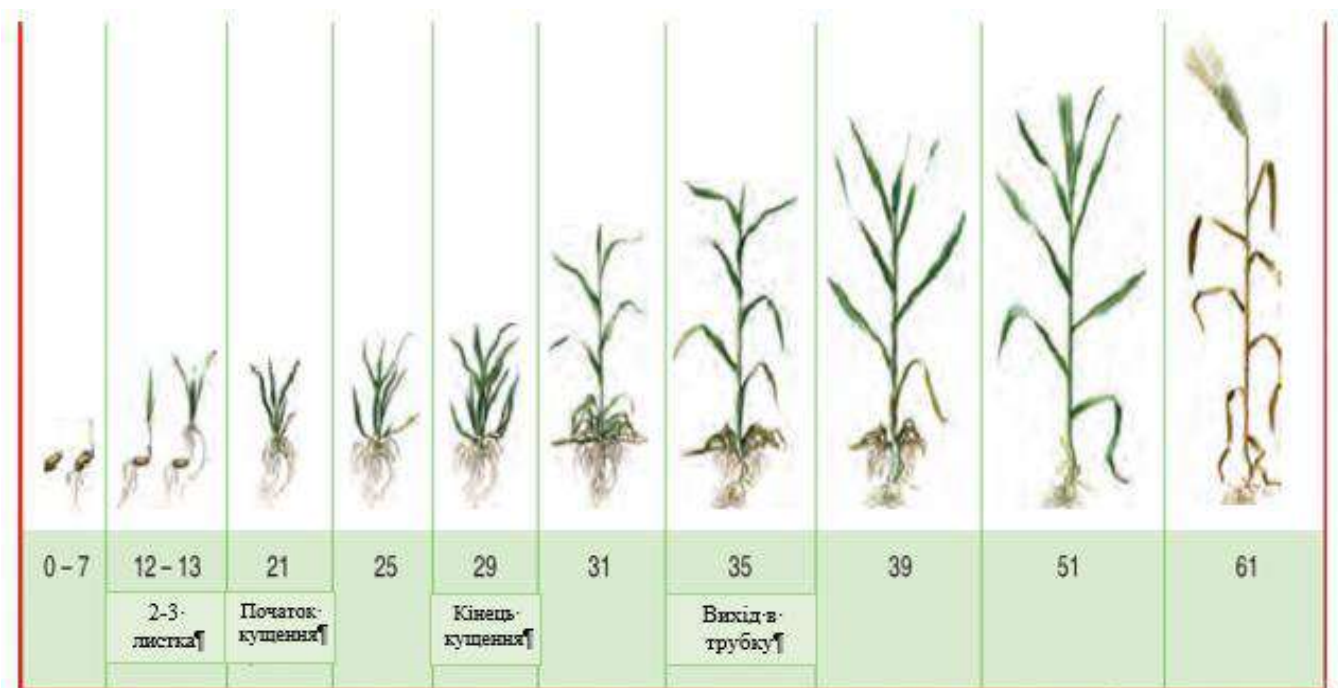


Рис. 148. Етапи органогенезу пшениці озимої за шкалою ВВНС

Чим більше сегментів формується на III етапі, тим більше може бути члеників колосового стрижня, довшим буде колос, більше може утворитись у майбутньому колосків. Добра забезпечення ґрунту елементами живлення під оранку і ранньовесняне підживлення азотними добривами сприяє збільшенню кількості члеників, а отже і колосків у колосі. Довжина і продуктивність колоса зростають також за тривалішого перебування рослин на цьому етапі органогенезу.

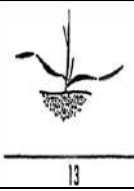
Четвертий етап збігається з початком виходу рослин в трубку. Це критичний період для пшениці озимої щодо забезпечення вологою і елементами живлення, які потрібні як для росту вегетативної маси, так і для закладання колоскових горбків. Від них залежить кількість колосків у колосі. Вчасне внесення добрив майже подвоює озерненість колоса, особливо за помірної температури. Після проходження IV етапу збільшити розміри колоса і число колосків у ньому вже неможливо. Підживлення забезпечує також виживання більшої кількості колосonoсних синхронно розвинутих стебел.

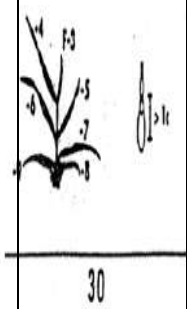
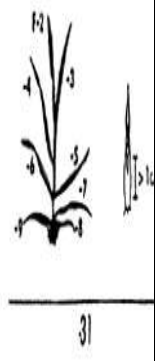
П'ятий етап збігається за часом з ростом другого міжвузля. Він характеризується початком формування квіток у колоску. В колоску може утворюватися до 7-9 квіткових горбочків. Першими починають

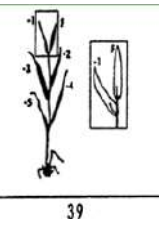
диференціюватись колоскові горбочки в середній частині колоса, а потім процес іде вгору і вниз уздовж осі. Добра забезпеченість рослин поживними речовинами, вологою, світловий день тривалістю не менше 13-15 годин за температури +15-20 °С забезпечують закладання більшої кількості добре розвинутих квіток в колосках і колосі.

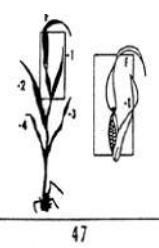
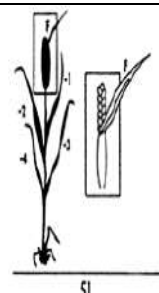
57. Мікро- та макро стадії розвитку пшениці озимої (код ВВСН, за шкалою Задокса Zadoks scale)

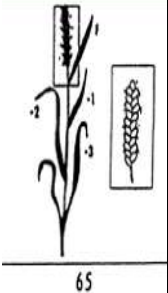
Фенологічна фаза росту	Стадія розвитку	За Фіксом	Міжнародна шкала ЄС	Етапи органогенезу за Куперман		Які елементи продуктивності можна змінити?	Якими агротехнічними заходами підвищується продуктивність рослин?
				номер етапу	формування органів в ембріональному стані		
1	2	3	4	5	6	7	8
Макростадія 0: Проростання							
Суша насінина			00			Польова схожість має бути в межах 70-90 %	Попередник, підготовка ґрунту, тип сошника, спосіб сівби, глибина сівби, норма висіву, удобрення та ін.
Поява зародкового корінця			05				
Поява колеоптиле			07				
Сходи: вихід колеоптиле на поверхню ґрунту			09	I	Формування конуса наростання, але він ще недиференційований	Польова схожість, розвиток кореневої системи, одночасність сходів та створення вихідних умов для дружного, рівновеликого росту рослин	Високоякісний передпосівний обробіток ґрунту, загортання насіння на одну глибину (2-3 см), анкерний сошник, внесення добрив під оранку
Макростадія 1: Розвиток листків							
Вихід першого листка з колеоптиле		I	10				
Фаза першого листка		1.1	11	I	Початок інтенсивної диференціації конуса наростання.	Висота рослин, кількість листків, коефіцієнт	Попередник, строки сівби, норма висіву, достатні запаси P2O5 і K2O у
Фаза другого листка		1.2	12	I			

Фенологічна фаза росту	Стадія розвитку	За Фіксом	Міжнародна шкала ЄС	Етапи органогенезу за Куперман		Які елементи продуктивності можна змінити?	Якими агротехнічними заходами підвищується продуктивність рослин?
				номер етапу	формування органів в ембріональному стані		
1	2	3	4	5	6	7	8
Фаза третього листка		1.3	13	II	Закладаються зачаткові стеблові вузли і міжвузля, листки у вигляді валиків.	кущення, зимостійкість	ґрунті. Коефіцієнт кущення можна значно збільшити внесенням хлормекватхлориду (1,5-2,0 л/га) на стадії 21-25
Фаза четвертого і наступних листків		1.4-1.9	14-19	II			
Макростадія 2: Кущення 20-29 II							
Боковий пагін у піхві листка			20				
Початок кущення, рослини одностеблові		2	21	II	Диференціація головної осі зародкового суцвіття на зачатки майбутніх члеників колосового стрижня	Кількість члеників колосового стрижня, довжина колоса	Підживлення азотними добривами (N ₃₀) збільшує кількість сегментів колосового стрижня
Появляється другий пагін кущення			22	II			
Поява третього пагона кущення			23	II			
Повне кущення, розвинуто до шести стебел		3	25	III			
Кінець кущення, розвинута максимальна кількість стебел, листові піхви видовжуються		4	29	III			
Макростадія 3: Вихід у трубку							

Фенологічна фаза росту	Стадія розвитку	За Фіксом	Міжнародна шкала ЄС	Етапи органогенезу за Куперман		Які елементи продуктивності можна змінити?	Якими агротехнічними заходами підвищується продуктивність рослин?
				номер етапу	формування органів в ембріональному стані		
1	2	3	4	5	6	7	8
Початок виходу трубку		5	30		Утворення конусів наростання другого порядку - формування колоскових горбочків. Зміна	Кількість колосків у колосі, формування більшої кількості синхронно розвинутих стебел - продуктивне кушення. Після проходження IV етапу збільшити довжину колоса і кількість колосків у ньому майже неможливо	Внесення азоту може подвоїти кількість зерен у колосі. Внесення хлормекватхлориду, торпалу проти вилягання. Внесення гербіцидів. Внесення фунгіцидів (байлетон, фундазол, дерозал)
Поява першого вузла		6	31	IV	колоскових горбочків у колос другого порядку (гілкування колоса) відбувається на IV етапі при посиленому азотному живленні та зниженні температури до 10-12°C		
Поява другого вузла, початок стеблуння		7	32	V	Закладання покривних органів квітки, тичинок, маточки і приймочок	Кількість квіток у колосках може зрости з 2-3-х до 4-5 шт.	Високий рівень забезпечення азотом
Поява 3-6-го вузла, стеблуння		7	33-36	VI	Закінчення диференціації всіх частин колоса. Формування пиляків (мікроспорогенез) та приймочок (мегаспорогенез)	Фертильність квіток (здатність їх до запилення)	Високий рівень забезпечення елементами живлення, особливо фосфором

Фенологічна фаза росту	Стадія розвитку	За Фікесом	Міжнародна шкала ЄС	Етапи органогенезу за Куперман		Які елементи продуктивності можна змінити?	Якими агротехнічними заходами підвищується продуктивність рослин?
				номер етапу	формування органів в ембріональному стані		
1	2	3	4	5	6	7	8
Останній листок виходить із піхви		8	37	VI-VII	Інтенсивний ріст у довжину члеників колосового стрижня, покривних органів колосків і квіток. Гаметофітогенез, формування яйцеклітин і пилкових зерен	Фертильність квіток. Щільність колоса (при сонячній погоді колос щільний, а при хмарній – нещільний)	Дотримання всього комплексу технологічних вимог. Обробіток фунгіцидами (тілт, альто-супер, рекс, фалькок, імпакта ін.) підвищує урожай на 20-30%
Поява язичка в останнього листка		9	39	VII			
Макростадія 4: Набухання суцвіття (колосків)							
Листкова піхва прапорцевого листка подовжується		10	41	VII			
Суцвіття колоса в середині стебла зрушено вгору, листкова піхва прапорцевого листка починає набухати			43	VII			
Набухання піхви верхнього листка		10.1	45	VII			

Фенологічна фаза росту	Стадія розвитку	За Фіксом	Міжнародна шкала ЄС	Етапи органогенезу за Куперман		Які елементи продуктивності можна змінити?	Якими агротехнічними заходами підвищується продуктивність рослин?
				номер етапу	формування органів в ембріональному стані		
1	2	3	4	5	6	7	8
Піхва лопається і з'являється колос		10.1	47-49	VII			
Макростадія 5: Колосіння							
Початок колосіння, видно перший колосок		10.2	51		Гаметогенез, завершення процесів формування всіх органів	Фертильність квіток	Своєчасне азотне підживлення (N ₆₀) забезпечує формування виповненого зерна з високим вмістом білка і клейковини. Обробіток фунгіцидами
Виколосилось половина колоса		10.3	55	VIII	суцвіття і квітки. Продовжує		
Видно цілий колос		10.5	59	VIII	рости найбільше верхнє міжвузля		
Макростадія 6: Цвітіння							
Початок цвітіння, у середині колоса з'являються перші пиляки		10.5.1	61	IX	Цвітіння, запліднення, утворення зиготи (зиготогенез)	Озерненість колоса. Припиняється наростання вегетативної маси, рослина переходить від	Дотримання всіх вимог технології. Добрий фітосанітарний стан посівів. Площа листової поверхні в межах

Фенологічна фаза росту	Стадія розвитку	За Фіксом	Міжнародна шкала ЄС	Етапи органогенезу за Куперман		Які елементи продуктивності можна змінити?	Якими агротехнічними заходами підвищується продуктивність рослин?
				номер етапу	формування органів в ембріональному стані		
1	2	3	4	5	6	7	8
Повне цвітіння, більшість колосів мають достиглі пиляки		10.5. 2	65	IX		вегетативного до репродуктивного розвитку	50-70 тис.м ² /га
Кінець цвітіння, більшість колосків відцвіло, пиляки засохли		10.5. 3	69	IX			
Макростадія 7: Формування зерна							
Вміст зернівки водянистий		11	70	X	Ріст формування зернівки, зародок ендосперм збільшуються у розмірах	Розмір зернівки (довжина типова для сорту, на наступних станах уже не збільшується)	Потужний індивідуальний розвиток кожної рослини озимої пшениці у сукупності агробіоценозу
Рання молочна стиглість			73	XI	Нагромадження поживних речовин у зернівці. Зернівки ростуть у товщину ширину. Вміст зернівки молокоподібний	Маса 1000 зерен. Натура зерна	Продовження періоду активної діяльності фотосинтетичного апарату за допомогою інтенсивної технології
Середня молочна стиглість		11.1	75	XI			
Пізня молочна стиглість			77	XI			
Макростадія 8: Дозрівання зерна							
Рання воскова стиглість			83	XII	На початку XII етапу продовжується	Маса зернівки	Інтенсивна технологія забезпечує

Фенологічна фаза росту	Стадія розвитку	За Фікесом	Міжнародна шкала ЄС	Етапи органогенезу за Куперман		Які елементи продуктивності можна змінити?	Якими агротехнічними заходами підвищується продуктивність рослин?
				номер етапу	формування органів в ембріональному стані		
1	2	3	4	5	6	7	8
Воскова стиглість		11.2	85	XII	ся нагромадження пластичних речовин у зерні		високу урожайність і якість зерна
Жовта стиглість		11.3	87	XII			
Макростадія 9: Відмирання							
Зернівка тверда, рослина відмирає, повністю висохла		11.4	91	XII	Перетворення пластичних речовин у запасні	Маса зернівки. Схожість насіння	Для одержання зерна з високою схожістю необхідно застосувати спеціальну технологію для насінницьких посівів
Мертва стиглість			92	XII			
Період спокою зернівок			95	XII			
Життєздатні зернівки здатні проростати на 50%			96	XII			
Вихід зернівок із періоду спокою			97	XII			
Виникнення другого періоду спокою			98	XII			
Втрата другого періоду спокою			99	XII			

За даними Ф.М. Куперман, якщо при переході до **п'ятого етапу** покращити живлення рослин, то можна зменшити розрив в темпах формування двох перших і розміщених вище квіток у колосках. Тоді більше квіток у колоску буде утворювати повноцінне зерно, зросте озерненість колоска і колоса. Коли замість звичайних 2-3 квіток буде

нормально розвинуто 4-5 квіток і в них утворюються зернівки, то урожайність зросте вдвічі.

Шостий етап відбувається у рослин, коли вони перебувають у фазі стеблуння, і співпадає за часом з інтенсивним ростом третього-п'ятого міжвузля стебла. Він характеризується формуванням маточок, пилкових зерен, зародкового мішка й стовпчика приймочки. В цей період особливо важливе значення має вирівняність стеблостою рослин, а також відсутність бур'янів, які затіняють посіви пшениці. Фосфорні добрива, внесені під оранку, позитивно впливають на формування генеративних органів ще й на шостому етапі. Закінчується диференціація всіх частин колоса.

Сьомий етап співпадає з ростом останніх міжвузлів. Йде інтенсивний ріст у довжину всіх органів колоса. В кінці етапу колос досягає характерних для сорту розміру та форми і міститься у піхві останнього листка. На цьому етапі визначається щільність колоса, яка залежить від метеорологічних умов. В роки з великою кількістю опадів і хмарних днів колос буде більш рихлий, ніж в роки з безхмарними днями і дефіцитом вологи.

Восьмий етап збігається з фенофазою колосіння. На цьому етапі відбувається завершення процесів гаметогенезу і формування колоса, квіток. Продовжує рости найбільше верхнє міжвузля. Своєчасне азотне підживлення забезпечує формування виповненого зерна з високим вмістом білка і клейковини.

Дев'ятий етап включає цвітіння, запилення, запліднення, утворення зиготи і початок формування ендосперму. Припиняється наростання вегетативної маси. Цей етап ділить життя рослини на два періоди – *вегетативний і репродуктивний*.

На **десятому етапі** формуються зернівки. За рахунок надходження пластичних речовин з листків і стебла зародок та ендосperm збільшуються у розмірах. В кінці етапу зерно досягає типових для кожного сорту форм. На наступних етапах довжина зернівки уже не збільшується.

Одинадцятий етап збігається з фазою молочної стиглості, йде інтенсивне нагромадження пластичних речовин у зернівці. Зменшується вологість зерна, відбувається його ріст в товщину і ширину. Добра забезпеченість вологою і елементами живлення в поєднанні з невисокою (не більше +25°C) температурою збільшує масу 1000 зерен і урожайність.

Дванадцятий етап органогенезу за часом співпадає з восковою

стиглістю зерна. На початку етапу продовжується нагромадження пластичних речовин у зерні, яке поступово слабшає і повністю припиняється в кінці етапу. Зернівка перестає збільшуватися за розмірами і масою. Поживні речовини зернівки перетворюються на запасні.

Тривалість вегетації восени становить 40-50 днів, весною і влітку – 90-110 днів. Маса 1000 зерен – 35-50 г.

За сприятливих умов сходи з'являються за 7-9 днів після сівби. Через 13-15 днів, коли на рослині утвориться 3-4 листки і на глибині 2-3 см сформується вузол кущення, настає фаза кущення. До зими рослина повинна сформувати 2-4 пагони. Для цього потрібно 40-50 днів осінньої вегетації. Коренева система на цей час заглиблюється на 50-70 см. В осінній період рослини повинні пройти період загартування.

За інтенсивної технології вирощування пшеницю озиму потрібно розміщувати на родючих окультурених ґрунтах із середнім механічним складом. Погано росте вона на солонцюватих ґрунтах, солодах, легких піщаних, важких ґрунтах, які легко запливають.

Технологія вирощування

Суть сучасної інтенсивної технології вирощування озимої пшениці та інших культур, полягає в оптимізації умов вирощування на всіх етапах росту й розвитку.

Сучасні сорти озимої пшениці характеризуються високим біологічним потенціалом продуктивності, проте реалізація його у виробничих умовах досить низька.

Сучасні **сорти пшениці озимої** (мякої): Ассоль, Балада миронівська, Грація миронівська, Генічанка, Чирон, Хюгардо, Престижна, Осаяна, Ювілейна, Апостел, Покровська, Січеслава, Плеяда, ДОБРОВІТ, СОФРУ, Мірастар, Родзинка одеська, Селевана, Боровиця, Принада, Трудівниця миронівська, Атлон, Полісянка, Валенсія, Катаріна, Тайра, Оптима одеська, Асура, Кругозір, Зорепад білоцерківський, ГЮСТАВ, НС Футура, Скаген, Гейзер, КВС Лазулі, Нота одеська, Ладизинка, Чорнозерна, Гюзель, САМАРА 2, САНЖАРА та інші.

Сорти з високою потенційною продуктивністю потребують повного технологічного забезпечення для одержання стабільних урожаїв. Вирішуючи питання вирощування пшениці озимої потрібно обов'язково ознайомитись із біотехнологічною характеристикою сортів, рекомендованих для даної зони. Для вирощування необхідно вибрати 2-3 або 3-4 (залежно від розмірів посівних площ) сорти різних за

скоростиглістю та реакцією на умови вирощування. Такий підхід дає змогу краще використати попередники, рельєф, погодні умови конкретного року.

За достатнього ресурсотехнологічного забезпечення перевагу слід надавати сортам **інтенсивного типу**, які здатні найповніше окупити витрати, формуючи сильне та цінне зерно. За обмеженого ресурсозабезпечення (добрив, засобів захисту тощо) на менш родючих ґрунтах та після задовільних попередників, де потенційні можливості інтенсивних сортів не можуть бути реалізовані повною мірою, доцільно використовувати **пластичні сорти**, які за даних умов здатні формувати середні рівні врожаїв.

Місце культури в сівозміні. Пшениця вибаглива до попередників і знижує врожайність за повторного вирощування на 15-20, а при сівбі три роки поспіль – на 30-35 % і більше. При беззмінному вирощуванні врожайність знижується навіть при внесенні додаткової кількості добрив. Основна причина цього – прогресуюче поширення хвороб, шкідників і бур'янів. Пшеницю не слід розміщувати не лише після пшениці, але й після інших злакових хлібних культур (крім кукурудзи), які мають спільних збудників хвороб, шкідників і бур'янів. Всі попередники повинні бути надійними щодо нагромадження достатньої кількості продуктивної вологи на початок сівби (не менше 10 мм в 10-сантиметровому шарі ґрунту). Ці культури повинні рано звільняти поле й не висушувати ґрунт на велику глибину. Добрі попередники – горох, сочевиця, чина. В богарних умовах не слід висівати пшеницю після сорго, суданської трави, соняшнику, кукурудзи на зерно, трав другого-третього року використання.

У Лісостепу **пшеницю** необхідно розміщувати на полях зайнятих **парів** посівами на зелений корм і сіно, після конюшини на один укіс, гороху, сочевиці, чини, картоплі раннього споживання, кукурудзи на ранній силос, зібраної у фазі молочно-воскової стиглості не пізніше 20 днів до настання оптимальних строків сівби, а в посушливій південно-східній частині – також після чистих парів.

Інтенсивні **сильні** та **цінні сорти** пшениці вибагливіші до попередників, тому кращі попередники потрібно відводити саме для їх вирощування. В регіонах із достатньою кількістю опадів у липні, серпні й вересні доцільно після збирання ранніх культур лущити поле і висівати сидерати: редьку, гірчицю. Високорослі сорти пшениці доцільно висівати після стерньових попередників, кукурудзи.

Обробіток ґрунту повинен диференціюватися залежно від

грунтової зони, попередників, типу забур'янення, вологозабезпеченості, часу збирання попередника та технологічної схеми вирощування. Підготовку ґрунту слід розпочинати без розриву в часі після збирання попередника. Потрібно пам'ятати, що утримання поля чистим від бур'янів і сходів падалиці, від збирання попередника до сівби озимих зернових культур – важливий захід боротьби з багатьма шкідниками та хворобами пшениці.

Існує три основних системи обробітку ґрунту: традиційна, мінімальна та нульова, які описані в попередніх розділах навчального підручника.

«Нульовий» обробіток ґрунту, або «пряма сівба» можуть бути ефективно застосовані після попередників, що звільняють поле в часі, близькому до оптимальних строків сівби і навіть дещо пізніше, але на чорноземних ґрунтах – з доброю структурою та мало-забур'янених.

Удобрення. Збалансоване мінеральне живлення озимої пшениці протягом вегетаційного періоду є важливим фактором формування оптимальної конструкції посіву, регулювання продуктивного процесу. За даними польових дослідів Вінницької державної сільськогосподарської дослідної станції, внесення оптимальних норм мінеральних добрив, у поєднанні з інтенсивним захистом, забезпечує 28-32 % приросту урожаю, що пов'язано з високою вимогливістю пшениці до мінерального живлення. Для формування 6 т/га зерна із відповідною кількістю соломи вона засвоює 180 кг азоту, 80 кг фосфору і 155 кг калію. Пшениця добре реагує як на мінеральні, так і на органічні добрива. Тому, за розміщення пшениці після зайнятого пару, або багаторічних трав на один укіс, вносять 20-30 т/га гною.

Озима пшениця ефективно використовує післядію органічних добрив, внесених під попередні культури. Норми мінеральних добрив встановлюють з урахуванням запланованої урожайності, вмісту елементів живлення в ґрунті та інших чинників.

За даними Миронівського інституту пшениці НААН кращим співвідношенням елементів живлення N:P:K є 1,5:1:1 або 2,0:1:1.

При розміщенні озимої пшениці після зайнятого пару, багаторічних трав і зернобобових, рекомендується внесення під основний обробіток ґрунту $P_{60}K_{45}$, а після кукурудзи на силос – $N_{30}P_{90}K_{60}$. На малородючих дерново-підзолистих ґрунтах Полісся застосовують найвищі, порівняно з іншими зонами, норми мінеральних добрив – 90-120 кг/га азоту, фосфору і калію, з перевагою азоту і калію. Із фосфорних добрив на кислих ґрунтах використовують фосфоритне борошно.

На чорноземах Лісостепу та Степу вносять 60-90 кг/га мінеральних добрив, з перевагою фосфору та азоту, а на солонцюватих ґрунтах обмежуються внесенням азотних і фосфорних добрив, виключаючи калійні.

В цілому норми мінеральних добрив встановлюють з урахуванням запланованої урожайності, вмісту елементів живлення в ґрунті та інших чинників, використовуючи, при цьому, розрахункові методи, або нормативи витрат елементів живлення з урахуванням забезпеченості ґрунту елементами живлення (табл. 58).

58. Нормативи витрат мінеральних добрив на 1 т зерна пшениці, кг діючої речовини*

Забезпеченість ґрунту елементами живлення	Витрати, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Низька	30	20	22
Середня	28	18	20
Підвищена	20	13	16
Висока	17	11	10

*Примітка. * За даними інституту агрохімії і ґрунтознавства НААН*

При сівбі в рядки слід обов'язково вносити фосфорні добрива в дозі 10-15 до 20 кг/га д. р. у вигляді гранульованого суперфосфату або комплексних мінеральних добрив (нітроамофоска, амофос, нітрофоска).

В осінній період озима пшениця споживає близько 10 % від загальної кількості азоту. Для нормального росту і розвитку пшениці достатньо, щоб в орному шарі ґрунту запаси мінерального азоту перед сівбою становили 30-40 кг/га. При більш високому забезпеченні рослин азотом (наприклад, при внесенні всієї норми азоту восени), вони переростають, знижується їх зимостійкість та стійкість до хвороб. Крім того, за тривалого знаходження азотних добрив у ґрунті, азот втрачається внаслідок денітрифікації, вимивання або площинного змиву.

Азотні добрива доцільно вносити восени під передпосівну культивуацію, або при сівбі близько 30 кг/га д. р. у випадках, коли перед сівбою в орному шарі ґрунту, вміст мінерального азоту (сума аміачного і нітратного) становить до 30 кг/га. Внесення певної кількості азотних добрив восени теж є виправданим у випадках запізнення з сівбою, коли рослини відстають в рості, якщо не внесено добрив до сівби, або під час сівби виникає необхідність в осінньому підживленні пшениці. Підживлення азотом у пізньоосінній період (за 15-20 днів до завершення вегетації) доцільне також у тому випадку, коли вміст загального азоту в

листках пшениці на початку кущення становить менше 4 %. Поряд з азотними добривами, за необхідності вносять фосфорні і калійні з розрахунку 20-30 кг/га д. р., що посилює ріст і розвиток рослин, сприяє формуванню кращої морфологічної конструкції посіву в осінній період.

Система азотного удобрення озимої пшениці залежно від запланованої врожайності, особливостей росту і розвитку рослин, протікання процесу закладання елементів продуктивності може складатися з дво-, три- і чотириразових підживлень. **Перше підживлення (регенеративне)** виконують по мерзлоталому ґрунті, способом розсівання гранульованої форми азотних добрив, на початку весняного відростання рослин (II-III етап органогенезу, фаза кущення озимини), використовуючи 30 % від повної норми азоту (N_{30-60}). Воно інтенсифікує процес кущення, підвищує густоту стеблостою, збільшує кількість члеників колосового стрижня.

Друге підживлення (продуктивне) – до 50 % (N_{40-60}) проводять тим же способом на початку виходу рослин у трубку (IV етап органогенезу), для підвищення продуктивності колоса, його озерненості. До підживлення слід внести гербіциди (Гранстар, Діален Супер, Пріма), з метою недопущення засвоєння азоту бур'янами.

Третє (якісне) – в період від фази «прапорцевого» листка і колосіння до початку формування зерна (VII-IX етапи органогенезу) вносять решту азоту, для збільшення тривалості активної діяльності верхніх листків, підвищення інтенсивності фотосинтезу, зростання маси 1000 зерен, підвищення вмісту білка і клейковини. Це підживлення найбільше впливає на якість зерна. Чим пізніше проведено підживлення, тим більше азот впливає на якість. Застосовують його, розкидаючи гранульовану форму азотного добрива, або обприскуючи посіви водним розчином азотних добрив. Підживлення карбамідом можна проводити одночасно із внесенням засобів захисту рослин та мікродобрив.

Слід зазначити, що за високої концентрації водний розчин карбаміду може спричинити опіки. Молоді рослини більш стійкіші до нього, краще використовують азот. Тому у фазі кущення рекомендується вносити карбамід у дозі 18-20 % до об'єму робочого розчину; на початку виходу рослин в трубку – 10-12 %, на початку колосіння – 5-6 %. Одночасне внесення карбаміду із сірчанокислим магнієм (2,5-5 % концентрацією) зменшує небезпеку опіків рослин карбамідом.

Якщо вирощується сильний або цінний сорт і є можливість одержати сильне зерно, але проведених підживлень недостатньо, тоді проводять **додаткове**, понад розрахункові норми, високоякісне

підживлення розчином сечовини або плаву, за дози азоту 25-35 кг/га у фазі наливу зерна. Цим підживленням можна підвищити вміст білка на 1-2 % і клейковини – на 2-4 % і більше.

Перше підживлення буде ефективнішим, якщо добрива вносити прикоренево на глибину 4-5 см дисковими сілками. В такому разі можна застосовувати одночасно і фосфорно-калійні добрива, якщо з якоїсь причини не вся їх доза була внесена до сівби. Питання щодо проведення третього підживлення спірне й донині. Ефективність використання азоту з туків у цьому підживленні знижується, тому цей захід недоцільний у зонах з недостатнім зволоженням та в роки з посушливою погодою в цей період. Отже, у степових богарних районах усю розрахункову кількість добрив слід використати в першому, або першому і другому підживленнях, враховуючи стан розвиненості посівів та величину загальної норми азоту.

У зв'язку із ростом урожайності і збільшенням виносу різних елементів живлення з ґрунту, значно зростає роль **мікроелементів** (марганець, мідь, цинк, бор, молібден та ін.). Застосовують їх для передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення в період вегетації. Для кращого проникнення мікродобрив в рослину, підвищення їх ефективності доцільно додавати карбамід.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). При підготовці насіння до сівби обов'язковим заходом є протруювання насіння високоефективними універсальними препаратами: Вітавакс 200 ФФ (2,5-3,0 л/т), Ламардор (0,15 л/т), Дивіденд Стар (1,0-1,5 л/т), Байтан Універсал (2 кг/т) та інші. При протруюванні насіння доцільно добавляти до робочого розчину біостимулятори (емістим, агростимулін, гумісол), які забезпечують приріст урожаю 0,3-0,5 т/га.

Для сівби необхідно використовувати відкаліброване насіння. Доведено, що нерівномірно відкаліброване насіння створює цілий ряд, на перший погляд непомітних, але досить серйозних проблем. Нерівномірне за розміром і масою насіння обумовлює: нерівномірну норму його висіву (при однаковому відкритті висівної катушки його потрапить в насіннєпровід більше), нерівномірне нанесення протруйників; нерівномірний вертикальний і горизонтальний розподіл у ґрунті і, що найголовніше, нерівномірний ріст і розвиток сходів, тому що рослини, отримані з дрібного насіння, програють видову конкуренцію, зменшуючи загальну продуктивність агроценозу. До речі, в ПСП «Радівське» Калинівського району Вінницької області, яка є лідером серед аграрних підприємств області, не висівають насіння пшениці з

масою 1000 зерен менше 45 грам.

Дуже важливе і часто вирішальне значення для успішної перезимівлі та високої продуктивності озимої пшениці має своєчасна сівба. Тільки за сівби в оптимальні строки рослини, можуть повністю використати всі необхідні фактори для свого росту і розвитку. Відхилення від оптимальних строків сівби призводить до зниження урожаю на 0,6-0,9 т/га, а в окремі роки – 1,5 т/га і більше.

Критерієм визначення **оптимального строку сівби** має бути наступний: на час зупинення осінньої вегетації рослини озимої пшениці повинні добре розкущитися, утворивши 2-3 синхронно розвинутих пагони, і знаходитися на II етапі органогенезу, із вмістом цукрів у вузлі кущення понад 25 %. Такі параметри забезпечуються тоді, коли озимина восени вегетує близько 50 днів. Строки сівби визначаються у кожному конкретному випадку, беручи до уваги режим зволоження ґрунту, особливості сорту, попередники, організаційно-господарські можливості. Для південних районів Вінницької області оптимальними вони будуть з 18 до 30 вересня; центральних – з 15 до 27 вересня; західних та північних – з 10 до 25 вересня. В будь-якій із вказаних ситуацій допустимим є посів озимої пшениці до 5 жовтня.

Чим теплішими за достатнього зволоження будуть вересень – жовтень, тим більш оптимальні строки сівби будуть зміщуватись у бік пізніх, і навпаки. Але при цьому, варто пам'ятати, що дефіцит вологи в цей період здатний перетворити на пізній будь-який строк сівби.

Пізні строки сівби (після 5 жовтня) є ризикованими, особливо якщо погодні умови зимового періоду будуть близькими до норми, а весна прохолодна і посушлива. За таких умов, пізні посіви не встигнуть розкущитися, сформувати нормальну вторинну кореневу систему, що негативно вплине на рівень врожайності.

Враховуючи специфіку сортів, їх біологічні особливості може бути наступна послідовність сівби. Спершу необхідно розпочинати сівбу з гірших за агрофоном, але добре підготовлених, удобрених попередників (конюшина, кукурудза на зелений корм і силос, однорічні трави, зернобобові), сортами типу Знахідка одеська, Благо, Овідій, Кохана, Мрія та ін. За настання оптимальних строків, приступити до сівби на удобреному чорному парі сортами Марія, Красуня одеська, Ніконія, Селянка, Бургунка, Лада одеська, Актор, Андромеда та іншими. Під кінець висівають сорти інтенсивного типу з високою кущистістю після попередників, підготовка яких затримується.

Для одержання стабільних, гарантованих урожаїв сортів озимої

пшениці, обов'язково слід уникати ранніх строків сівби (до 2-5 вересня) і пізніх (після 5 жовтня), а також проведення сівби на площах, неякісно підготовлених та з недостатніми запасами продуктивної вологи в ґрунті.

Норма висіву насіння. В основі розрахунків норми висіву повинна лежати необхідність отримання густоти сходів в межах 400 штук на 1 м² для сортів з низьким коефіцієнтом кущення, а для сортів, що інтенсивно кущаться, 350-380 шт/м². За розбіжності між показниками лабораторної схожості та енергії проростання на 10 % і більше – норму висіву збільшують на 8-10 %.

Дані науково-дослідних установ та досвід передових господарств свідчать про те, що за якісної підготовки ґрунту, виконанні сівби в оптимальні строки, достатніх запасів вологи та елементів живлення, дотримання регламентів при подальшому догляді, оптимальна норма висіву для більшості сортів становить 4,5-5,5 млн./га схожих насінин. Посіви у більш ранні строки від оптимальних потребують зменшення норми висіву, а у більш пізні – збільшення на 0,5-1,0 млн. шт./га.

Окрім вищезгаданих позицій, **норму висіву насіння збільшують** на 10-20 % за таких обставин: 1) після поганих попередників (кукурудзи, круп'яних культур, інших непарових попередників); 2) при висіві напівкарликових сортів; 3) при запізненні з сівбою; 4) за дефіциту вологи та елементів живлення в ґрунті.

Технологія сівби. При виконанні сівби необхідно рівномірно за глибиною та довжиною рядка розмістити насіння в добре розпушений і зволожений дрібногрудкуватий посівний шар ґрунту. Ці вимоги забезпечуються при якісному виконанні передпосівної культивуації, відповідному регулюванні сівалки та швидкості руху агрегату. Оптимальна глибина загортання насіння 4-5 см. Її збільшують на 1-2 см за умов дефіциту вологи в посівному шарі ґрунту і зменшують у випадках висіву насіння обробленого байтаном, а також напівкарликових сортів. Після сівби, в умовах дефіциту вологи, за необхідності поле прикочують котками.

Основні вимоги до виконання сівби: 1) прямолінійність рядків; 2) однакова ширина міжрядь; 3) рівномірне розміщення насіння на задану глибину і за довжиною рядка; 4) відсутність просівів і перекриття на стиках суміжних проходів сівалки; 5) додержання заданої норми висіву.

При сівбі обов'язково залишають **технологічну колію** завширшки 1350 мм, яка в подальшому дасть змогу більш якісно здійснювати догляд за посівами – вносити добрива, засоби захисту рослин. Технологічну

колію використовують у разі відсутності GPS.

Догляд за посівами. Після сівби, коли ґрунт недостатньо зволожений і грудкуватий, посіви обов'язково закотковують.

Догляд за посівами необхідно розпочинати відразу ж після сходів пшениці озимої, систематичне проведення обстеження посівів, з метою виявлення пошкодження рослин шкідниками і ураження хворобами та проведення хімічної боротьби з ними за допомогою рекомендованих пестицидів.

Восени, до настання морозів, для захисту посівів від мишовидних гризунів (за заселення більше 3-5 колоній на 1 га), в жилі нори розкладають отруєні принади роденфосу, брикети шторму, бактероденциду.

Для контролю за станом перезимівлі пшениці озимої в установленому порядку відбирають моноліти або зразки для відрощування рослин.

Першим прийомом догляду в ранньовесняний період за пшеницею озимою, яка добре збереглася після перезимівлі, є підживлення азотними добривами. Доцільність його проведення та дозу азоту визначають залежно від часу відновлення вегетації та даних агробіологічного контролю.

У процесі догляду за посівами озимої пшениці проводять **захист її від шкідників та хвороб**. Основою забезпечення ефективного контролю чисельності та поширення шкочинних об'єктів має бути застосування інтегрованої системи, що поєднує в собі комплекс агротехнічних, організаційно-господарських, хімічних та інших заходів. При цьому, слід пам'ятати, що будь-яке спрощення або фрагментарне використання окремих її елементів, різко знижує її ефективність і неминуче веде до надмірного застосування пестицидів, що в сучасних умовах є вкрай небажаним.

Сучасний асортимент пестицидів для обробки насіння дає можливість широкого вибору найефективніших композицій. Однак, при цьому існують певні ризики. Відомо, що інфекція, яка потенційно загрожує молодим проросткам, може знаходитись як на поверхні насіння (базидіоспори твердої сажки, макроспори фузаріозу колоса), в середині насінини (мікроміцелії летючої сажки), так і в ґрунті (збудники корневих гнилей тощо). Токсична дія більшості препаратів спрямована проти найголовніших хвороб і є досить тривалою. Разом з тим, із подовженням строків осінньої вегетації у зв'язку із потеплінням, термін захисної дії деяких із них є недостатнім.

За оптимально **ранніх строків сівби** (до 20 вересня) зростає ризик пошкодження сходів злаковими мухами, а в південних районах – личинками хлібної жужелиці. Велику загрозу сходам озимих створюють також дротяники і особливо озима совка, чисельність якої через потепління та розбалансування інтегрованого захисту різко зросла.

Чисельність шкідливого ентомокомплексу можна істотно скоротити за допомогою агротехніки. Так, внесення в рядки при посіві, або під культивуацію мінеральних добрив сприяє негативному впливу на шкідників, що мешкають у ґрунті, насичуючи ґрунтовий розчин солями та випарами аміаку та кислот. Крім того, хлор, що міститься у хлористому калію, має пряму токсичну дію на ентомофауну. Встановлено, що азотні добрива, насичуючи клітинний сік рослин нітратами, роблять його менш придатним для живлення шкідників.

Зміщення в часі строків сівби в бік більш пізніх, а також заробка у ґрунт падалиці та пирію, дає можливість значно зменшити ризик пошкодження посівів озимої пшениці злаковими мухами, особливо гессенською, яка, як відомо, живе лише 4-5 днів.

Внесення інсектицидів проводиться шляхом обробки насіння і обприскування посівів. Перший має ряд істотних переваг: екологічно набагато безпечніший; економічно дешевший; гарантує тривалий та надійний захист за будь-яких погодних умов. Відтак, насіння слід обробити (в композиції із фунгіцидами) одним із препаратів (наводимо в порядку, починаючи із найбільш ефективних): Круізер (д. р. тіаметоксам) – 0,8 кг.; Промет (д. р. фуратіокарб) – 2,0 кг.; вітчизняний протруйник рубіж (д. р. димстоат) – 2,0 кг на 1 тону насіння. Круізер має істотну перевагу над іншими, а саме – екологічно безпечніший і справляє більш тривалу (до 45 днів) захисну дію.

Потрібно обстежити посіви озимої пшениці на предмет присутності на них яйцекладок, пам'ятаючи при цьому, що шведські мухи (вівсяна і ячмінна) відкладають яйця у фазі першого – другого листка за колеоптиль або листову піхву, що прикриває молоденьке стебельце; гессенська – на поверхню листка, розміщуючи їх ланцюжком. Через 4-7 днів можлива поява личинок. Шкодочинність злакових мух дуже висока, найбільш небезпечним є пошкодження ембріональних тканин. При необхідності, обприскування слід оперативно провести (до зниження температури повітря нижче + 12°C) наступними препаратами: Данадим 400 к.е., Волатон, Золон – 1,5 кг/га; Децис 2,5 % к.е. – 0,2 кг/га; Децис Профі в.р. – 0,04 кг/га; Карате 050 ЕС к. е. – 0,2 кг/га; Фастак 10 % к. е., або його вітчизняний аналог Циклон к. е. – 0,15 кг/га. Якщо в посівах

присутні личинки хлібної жужелиці (більше 2-4 особин на 1 м²) – слід внести до суміші препарат, що містить діазинон (Базудин 60 % EW в.е. – 1,5-1,8 кг/га).

На разі потужні компанії, які займають виробництвом засобів захисту рослин пропонують для кожної культури систему захисту.

Збирання врожаю. Збирання озимої пшениці, вирощеної за інтенсивною технологією, проводиться прямим комбайнуванням, за досягнення повної стиглості, коли вологість зерна складає 14-18 %.

7.3. Інтенсивна технологія вирощування жита озимого

Жито менш вимогливе до умов вирощування, ніж пшениця, про що свідчать **біологічні особливості** приведені в таблиці 59.

59. Біологічні особливості жита озимого

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - середньодобова температура для відновлення вегетації, °С	+0,5+2 +6+12 +3+5 -28-35 +20+22 +3+4
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	65-75 20-30 64-78 340-450 коłosіння- цвітіння
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	3,1 1,37 2,6
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 5,3-6,5
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25 – на чорноземах; 1,2-1,3 на сірих

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
		лісових
7.	Індекс листкової поверхні Оптимальна площа листкової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,0-6,0 40-60
8.	Тип кореневої системи	мичкуватий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	1,5-2,0 1,5
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення - просторова ізоляція між сортами, м	перехресний 200-500
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів - осіннього - всього	40-60 240-260

У жита добре розвинена **коренева система**, яка проникає на глибину 1,5-2,0 м й здатна засвоювати фосфор і калій із важкорозчинних сполук.

Вузол кущення у жита формується ближче до поверхні ґрунту, ніж у пшениці (1,7-2 см), частіше жито формує 2-3 вузли кущення. Глибина залягання верхнього вузла кущення менше залежить від глибини сівби. Жито схильне до вилягання, оскільки має висоту до 2,0 метрів, менш чутливе до кислотності ґрунту, через це його можна вирощувати на малопридатних для пшениці піщаних підзолистих ґрунтах, особливо це стосується зони Полісся. Але, звичайно, кращими для жита є родючі структурні чорноземи і сірі лісові ґрунти середнього та легкого суглинкового механічного складу. Погано росте жито на важких глинистих, заболочених та засолених ґрунтах.

Технологія вирощування

Сучасні сорти жита посівного (озимого): Драйв, КВС Магніфіко, Стоір, Жатва, Композитне, КВС Вінетто, ЗУ Незрі, ЗУ Промотор, Хантер, Гуттіно 2013, Каліпсо, Верша, Амей, Айвенго, Оріана, Лоретто, Піано, КВС Требіано, КВС Тайо, КВС Пропауер, Алатир, Еліас, Ласкаве, КВС Тьютор, КВС Мотиватор та ін.

Місце культури в сівоzmіні. Найкращими попередниками для озимого жита інтенсивного типу є багаторічні трави на один укіс, озимі та кукурудза на зелений корм і силос, вико-вівсяні суміші на зелений корм і сіно, горох на зерно, озима пшениця. Добрими попередниками є ріпак, гречка, ранні сорти картоплі. За вирощування жита необхідно

враховувати можливість вилягання посівів високорослих сортів за розміщенні їх після багаторічних трав на родючих ґрунтах. У такому разі дані попередники краще використати під пшеницю озиму, а озиме жито сіяти після інших рекомендованих попередників.

Обробіток ґрунту ідентичний обробітку ґрунту під пшеницю озиму, після непарових попередників застосовують, як правило, поверхневий або мінімальний обробіток ґрунту, дисковими знаряддями, чизельними або плоскорізними культиваторами чи комбінованими агрегатами.

Після збирання попередника без розриву в часі проводять обробіток ґрунту на глибину 6-8 см дисковими луцильниками ЛД-14, ЛД-11 і вносять мінеральні добрива. В залежності від фітосанітарного стану поля і механічного складу ґрунту, здійснюють поверхневий обробіток важкими дисковими боронами типу БДТ-7, БД-10 або мілкий безполицевий (безполицеве розпушування) чизель-культиваторами (КЧП-5,4, КЧП-7,2, АПЧ-2,5, АПЧ-4,5) або плоскорізами (КПШ-9, КПШ-5, КПП-2,2, КПП-250) в агрегаті з БГ-3 і ЗККШ-6А.

Удобрення. Жито озиме, на відміну від інших злакових культур, має потужнішу кореневу систему, тому інтенсивніше засвоює поживні речовини з ґрунту, навіть з менш рухомих форм.

Мінеральні добрива вносять під основний обробіток ґрунту, в рядки і в підживлення. Вирощування жита озимого на високому фоні добрив може викликати вилягання. Залежно від типу ґрунту норми повних мінеральних добрив становлять від 45 до 90 кг/га азоту, фосфору і калію. Більш високі дози добрив вносять за сівби жита після стерньових попередників, при вирощуванні низькорослих тетраплоїдних сортів, які мають високу стійкість до вилягання. Підвищені норми азотних добрив під жито можуть вносити після кукурудзи, а після багаторічних трав, гороху, навпаки, їх зменшують.

Калійні добрива повною дозою, фосфорні у кількості 80-85 % норми вносять під основний обробіток, решту 15-20 % фосфору – в рядки під час сівби, оскільки вони найбільш інтенсивно використовуються рослинами в перший місяць вегетації.

Максимальне використання азоту припадає на періоди кущення – вихід в трубку, стеблування (III-VII етапи органогенезу), тому застосовують його переважно у вигляді прикореневого підживлення у ранньовесняний період, не великими нормами N₃₀₋₄₅.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Для сівби використовують кондиційне насіння рекомендованих сортів високих

репродукцій. Протруювання насіння є обов'язковим профілактичним заходом, який зменшує ураження проростків грибковими хворобами.

Найбільш ефективними протруйниками є Вітавакс 200 ФФ (2,5-3,0 л/т), Байтан універсал (2,0 л/т), Вінцит (2,0 л/т), Фундазол (2,0-3,0 кг/т) та інші.

Для створення сприятливих умов росту і розвитку жита в осінній період, запобігання його переростання та зниження морозостійкості, необхідно сіяти його у другій половині рекомендованих оптимальних строків сівби озимої пшениці. У цьому разі сума ефективних температур, до настання постійного похолодання ($4-5^{\circ}\text{C}$), досягне оптимальної для жита величини ($500-550^{\circ}\text{C}$), за якої формуються найбільш стійкі до несприятливих умов перезимівлі рослини (мають по 3-5 пагонів). З урахуванням конкретних умов вирощування в умовах Лісостепу, озиме жито краще зимує за сівби в третю декаду вересня. Спочатку слід висівати диплоїдні сорти, а також жито, яке буде розміщене після гірших попередників.

Основний **спосіб сівби** – звичайний рядковий, із залишенням технологічних колій. Норма висіву залежить від ґрунтово-кліматичних умов, строків сівби, попередників, системи удобрення та біології сорту.

Норма висіву диплоїдних сортів в зоні Лісостепу та Полісся становить 5,0-5,5 млн. схожих зерен на 1 га, тетраплоїдних сортів повинна бути на 0,5-1,0 млн./га зерен меншою.

У степових регіонах оптимальна норма складає 3,5-4,0 млн. схожих насінин на 1 га. Глибина загортання повинна складати 3-4 см, на легких ґрунтах – 5-6 см, за сухої погоди – 6-7 см.

Догляд за посівами. Після сівби поле обов'язково прикочують кільчасто-шпоровими ЗКШ-6 або резиновими котками.

Для захисту сходів від озимої совки, хлібних жужелиць та злакових мух, при пороговому заселенні ними, здійснюють обприскування посівів тими ж препаратами, що й пшеницю озиму. Восени проводять боротьбу з мишовидними гризунами. Для попередження вилягання посівів жита озимого ефективним є внесення ретардантів у фазу трубкування (V-VI етапи органогенезу).

Жито добре конкурує із бур'янами, через це потреби в застосуванні гербіцидів на високопродуктивних посівах практично не має.

Боротьбу з хворобами та шкідниками проводять за такою ж схемою, як і пшениці озимої.

Збирання врожаю. Жито збирають прямим комбайнуванням у фазі повної стиглості, коли вологість зерна складає 14-16 %. Необхідно мати

на увазі, що ця культура дуже схильна до вилягання, осипання і проростання зерна, тому його збирають в короткі строки (за 5-8 днів). На токах господарств зерно відразу ж доводять до базисних кондицій.

7.4. Інтенсивна технологія вирощування ячменю озимого

Біологічні особливості. Ячмінь озимий менш вимогливий до ґрунтів, ніж пшениця озима, але його вирощування значно обмежується кліматичними умовами – найменш морозо- і зимостійкий серед хлібних озимих культур.

Він поширений у регіонах із теплими зимами, північна межа вирощування ячменю озимого в Україні проходить через Львівську, Тернопільську, Вінницьку, Луганську області. Він пошкоджується навіть за температури мінус 12-13 °С, якщо вона триває довго на такому рівні. Шкодять ячменю тривалі зимові відлиги і ранньовесняні похолодання, оскільки за настання теплих днів він швидко починає відростати (табл. 60).

60. Біологічні особливості озимого ячменю

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - середньодобова температура для відновлення вегетації, °С	+2+3 +6+12 +3+5 -12-13 +16+20 +4+5
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	65-75 20-30 58-60 300-450 коłosіння- цвітіння
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	2,5 1,1 1,75
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 6,0-7,5
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25 - на чорноземах; 1,2-1,3 на сірих лісових
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,0-6,0 40-60
8.	Тип кореневої системи	мичкуватий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	1,0 0,9
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 2,0-3,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	самозапильний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів - осіннього - всього	30-40 220-240

Восени може виходити в трубку, після чого морозо- і зимостійкість різко знижується. Багато сортів ячменю є дворучками і вони встигають пройти стадію яровизації за осінньої, зимової та весняної сівби. Пояснюється це тим, що стадія яровизації триває лише 30-40 днів.

Технологія вирощування

Сучасні сорти ячменю звичайного (озимого): МП Оскар, Монро, Збруч, Люсьєн, МП Дарій, Еталон, Непал, Гіронделла, ЛГ Тріумф, МП Ясон, МП Гладіатор, Карміна, КВС Меридіан, ВАЛЬКІРІЯ, КВС Тенор, АРКАНДА, Вутан, КВС Скала 2015, Паладін Миронівський та ін.

Місце культури в сівоzmіні. Ячмінь озимий має невисоку вимогливість до попередників. Кращими серед них у сівоzmіні є чисті або зайняті пари, багаторічні й однорічні трави, зернові бобові культури, кукурудза на зелений корм і силос. Проте, після цих попередників у першу чергу розміщують пшеницю озиму, тому для ячменю залишаються ті просапні культури, які рано збираються: кукурудза на силос і зелений корм, окремі види овочевих культур. За умови інтегрованого захисту від хвороб і шкідників, для нього непоганим попередником є також пшениця озима.

Обробіток ґрунту такий самий, як і під пшеницю озиму.

Удобрення. Ячмінь озимий добре реагує на внесення мінеральних добрив, особливо азотних. Це пов'язано з його інтенсивним кущенням і наростанням вегетативної маси та коротким періодом активного

засвоєння поживних речовин з ґрунту. Мінеральні добрива в Лісостепу вносять у нормі 45-60 кг/га усіх елементів живлення. Фосфорні добрива до 90 % від норми та повну норму калійних добрив вносять під основний обробіток ґрунту, близько 10 % фосфорних добрив – у рядки під час сівби. За розміщення ячменю після кукурудзи, стерньових попередників азотні добрива вносять у два прийоми: половину норми – до сівби, іншу половину – в підживлення навесні на II етапі органогенезу; після зернобобових – повну норму у весняне підживлення у фазі кущення (II етап органогенезу).

За дефіциту мінеральних добрив, їх можна використовувати для рядкового удобрення у вигляді комплексних добрив у дозі 10-15 кг д. р. NPK. Ячмінь озимий добре використовує післядію мінеральних та органічних добрив внесених під попередник. Позитивно відгукується на внесення мікроелементів.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Протруювання насіння є обов'язковим елементом допосівної підготовки, його проводять високоефективними протруйниками: Вітавакс 200 ФФ (2,5-3,0 л/т), Дивіденд стар (1,0-1,5 л/га) та іншими. Насіння цими препаратами можна обробляти за 2 тижні до сівби.

Найкращий розвиток ячменю озимого та стійкість до несприятливих умов перезимівлі відмічають за сівби його через 10-12 днів після висівання пшениці озимої або під кінець оптимальних строків її сівби.

Типові озимі сорти ячменю необхідно висівати на 5-7 днів раніше (у Лісостеповій зоні вважається 20-30 вересня), за сорти «дворучки» (Достойний, Основа), яким притаманне сильне переростання.

Сіють ячмінь озимий звичайним рядковим способом із залишенням технологічних колій. Застосовують також вузькорядний та перехресний спосіб сівби. Норма висіву насіння на родючих і добре оброблених ґрунтах з достатньою кількістю вологи складає 3,5 млн. шт. / га. Запізнення із сівбою та за несприятливих умов вирощування, норму висіву збільшують до 4,0-5,0 млн./га (400-500 шт./м²).

Догляд за посівами. Після сівби ячменю озимого поле (за відсутності опадів) необхідно закоткувати котками типу ЗККШ-6.

Для боротьби з мишовидними гризунами восени до настання морозів у жилі нори розкладають отруєні принади з роденфосу, шторму або бактероденциду.

Після відновлення весняної вегетації проводять підживлення посівів азотом. Забур'янені посіви ячменю озимого у фазі кущення обробляють гербіцидами.

Ячмінь озимий сильно уражується борошнистою росою, іржею, смугастим гельмінтоспоріозом, сажковими та вірусними хворобами. За появи перших ознак хвороби посіви обробляють високоефективними фунгіцидами.

Для запобігання вилягання рослин, посіви необхідно обробити ретардантами Хлормекватхлоридом, Композаном та іншими на III-IV етапах органогенезу.

Збирання врожаю. Серед зернових колосових культур ячмінь озимий досягає найшвидше, збирають його прямим комбайнуванням за вологості зерна 14-17 %. Запізнення зі збиранням сприяє збільшенню втрат урожаю.

7.5. Інтенсивна технологія вирощування пшениці ярої

Пшениця яра, порівняно з іншими ярими культурами, добре витримує весняні заморозки, в той час як ячмінь ярий може відчувати пригнічення у вигляді «застуженості» (табл. 61).

Технологія вирощування

Сучасні сорти. Пшениця тверда яра: Деміра, Дуромакс, МІП Райдужна, Діана, Тамадур, МІП Магдалена, Династія, Альжбета, Ремарка, МІП Ксенія, ОДІССЕО, Тессадур, Ксантия, Тера, ФУЕГО, Дурофінус та інші. Пшениця м'яка яра: МАТТУС, ГРАНУС, МІП Злата, КВС Аквілон, Токата, ВПБ Трой, КВС Старлайт, Оксамит миронівський, Марбел, Лейді, Анабель, МІП Світлана, Аліція, Божена, Дубравка, МІП Соломія, ПС Петра, КІТРІ, МІП Олександра, КВС Сансет, МІП Візерунок та інші.

Місце культури в сівозміні. Пшениця яра – це культура, яка досить чутлива до попередників. Кращими попередниками для ярої пшениці є багаторічні й однорічні бобові трави, горох, кукурудза, картопля, ширококорядні посіви гречки і проса. Не варто розміщувати її після культур, які сильно висушують ґрунт – соняшнику, суданської трави, сорго, ячменю, цукрових буряків та у повторних посівах.

Обробіток ґрунту. Кращим для вирощування пшениці є напівпаровий обробіток ґрунту. Після збирання попередника здійснюють лушення стерні дисковими знаряддями (ЛДГ-10; 15) у двох напрямках на глибину 6-8 см. Через 2-3 тижні після першого відростання бур'янів проводять друге лушення БДТ-7 на глибину 8-10 см.

Оранку на зяб проводять після відростання бур'янів і внесення добрив. Глибина оранки після просапних культур 20-22 см, а після

інших попередників – 25-27 см.

61. Біологічні особливості пшениці ярої

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1	2	3
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів	+1+2 +17+20 +4+5
	- температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період (> +5 °С), °С	-10-11 +16+25 1500-2000
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води у орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	65-75 20-30 50-62 400-450 кущення-вихід у трубку
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	3,0-4,2 1,1-1,8 2,5-3,8
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 6,0-7,5
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25 – на чорноземах; 1,2-1,3 на сірих лісових
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листкової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,0-5,5 40-55
8.	Тип кореневої системи	мичкуватий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	1,0-1,5 1,0
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	самозапильний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	90-110

Можна застосувати як полицеву оранку плугами (ПЛН-5-35 та ін.),

так і безполицевий обробіток плоскорізами або чизелями, оскільки істотної різниці в урожайності зерна майже не прослідковується. Восени поверхню поля вирівнюють, а після полицевої оранки розробляють борозни і гребні.

Основний обробіток ґрунту восени в Степу на ґрунтах середнього і легкого механічного складу, проводять на глибину 10-14 см культиваторами-плоскорізами ОПТ-2-5, КПШ-5, КТС-10-02, КПШ-9, КТС-10-01 або іншими, а на важких солонцюватих – до 27 см. Потім поле обробляють на глибину 4-6 см голчастими знаряддями БГ-3, БМШ-15, БМШ-20.

Навесні за дозрівання ґрунту виконують боронування, а безпосередньо перед сівбою – культивацію на глибину загортання насіння (5-6 см).

Удобрення. Повне мінеральне добриво під яру пшеницю залежно від агрохімічного складу ґрунту і попередників, вносять із розрахунку під основний обробіток ґрунту, з розрахунку 40-60 кг д. р. NPK на гектар і під час сівби – 10-15 або 15-20 кг/га.

Дуже ефективне, для ярої пшениці проведення прикореневих підживлень азотом у фазі кущення з розрахунку по 30-40 кг/га д. р.

В цілому застосування азотних добрив на ярій пшениці подібне до внесення під пшеницю озиму. Однак підживлення її азотом має бути гнучким і адаптивним. На норму і строк внесення добрив впливають ті ж закономірності, що й стосуються пшениці озимої.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Підготовка насіння до сівби пшениці ярої така ж, як і озимої. Перед сівбою насіння протруюють Вітаваксом 200 ФФ, 34 % в. с.-к. – 2,5 л/т; Вінцитом, 5% к. е. – 2 л/т; Дивіденд стар, 36% т. к. с. – 1,0 л/т; Раксилон, 6% т.к.с. – 0,4 л/т.

Для сівби використовують високоякісне насіння, із чистотою не нижче 98, схожістю – 92 %. Пшеницю висівають першою серед ранніх ярих хлібів, на початку польових робіт. Запізнення з сівбою навіть на 10 днів може призвести до зниження врожайності на 20-25 %, внаслідок зниження продуктивної кущистості, пошкодження рослин злаковими мухами та фузаріозом. Глибина загортання насіння, для кращого кущення, має становити 3-5 см, але якщо верхній шар ґрунту пересохлий, то насіння необхідно загортати на глибину 6-8 см.

Найвищий урожай у сортів м'якої пшениці формується за густоти 450-500 стебел на 1 м², а твердої – 500-550. Густота такого стеблостою для м'якої пшениці забезпечується нормою висіву 4,5-5,0 млн. шт.

схожих насінин на га після кращих попередників, а після гірших – 5,0-5,5 млн. шт. на га. Для твердої пшениці – після кращих попередників 5,0-5,5 млн. шт./га, а після гірших – 5,5-6,0 млн. шт./га схожих насінин. Середні норми висіву в Поліссі 5,5-6,0 млн., в Лісостепу – 5,0-5,5, в Степу – 4,5-5,0 млн. схожих насінин на 1 га. Підвищені норми висіву пов'язані з тим, що яра пшениця має низький коефіцієнт кущення.

Догляд за посівами. Після сівби поле боронують легкими або середніми бородами, а за недостатнього зволоження коткують кільчасто-шпоровими котками і боронують. Якщо після сівби випадають інтенсивні опади і з'являється щільна ґрунтова кірка, то її необхідно зруйнувати боронуванням впоперек напрямку сівби легкими бородами або ротаційними знаряддями. Якщо проростки пшениці вже на глибині 2-3 см від поверхні ґрунту, а глибина сівби не перевищує 4 см то боронувати необхідно ротаційними мотигами.

Захист посівів від бур'янів, шкідників і хвороб. Для знищення дводольних багаторічних (насамперед коренепаросткові) та однорічні бур'янів, у фазі кущення вносять гербіциди: Гранстар, 75% в.г. – 0,020-0,025 г/га; Естерон 85% к.е. – 0,6-1,0 л/га, Пріма, к.е. – 0,4-0,6 л/га, Гроділ ультра 17,5% в.р. – 0,15-0,20 кг/га.

Проти смугастої хлібної блішки (ЕПШ – 6-8 екз./м²), стеблових хлібних блішок (ЕПШ – 3-4 екз./м²), гессенської і шведської мух (за заселення 15-20 % рослин) у фазі 2-3 листків сходи обприскують Арріво, 25 % к.е. – 0,2 л/га, Карате, 5 % к.е. – 0,2 л/га; Фастак, 10 % к.е. – 0,1 л/га, Децис, 2,5 % к.е. – 0,25 л/га. Проти жуків п'явиці звичайної (10-15 екз./м²) у фазі кущення посіви обприскують Карате, 5 % к.е. – 0,15 л/га або Фастаком, 10 % к.е. – 0,1 л/га. Проти борошнистої роси, бурої іржі, септоріозу та інших хвороб на початку колосіння посіви обробляють Імпактом, 25 % к.е. – 0,5 л/га; Альто Супером 33 % – 0,4-0,5 л/га; Абакусом, 12,5 % м.к.с. – 1,25-1,75 л/га.

За наявності в посівах личинок клопа-черепашки (2-4 екз./м²), личинок трипса (20-30 екз./м²), попелиць (20-25 екз./м²), хлібних жуків (3-5 екз./м²) у фазі молочної стиглості зерна посіви обробляють інсектицидами.

Збирання врожаю. Застосування інтенсивної технології передбачає збирання пшениці ярої прямим комбайнуванням вітчизняними та закордонними зернозбиральними комбайнами «Джон Дір», «Claas», «Бізон», «Лан» та ін. При інших технологічних схемах та значному забур'яненні полів або нерівномірному досяганні застосовують роздільне збирання.

Одним із заходів збереження врожаю колосових культур, в тому числі і пшениці ярої, є проведення дисекації посівів на заключному етапі їх вирощування. Завдяки десикації покращується збирання врожаю, зменшується забур'яненість посівів, знижується перезволоження рослин у вологу погоду.

7.6. Інтенсивна технологія вирощування ячменю ярого

Біологічні особливості. Біологічною особливістю ячменю ярого є те що за сильної посухи запліднення відбувається до виколювання або взагалі може і не відбутися (табл. 62).

62. Біологічні особливості ячменю ярого

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період (вище +5 °С), °С	+1+3 +17+20 +4+5 -6-8 +20+22 1800-2200
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	65-75 20-30 58-60 350-450 колосіння- достигання
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	2,7 1,1 1,6
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 6,0-7,5
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,0-5,0 40-50
8.	Тип кореневої системи	мичкуватий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	0,8-1,0 0,8-0,9

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	самозапилення
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	75-110

В ячменю кущення необмежене стадійно й пагоноутворення за інтенсивного зволоження може продовжуватися в період, коли перші пагони вже досягли повної стиглості. Внаслідок цього в дощову погоду стиглий стеблостій заростає пагонами пізнього кущення.

Значна частина зерна ячменю використовується для виробництва пива (пивоварні сорти). Найцінніші для цього сорти дворядного ячменю з добре виповненим та вирівняним зерном. Зерно має бути здоровим, однорідним, чистим, світло-жовтого або жовтого кольору, мати запах свіжої соломи. Зерно ячменю темних відтінків вказує на його збирання в дощовий період. Незрілі зерна ячменю мають зеленкуватий колір. Пліснявіння спричиняє сіро-матове та синювате забарвлення. Тому збирання ячменю в дощовий період та порушення умов його зберігання призводить до втрат пивоварних якостей зерна, і воно стає непридатним для виробництва солоду.

Вологість зерна повинна становити 14,5 %, вміст білка 9-11,5 %. Підвищений вміст білка ускладнює фільтрацію на пивзаводах та знижує якість пива. Крім того, збільшення вмісту білка на 1 % зменшує вихід екстракту на пивзаводі на 0,8 %. Енергія проростання – має бути не меншою ніж 96-97 %. Цінними є сорти з тонкою плівкою та низьким вмістом бета-глюкану, що сприяє гарному проникненню води в зернівки і, завдяки цьому, швидкому та рівномірному спущуванню зерна у процесі солодоращення. Не допускається зараження шкідниками.

Виходячи із цього технологія вирощування пивоварного та зернофуражного ячменю істотно відрізняються.

Технологія вирощування

Сучасні сорти. Сортівий склад слід формувати залежно від цілей вирощування. Для *пивоварних* цілей краще вирощувати дворядні ячмені сортів: Роні, ВС Ірина, Сталий, Дорідний, Талісман Миронівський, Лаудіс 550, Піонер, Монтоя, Саломі, Овертюр, Дача, Незабудка, Вінницький 28, Воевода, Квенч, Сербінетта, Орвел, Каштан, Подолян та інші. Для *кормових і продовольчих* – Хорс, Подив, Танго, Овація,

Арістей, МП Мирний, Експлоєр, Галичанин, Гуллівер, Паула, Святомихайлівський, Грейс, Проспект, МП Люкс, МП Акцент, Одисей, Брітні, Гарант, Модерн, Гарбінер, МП Богун, Фатіма, Моураві, МП Азарт, Аверс та ін.

Місце культури в сівозміні. Для пивоварного ячменю кращими попередниками вважаються цукрові буряки та кукурудза на зерно, які вирощуються після озимих зернових культур. У цьому разі отримують не лише високий урожай, але й зерно відповідних пивоварних якостей. В свою чергу ячмінь ярий – найкраща покривна культура та попередник для багаторічних трав.

Попередниками для **фуражного ячменю ярого** може бути більшість польових культур, за умови їх невисокої забур'яненості та оптимально внесених під них доз добрив. У структурі посівних площ ячмінь ярий займає 10 %.

Обробіток ґрунту. Основний обробіток ґрунту під ячмінь необхідно починати якомога раніше після збирання попередника. При цьому підвищується біологічна активність ґрунту, навіть в умовах посухи, покращуються показники його родючості.

Пивоварний ячмінь добре реагує на поглиблення орного шару ґрунту під попередником, але безпосередньо під пивоварний або кормовий ячмінь, поглиблення основного обробітку понад 20-22 см – недоцільне.

За вирощування ячменю після картоплі, кормових і цукрових буряків, під які проводять глибоку оранку, після їх збирання можливо провести безплужний обробіток плоскорізами або чизель-культиваторами.

Після кукурудзи поле дискують у двох напрямках дисковими боронами і потім орють на зяб на глибину 22-25 см. У зоні недостатнього зволоження проводять обробіток плоскорізами-глибокорозпушувачами. На важких запливаючих ґрунтах в умовах зрошення можна проводити обробіток фрезерними культиваторами глибокорозпушувачами КФГ-3,6. На важких ґрунтах, на схилах, на ділянках, де можливий застій води навесні, в передзимовий період необхідно проводити щільовання (ЩП-3-70 або ін.).

У системі **передпосівного обробітку ґрунту** найголовніше – не пересушити верхній шар ґрунту перед сівбою. Навесні закривають вологу, використовують замість парових культиваторів КПС-4, у яких погано регулюється глибина обробітку, комбіновані агрегати типу: АПБ, АГ системи «Європак», «Георгій».

На вирівняних з осені полях, коли верхній шар ґрунту при виході з зими перебуває в рихлому стані, сівбу ячменю можна здійснювати без попередньої культивуації, обмежуючись лише передпосівним боронуванням важкими зубовими боровами. У разі, коли ґрунт після зими ущільнений, замість боронування виконується передпосівна культивуація на глибину загортання насіння в агрегаті з легкими боровами.

Не можна спрощувати передпосівний обробіток ґрунту після таких попередників, як кукурудза та соняшник, у зв'язку з наявністю значної кількості післяжнивних решток. У таких випадках поле готують за загальноприйнятою схемою, щоб забезпечити якісне загортання насіння на задану глибину – 5-6 см. За недостатньої вологості верхнього шару ґрунту глибину загортання насіння збільшують на 1-3 см. Посіви обов'язково одразу коткують, що прискорює появу сходів ячменю на 1-2 дні та зумовлює підвищення врожайності зерна на 0,1-0,3 т/га, за рахунок покращання водного і теплового режиму ґрунту в зоні розміщення висіяного насіння, покращення діяльності ґрунтових мікроорганізмів, а також запобігає вітровій ерозії верхнього шару ґрунту.

Удобрення. Ячмінь має недостатньо розвинену кореневу систему із низькою засвоювальною здатністю, тому вимагає значної кількості легкодоступних форм елементів живлення. З усіх ярих колосових культур ячмінь найкраще використовує і окупує пряму дію і післядію добрив.

Оскільки основну частину елементів живлення ярий ячмінь поглинає у перші фази росту (перші 40 днів), то необхідно щоб у цей період у зоні кореневої системи знаходились легкодоступні елементи живлення. Через це, крім основного удобрення здійснюють ще й припосівне внесення азотних, фосфорних або комплексних добрив в нормі 15 кг/га діючої речовини кожного компонента, що забезпечує підвищення урожайності в середньому на 0,3-0,4 т/га.

За дуже **ранніх строків сівби** ячменю нітрифікуюча здатність ґрунту ще низька, тому є необхідність внесення азотних добрив (N_{15}) у припосівне удобрення, для підвищення урожаю та зниження білковитості й плівчастості зерна, що має важливе значення, зокрема для вирощування пивоварного зерна. Для пивоварного ячменю необхідно в основне удобрення збільшити частку фосфорних і калійних добрив на 20-25 %.

Середня норма мінеральних добрив під ячмінь ярий складає N_{45} .

⁶⁰P₄₅₋₆₀K₄₅₋₆₀. На низькородючих дерново-підзолистих ґрунтах кількість азотних добрив збільшують.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Для посіву використовують протруєне або інкрустоване насіння високих репродукцій.

Ячмінь ярий потребує ранніх строків сівби, як для пивоварного так і для зернового напрямку використання. Запізнення з сівбою на один день знижує урожай зерна на 0,1-0,15 т/га. За швидкого підсихання ґрунту і підвищення температури повітря, погіршується розвиток кореневої системи, кущення рослин, формування колосу. Запізнення із сівбою збільшує ризик втрат урожаю від пошкодження злаковими мухами та іншими шкідниками.

Оптимальна норма висіву ячменю у південних районах становить 4,0 млн. шт/га, у північних – 4,5 млн./га. За використання ячменю ярого, в якості покривної культури, норму висіву необхідно зменшувати на 15-25 %.

Завдяки високому коефіцієнту використання фотосинтетичної активної радіації, за орієнтування рядків ячменю з півночі на південь, можна одержати додатково до 0,2 т/га зерна. Підвищення урожайності на 0,3 т/га і більше забезпечує вузькорядний спосіб сівби з міжряддям 7,5 см і перехресний – з міжряддям 15 см, у порівнянні з загальноприйнятим суцільним рядковим способом сівби з шириною міжрядь 15 см. За даних способів сівби норму висіву необхідно збільшувати на 10-15 %.

Оскільки висока вартість проведення перехресного посіву значно обмежує його застосування, то вирішити питання оптимізації площі живлення й освітлення рослин, шляхом здійснення вузькорядної сівби з міжряддям 7,5 см можливо, за допомогою нових моделей сівалок: СЗ-3,6А-01, Kockerling Ultima, Amazone d9-60, СЗ-5,4, СЗ-3,6А-04 та Астра СЗТ-5,4.

Догляд за посівами. На посівах пивоварного ячменю не бажане застосування гербіцидів, оскільки вони можуть погіршувати пивоварні якості зерна.

На високому агрофоні, особливо в роки з надмірним випаданням опадів, збільшується небезпека вилягання посівів ячменю. В таких випадках доцільно застосовувати ретарданти на початку виходу рослин у трубку.

Збирання ячменю краще починати з кормового та продовольчого у фазі воскової стиглості за вологості зерна 23-35 % роздільним способом.

За інтенсивної технології застосовують пряме комбайнування за вологості зерна 17-22 %.

Пивоварний ячмінь слід збирати лише за повної його стиглості, з метою отримання високоякісного пивоварного зерна. Навіть краще дати йому перестояти 5-7 днів до повного досягання бічних пагонів. Здебільшого пивоварні сорти стійкі до осипання зерна та вилягання. У разі значного засмічення посівів бур'янами застосовують роздільний спосіб збирання, незалежно від напрямку використання зерна.

За густоти стеблостою менше 280-300 шт./м² і висоти рослин менше 60-70 см проведення двофазного збирання недоцільне, тому що скошені стебла проваляться крізь зріджену стерню на землю і зерно в колосі може прорости, втратити схожість та якість. Слід враховувати, що скошені валки краще утримуються у завислому стані, якщо їх покласти впоперек напрямку сівби. Підбір валків необхідно розпочинати за вологості зерна не більше 16-18 %.

7.7. Інтенсивна технологія вирощування вівса

Біологічні особливості. У світових ресурсах частка вівса досить помітна, але виробництво його зменшується. З 10 існуючих видів вівса найбільше значення має овес посівний – культура помірного клімату, невибаглива до тепла, поширена найбільше в зонах Полісся та Лісостепу (табл. 63).

63. Біологічні особливості вівса

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - температура, що пошкоджує рослини у фазі цвітіння та молочної стиглості - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період (вище +5 °С), °С	+2+3 +15+18 +6+7 -6-7 -2 +20+25 1700-2200
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм	65-75 20-30

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
	- потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	60-65 380-475 кущення- викидання волоті
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	3,0-4,0 1,1-1,5 2,5-3,0
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 5,0-6,0
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,0-5,0 40-50
8.	Тип кореневої системи	мичкуватий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м - у фазі кущення - на час формування зерна Горизонтальне розростання кореневої системи, м	0,5-0,8 1,5-2,0 0,7-1,0
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	самозапилення
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	95-120

Негативно на формування урожайності вівса можуть впливати інтенсивні дощі, що випадають в другій половині вегетації викликаючи утворення підгону і затягуючи досягання врожаю.

Овес має добре розвинену і фізіологічно активну кореневу систему, здатну засвоювати фосфор із важкорозчинних сполук, тому менш вибагливий до **ґрунтів**.

Добре росте на піщаних, суглинкових, глинистих, торфових ґрунтах. Овес можна висівати першою культурою під час освоєння осушених земель та цілини. Але кращими для нього є структурні чорноземні, темно-сірі опідзолені ґрунти, погано росте на засолених ґрунтах. Має розтягнутий період засвоєння елементів живлення. Краще від інших хлібних культур реагує на азотні добрива.

Період досягання зернівок у волоті розтягнутий, за раннього скошування інтенсивно відростає.

Технологія вирощування

Сучасні сорти вівса посівного (ярого). В Україні вирощують такі сорти: Артур, Авгол, Мусон, Регбі, Ірен, Стерно, Візит, Спонтано, Малахит, Аргус, Матрос, Азамат, Прокоп, Ерл, Мустанг, Легінь Носівський, Зубр 2018, Денка, АЛББАТРОС та інші.

Місце культури в сівозміні. Попередником для вівса може бути більшість польових культур. Основна вимога до них – низька забур'яненість поля, особливо багаторічними бур'янами, та достатня забезпеченість елементами живлення. Кращими попередниками для вівса є просапні культури та добре удобрені зернові колосові. Високі врожаї вівса одержують за висіву його після добре удобрених озимих зернових і просапних, зернобобових культур, льону та люпину. Не рекомендується висівати його після вівса і цукрових буряків, оскільки вони мають спільного шкідника – нематоду.

Обробіток ґрунту. Спосіб обробітку ґрунту залежить від попередника та стану ґрунту після його збирання. Проводять його як полицевими, так і безполицевими знаряддями.

Основний обробіток ґрунту після зернових колосових культур вимагає одно- або двократного лущення стерні на 6-8 см і оранки на 20-22 см. Після кукурудзи або буряків можлива заміна оранки поверхневим обробітком ґрунту на глибину 12-14 см за допомогою БДТ-7, БДТ-10, КРГ-3,6, КПЕ-3,8.

Весняний обробіток включає боронування зябу і передпосівну культивуацію на глибину загортання насіння (5-6 см). Проте, залежно від стану поля перед сівбою, можна провести лише боронування, або культивуацію.

Удобрення. Система удобрення вівса повинна враховувати наступні фактори: використання мінеральних добрив, внесених в сівозміні (сівозмінний фон), вологозабезпеченість ґрунту, особливості сорту.

Овес добре використовує післядію органічних та мінеральних добрив. За інтенсивної технології вирощування під овес необхідно вносити в основне удобрення по 40 кг/га д. р. NPK. Ефективним є застосування рядкового добрива під час сівби в дозі $N_{15-20}P_{15-20}K_{15-20}$ д. р. на гектар, що сприяє формуванню розвиненої кореневої системи, інтенсивному росту, розвитку молодих рослин. В цьому випадку рослини навіть в посушливих умовах характеризуються підвищеною продуктивністю. Якщо розрахункова норма азотних добрив не перевищує 60 кг/га, доцільно вносити їх в один прийом під передпосівну культивуацію. Якщо ж норма більша, то частину добрив необхідно внести в підживлення (на початку виходу в трубку).

Підготовка насіння до сівби. Протруювання зерна перед сівбою є обов'язковим профілактичним заходом. Найбільш ефективними протруйниками є раксил, 6 % т. к. с. (0,4 л/т), вітавакс 200 ФФ, 34 % в. к. (2,5 л/т), вінцит, 5 % к.е. (2,0 л/т), берет, 5 % к. е. (3,0 л/т). Готуючи насіння до сівби його сортують.

Строки сівби. Норма висіву насіння. Насіння вівса проростає за температури +1-2°C, тому сівбу його необхідно проводити якомога раніше, у фазу фізичної стиглості ґрунту. Спосіб сівби звичайний рядковий або вузькорядний. Орієнтовна норма висіву в Поліссі 5,5-6 млн., в Лісостепу – 5,0-5,5, в Степу – 4,5-5,0 млн. схожих насінин на 1 га. Глибина загортання насіння 3-6 см.

Догляд за посівами. Після сівби за посушливої погоди поле коткують кільчасто-шпоровими котками. Досходове боронування проводять у випадку швидкого підсихання ґрунту або масового проростання насіння однорічних бур'янів. У фазу кущення проводять хімічний обробіток забур'янених посівів (понад 10-15 шт./м²), з урахуванням видового складу бур'янів одним із гербіцидів: діаленом С (2,5 л/га), агрітоксом (2,0 л/га), трезором (1,2 кг/га) тощо. Захист вівса від хвороб і шкідників не має значних відмін від захисту і застосування пестицидів на посівах ячменю.

Збирання врожаю. Збирання вівса проводять зернозбиральними комбайнами прямим комбайнуванням або двофазним збиранням. Період досягання зерна в волоті досить розтягнутий, спочатку дозріває у верхній частині волоті. Якщо чекати, поки дозріють всі зернівки волоті, найрозвиненіші зернівки верхівки волоті почнуть осипатися. Тому кращим строком роздільного збирання вважається час, коли повної стиглості досягне зерно верхньої половини волоті (найбільш цінне зерно перших строків досягання). Прямим комбайнуванням збирають у фазі повної стиглості. Для цього слід вирощувати стійкі до осипання сорти.

Після збирання зерно відразу очищають і просушують, тому що на плівках зернівок нагромаджується порошок із спорами грибів, які під час зберігання вологого зерна проростають і викликають прілість.

7.8. Інтенсивна технологія вирощування кукурудзи на зерно

Біологічні особливості. Характеристику біологічних особливостей кукурудзи наведено в таблиці 64.

64. Біологічні особливості кукурудзи

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період (вище +5 °С), °С	+8+12 +20+25 +6+8 -3-5 +25+27 1800-3200
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість вологи в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	70-80 20 25-35 171-300 10 днів до цвітіння-цвітіння 20 після цвітіння
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	2,5-3,0 1,0-1,5 2,6-4,0
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 5,5-7,0
5.	Відношення до світла (довжина дня)	короткого
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,2
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,5-6,5 45-65
8.	Тип кореневої системи	мичкуватий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	2,0-2,5 1,5
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	перехресний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	90-150

У кукурудзи за сумою біологічно активних температур, необхідних для дозрівання гібридів і сортів, існує поділ на групи стиглості.

На початку розвитку кукурудзи середньодобові витрати води становлять 30-40 м³/га, а в період від появи волотей до молочної стиглості зерна – зростають до 80-100 м³/га. Добре розвинута рослина на

добу витрачає 2-4 кг води. Водночас кукурудза негативно реагує на перезволоження.

65. Стадії розвитку кукурудзи (ВВСН, за шкалою Задокса Zadoks scale)

Код	Стадії
МАКРОСТАДІЯ 0: ПРОРОСТАННЯ	
00	Сухе насіння
01	Початок набубнявіння насіння
03	Кінець набубнявіння насіння
05	Зародковий корінець вийшов з насінини
06	Зародковий корінець розтягнутий, видно кореневі волоски і/або придаткові корінці
07	Колеоптиле вийшло з насінини
09	Сходи: колеоптиле пробиває поверхню ґрунту
МАКРОСТАДІЯ 1: РОЗВИТОК ЛИСТКІВ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
10	1-й листок вийшов з колеоптиле ^{1,2}
11	1-й листок сформувався
12	2-й листок сформувався
13	3-й листок сформувався
1...	Подальше сформувався листків до ...
19	9-й і більше листків сформувалися
МАКРОСТАДІЯ 2-3:ВИТЯГУВАННЯ СТЕБЛА (ГОЛОВНЕ СТЕБЛО), ВИХІД В ТРУБКУ	
30	Початок витягування стебла
31	Видно перший стебловий вузол
32	Видно другий стебловий вузол
33	Видно третій стебловий вузол
3...	Подальша поява стеблових вузлів до ...
39	Видно дев'ять або більше стеблових вузлів ³
МАКРОСТАДІЯ 4-5: ЗАКЛАДАННЯ КВІТОК, ВИКИДАННЯ ВОЛОТІ	
51	Початок викидання волоті, волоть добре помітна усередині верхніх листків
53	Видно кінчик волоті
55	Середина викидання волоті, волоть повністю вільна від покривних листків, середні гілочки волоті розпустилися
59	Кінець викидання волоті, нижні гілочки волоті повністю розпустилися
МАКРОСТАДІЯ 6: ЦВІТІННЯ	
61	Чоловіче суцвіття: початок цвітіння, цвітуть середні гілочки волоті. Жіноче суцвіття: кінчик закладки качана виходить із піхви
63	Чоловіче суцвіття: починається розсіювання пилку. Жіноче суцвіття: видно кінчики ниток качана (рильця)
65	Чоловіче суцвіття: повне цвітіння, цвітуть верхні й нижні гілочки волоті. Жіноче суцвіття: повністю викинулися нитки качана (рильця)

Код	Стадії
67	Чоловіче суцвіття: кінець цвітіння. Жіноче суцвіття: нитки рильця починають засихати
69	Кінець цвітіння
МАКРОСТАДІЯ 7: РОЗВИТОК ПЛОДУ	
71	Початок утворення зерна, консистенція водяниста, в зерні близько 16 % СР (сухих речовин)
73	Рання молочна стиглість
75	Молочна стиглість: зернівки в середній частині качана жовтувато-білі, консистенція молочна, в зерні близько 40% СР
79	Досягнуто видо- і сортоспецифічний розмір зерна
МАКРОСТАДІЯ 8: ДОЗРІВАННЯ ЗЕРНА	
83	Рання воскова стиглість, зерно воскове, в зерні близько 45 % СР
85	Воскова (силосна) стиглість, зерно жовтувате або жовте (залежно від гібриду, сорту), консистенція воскова, в зерні близько 55 % СР
87	Фізіологічна стиглість, чорна пляма або чорний шар на місці прикріплення зерна до стрижня, в зерні близько 60 % СР
89	Повна стиглість, зерно тверде й блискуче, в зерні близько 65 % СР
МАКРОСТАДІЯ 9: ВІДМИРАННЯ	
97	Відмирання рослин
99	Збирання зерна

Для вирощування на зерно в умовах Вінницької області придатні гібриди ранньостиглої та середньостиглої групи стиглості.

Технологія вирощування

Сучасні сорти та гібриди. В Україні в реєстрі сортів та гібридів рекомендованих до вирощування зареєстровано більше 750 гібридів різних груп стиглості. Із сортів поширені такі: Закарпатська жовта, Дніпровська 298, Одеська 10.

Для інтенсивної технології необхідно використовувати гібридні форми, вітчизняної та зарубіжної селекції, які найбільш адаптовані до умов вирощування, **ранньостиглі:** Остербі КС, ДН Таланов, ЗЕТА 140С, МК 2170, КМ 2220, П7412, АЖІРАККС, Ферум, ДМС Лорд, ДБ Лада, РАМ 1033, КМ 2120, ДКС3151, ДН Нур, Тор, Нертус 183 СВ та ін., **середньоранні:** Черкаський 287 МВ, Мв 214, ЛГ31233, ЛГ31235, ДН Відрада, Нертус 271 МВ, МАЛОНГО, ЗП 278, СИ СКОРПУС, СИ ТЕЛІАС, ДКС 3476, ДКС 3472, СИ ФОТОН, РАМ 0954, Мавка, ДКС 3969, Амарос, Богатир, Бігбіт (ФАО 290) та ін., **середньостиглі:** Гілея, РЖТ ЕККСАЛТАН, Ітеа, КВС РІКАРДО, Наомі КС, ІНІЦІ, Орлик 330 МВ, Донор МВ, Кобза МВ, НС 2662, ДК 315, ДМС 3111,

ДКС3811, ЛГ30360, МАС 39Т, ФУТЮРІКС, ДН Аджамка, ЕС ГЕЛЛЕРІ, ДС0336, КВС 381 (ФАО 350), КВС Інтелегенс (ФАО 380) та ін., **середньопізні**: ДН Аншлаг, Р 0217, Чонгар, Арабат, Приморський, ГУ8008, НС 3023, КАДІККСЮ, П9911, ДКС 5143, ДКС 4490, ЗУР307, ЛГ31479, НК Пако, ДМ Внесок, ДКС5190, ДКС 5276, ЛГ3395, П9874 та ін., **пізньостиглі**: Р 0710, П0216, Бора (МС 02), Борисфен 600 СВ, Наддніпрянська 50 та ін. (табл. 66).

66. Групування гібридів кукурудзи за тривалістю вегетаційного періоду (В.В. Волкодав, 2001)

№ п/п	Група		Кількість листків, шт.	Веgetаційний період, днів
	Назва	ФАО		
1.	Дуже ранні	100–149	9–11	до 90
2.	Ранньостиглі	150–199	12–14	91–105
3.	Середньоранні	200–299	15–16	106–120
4.	Середньостиглі	300–399	17–18	121–130
5.	Середньопізні	400–499	19–20	131–140
6.	Пізньостиглі	500–599	21–22	141–150
7.	Дуже пізні	600 і більше	понад 22	понад 150

Для одержання високих і стабільних урожаїв зерна кукурудзи і кращої реалізації біокліматичного потенціалу, в господарствах бажано висівати кілька різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи ранньостиглої та середньостиглої групи стиглості.

Так, середньопізні гібриди, що характеризуються високою урожайністю, потребують значних коштів на післязбиральне досушування зерна. Крім того вони характеризуються вибагливістю до умов вирощування і незначні порушення у виконанні технологічних операцій викликають різке зниження їх продуктивності (табл. 67). Під час збирання цих гібридів за рахунок підвищеної вологості зерна ускладнюється його обмолот.

Місце культури в сівоzmіні. Вибір попередників для кукурудзи відіграє вирішальне значення, в зв'язку з біологічною потребою гібридів у воді, поживних речовинах, а також регулюванням чисельності шкідливих організмів. Найкраще розміщувати кукурудзу після попередників, які не викликають пригнічення її рослин, унаслідок алелопатичного впливу рослинних і кореневих решток, поліпшують водно-фізичні властивості ґрунту, зменшують забур'яненість посівів і тим самим забезпечують високий урожай. Ступінь впливу попередників

на продуктивність рослин визначається біологічними властивостями різних біотипів кукурудзи, агротехнікою їх вирощування, ґрунтово-кліматичною характеристикою зони.

67. Характеристика кліматичних показників для гібридів кукурудзи різних груп стиглості

Необхідна середньомісячна температура під час вегетації кукурудзи		Кількість тепла, необхідна для дозрівання зерна		Потрібна кількість опадів	
Місяць	T °C	Група стиглості (ФАО)	Сума температур (°C)	Місяць	мм
Квітень	9,0			Квітень	68,0
Травень	18,3	100-199	915-970	Травень	88,9
Червень	21,7	200-299	1026-1082	Червень	88,9
Липень	22,8	300-399	1138-1191	Липень	114,3
Серпень	22,8	400-499	1249-1304	Серпень	114,3
Вересень	18,2	500 і більше	1360-1415	Вересень	96,5
Середня	18,8			Всього	570,9

Кращими попередниками кукурудзи в Лісостепу і на Поліссі є пшениця озима, картопля, зернобобові культури, а в районах достатнього зволоження – цукрові буряки. У Степу не слід висівати кукурудзу після культур, які сильно висушують ґрунт (соняшник, суданська трава, цукрові буряки). Тут кращими попередниками для неї є пшениця озима та зернобобові культури.

За розміщення кукурудзи після соняшнику відбувається відставання посівів у рості й розвитку на п'ять-сім днів, рослини більше уражуються хворобами та знижують урожай на 10-20 %.

На родючих ґрунтах за достатнього удобрення, кукурудзу можна вирощувати повторно впродовж 3-4 років, що застосовується у господарствах з високорозвиненим тваринництвом. Проте, наразі вирощування кукурудзи в монокультурі є проблематичним, у зв'язку з появою карантинного шкідника – західного кукурудзяного жука (ЗКЖ). Ротація культур три і більше років викликає зменшення *Diabrotica virgifera virgifera* (ЗКЖ) на 50 % і більше. Тому для запобігання його поширенню, слід уникати посівів кукурудзи після кукурудзи, витримувати чергування культур, на яких личинки не здатні розвиватися – пшениця, ячмінь, люцерна, соняшник, картопля тощо.

На території України кукурудза в монокультурі не вирощується, а насиченість нею посівів у різних зонах коливається в межах 10-40 % і

деколи на зрошенні сягає 80 %, з висівом її на одному й тому ж полі 3-4 роки підряд.

Обробіток ґрунту. Спосіб і строки підготовки ґрунту під кукурудзу обирають диференційовано, використовуючи одну з трьох технологій: **класичну** (традиційну), **мінімальну** або **нульову** (No Till).

За **першою** відразу після збирання попередника, поле обробляють дисковими боронами БДТ-7, БДС-8,4, БДВ-3, БДВ-7, МФ-248, DISCOVER XL та ін. Кукурудза добре реагує на поглиблення основного обробітку ґрунту, найкращі умови для неї складаються за глибини основного обробітку 25-27 см, оборотними плугами вітчизняного виробництва ППО-8-40, ППО-6-40, ППО-5-40 та ярусними плугами ПНЯ-4-40 і ПНЯ-4-42. Досить непоганий ефект створює чизельний обробіток ґрунту, за проведення якого економиться 10-20 % пального, експлуатаційні витрати знижуються майже вдвічі, енергомісткість – в 1,4 рази, а витрата праці – на 31 %.

Сучасні системи землеробства (мінімальна і нульова технології) дають можливість виключити енергоємні операції, зокрема оранку, залишити на поверхні ґрунту більше рослинних решток, попередити ерозію ґрунту і економити паливо.

Осінній обробіток ґрунту за мінімальною технологією починають з лушення стерні, яке проводять слідом за збиранням попередника, дисковими боронами для подрібнення рослинних решток і загортання у ґрунт добрива. Своєчасне лушення очищує поле від бур'янів, зменшує висихання ґрунту, підвищує водопроникність та поліпшує якість оранки. На полях, засмічених багаторічними коренепаростковими бур'янами, варто проводити дворазове лушення: перше – дисковими знаряддями глибиною 6-8 см, друге – після відростання бур'янів культиваторами-плоскорізами (ЛДГ-10, ЛДГ-15) на глибину 12-14 см. У разі великого забур'янення проводять внесення гербіцидів.

Далі виконують глибокий безполицевий обробіток ґрунту плоскорізами типу КПШ-5. Операції основного мінімального обробітку ґрунту можна виконати за один прохід агрегату, використовуючи комбіновані машини АКШ-5,6, «Резидент», Smaragd, MIXTER та ін.

На площах, де з осені не проводили глибокий обробіток ґрунту, навесні здійснюють мілкий глибиною 12-14 см, знаряддями із плоскоріжучими або дисковими робочими органами і наступний обробіток – звичайними культиваторами типу УСМК-5,4 без розриву в часі.

За **нульової технології** (No Till) ґрунт залишається необробленим

від збору попередника до початку весняно-польових робіт. Перед сівбою кукурудзи на вегетуючих сходах бур'янів вносять гербіциди суцільної дії.

На схилах різної крутизни проводять щільовання ґрунту щілерізами ЩН-2-140, ЩП-3-70 на глибину 45-50 см, за відстані між щілинами 1,4-4,0 м, що покращує водопроникність ґрунту і зменшує руйнівний стік води.

Передпосівний обробіток ґрунту за класичною (традиційною) технологією може виконуватись як одноопераційними машинами – вирівнювання (ВП-8Б, ВПН-5,6), культивація (КГ-4, КПСП-4, КПС-8, КШУ-12) і прикочування (ЗКВГ-1,4, ЗККШ-6, К-10, КПП-6, КВГ-3), а також за один прохід комбінованими агрегатами вітчизняного виробництва: АГ-6, АГ-1,5, АКГМ-3,6 та іноземних фірм: «Європак» Б 622, К 600 PS, К 800, «Компактор» і «Система-Корунд» та ін.

Весняне боронування (вирівнювання) під кутом 45-50° до напрямку основного обробітку прискорює прогрівання ґрунту і проростання бур'янів, створює оптимальні умови для високоякісного виконання всіх наступних технологічних операцій. За розміщення кукурудзи після кукурудзи, особливо на необроблених з осені площах, за наявності великої кількості не зрізаних стебел і післяжнивних кореневих решток, ґрунт ретельно обробляють дисковими і фрезерними знаряддями, протиерозійними і паровими культиваторами, які подрібнюють і перемішують з ґрунтом пожнивні залишки попередньої культури.

Передпосівну культивацію проводять на глибину загортання насіння (5-7 см) комбінованими ґрунтообробними агрегатами або культиваторами. В разі високого рівня засміченості полів бур'янами, особливо коренепаростковими, доцільно провести дві культивації: першу – на глибину 8-10 см, другу – на глибину загортання насіння.

Під час весняної підготовки ґрунту застосовують основні (базові) гербіциди проти однорічних злакових і двосім'ядольних бур'янів – Харнес (3 л/га), Металохлор (3 л/га), Прометрин (2,5-3,5 л/га).

Удобрення. Для формування урожаю зерна кукурудза, використовує азот, фосфор та калій, потребує значної кількості кальцію і магнію (в межах 6-10 кг на 1 тону зерна).

За інтенсивною технологією під кукурудзу використовують органічні та мінеральні добрива. У системі удобрення доцільно використовувати не тільки підстилковий напівперепрілий, але й рідкий гній, різноманітні компости з рослинних решток та органічних відходів, минулорічні запаси соломи, сидерати, а також приорювати стерню і

солому. Органічні добрива вносять під оранку з розрахунку 30-40 т/га напівперепрілого гною, а рідкого – залежно від його хімічного складу, але не більше 200 кг/га азоту, або 80-100 т/га. У залежності від ґрунтово-кліматичних умов, норма внесення напівперепрілого гною під кукурудзу в зоні Степу становить 20-30 т/га, Лісостепу – 30-40, Полісся – 40-50 т/га. У разі використання пожнивних решток попередніх культур, для компенсації вмісту азоту в ґрунті та посилення мінералізації пожнивних решток, додатково вносять N_{10} на кожен тону органічної маси, що залишається після збирання попередника.

Оптимальні дози повного мінерального добрива для кукурудзи в середньому становлять $N_{45-90}P_{45-90}K_{30-90}$. Для удобрення краще використовувати складні добрива (нітроамофоску, нітрофоску, нітрофос), які дають більші прирости урожаю (на 0,1-0,2 т/га), ніж еквівалентна суміш простих туків. Дуже ефективним є внесення добрив у рядки при посіві з розрахунку 10-15 кг/га д. р. за фосфором.

Підживлення рослин кукурудзи азотними добривами у фазі 3-5 листків є ефективним лише за достатньої вологозабезпеченості. Для забезпечення рослин магнієм рекомендується використовувати калійне добриво калімагnezію, в якому міститься 6-8 % магнію і 28 % калію, а також проводити позакореневе підживлення сірчано-кислим магнієм (23 %) з розрахунку 2-2,5 % до об'єму робочого розчину.

Листкове підживлення найкраще проводити у фазу 6-7 листків – до викидання волоті з інтервалом 6-8 днів 2-3 рази. Досить ефективним є додавання карбаміду (5-6 кг на 100 л води) та мікродобрив.

Внесення мікродобрив добрив одночасно із гербіцидами під час поливу називається **гербиґація**. Застосовують з мінеральними добривами внесення у ґрунт так званих **комплексонів** (спеціальних кислот), за допомогою яких мікроелементи перетворюються на біологічно активні форми, та **комплексонатів** – сполук комплексонів з мікроелементами.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Насіння гібридів кукурудзи повинно мати високу чистоту, типовість, енергію проростання (90 %) та схожість (не менше 92 %), бути відкаліброваним, протруєним та обробленим стимуляторами росту.

Для посіву необхідно використовувати **інкрустоване насіння**, яке характеризується кращою схожістю та врожайністю, порівняно із звичайним, особливо за ранніх строків сівби. Інкрустація та обробка насіння мікроелементами сприяє зменшенню витрат протруйників на 20-30 %.

На державних кукурудзо-калібрувальних заводах насіння ділиться на чотири фракції:

I фракція – КП (великі плоскі) ширина більше 8,0 мм, товщина менше 5,5 мм;	II фракція – МП (малі плоскі) ширина 6,5-8,0 мм, товщина менше 5,5мм;	III фракція – КК (великі круглі) ширина > 8,0 мм, товщина > 5,5 мм;	IV фракція – КМ (малі круглі) ширина 6,5-8,0 мм, товщина 5,0 мм;
--	---	---	--

Відповідну градацію мають висівні диски сівалок.

Для запобігання ураження сходів кукурудзи плісневими грибами, кореневими і стебловими гнилями, сажковими хворобами, насіння протруюють фунгіцидами – вітавакс 200 (2 кг/т), вітавакс 200 ФФ (2,5-3,0 л/т), максим 025 (1 л/т). З метою захисту сходів кукурудзи від шкідників насіння обробляють протруювачами інсектицидної дії: промет 400, 40% м. с. (2,5 л/т) або гаучо 70% з. п. (5 кг/т).

Строки сівби. Ярі культури, в тому числі і кукурудза, на відміну від озимих, не мають календарних строків сівби, оскільки в різні роки оптимальні для цього умови створюються у різний час. Традиційно сівбу кукурудзи проводять, коли ґрунт на глибині 6-8 см прогріється до +10-12°C. Хоча у вітчизняній і зарубіжній літературі немає єдиної думки щодо оптимальної температури, за якої потрібно починати сіяти кукурудзу. Деякі дослідники, зокрема і ми, надають перевагу більш раннім строкам сівби, які настають за температури ґрунту +6-8°C на глибині загортання насіння. Переваги ранніх строків сівби, порівняно з пізніми, відображаються у можливості продуктивнішого використання рослинами ґрунтової вологи, такі фази розвитку, як воскова і повна стиглість зерна, проходять за сприятливих умов. Оптимально ранні строки сівби забезпечують мінімальну вологість зерна, що економить кошти на досушуванні і знижує собівартість продукції.

Ще однією умовою необхідності ранніх строків сівби кукурудзи є те що в умовах Лісостепу і Полісся України, де обмежені теплові ресурси вегетаційного періоду, заморозки можуть настати порівняно рано (у кінці вересня), і пошкодити вегетуючі рослини. Для отримання врожаю кукурудзи із вмістом сухої речовини 24 %, сума ефективних температур має становити 681 °C, а з вмістом 30 % – 773°C, яку рослини можуть набрати у разі ранніх строків сівби. Якщо запізнитись із сівбою, рослини кукурудзи часто не набирають необхідної кількості активних температур, не досягають потрібної стиглості, і врожайність знижується на 0,12-0,36 т/га.

Але виробничий досвід свідчить, що в окремі роки ранні строки сівби кукурудзи можуть мати негативний вплив, зокрема в 2020 році за

рахунок тривалого періоду протягом квітня-травня із не високими температурами кукурудза зазнала істотного стресу, загальмувала ріст і затратила в цей період значну кількість пластичних речовин. В той час як пізні посіви за рахунок високих температурних показників швидко наздогнали за розвиток рослини ранніх строків сівби не зазнавши перевитрати поживних речовин та температурного стресу. Тому вибір строків сівби кукурудзи потрібно проводити індивідуально враховуючи підвид, біологічні особливості гібриду, кліматичні умови року та наявність інкрустації насіння.

Сівбу кукурудзи проводять добре відрегульованими сівалками на встановлену густоту стояння рослин, за правильного розміщення рослин у рядку, з перспективою формування повноцінного качана на кожній рослині. Її краще розпочинати на полях з мінімальною кількістю на поверхні рослинних залишків, а закінчувати – із максимальним їх значенням, оскільки наявність значної кількості рослинних решток, особливо коли проекційне покриття ними поверхні ґрунту складає 50 % і більше, прогрівання верхнього шару у весняний період може бути на 0,5-1,0° нижчим, ніж на чистих полях.

Густота стояння рослин кукурудзи залежить від групи стиглості гібридів, у пізньостиглих форм площа живлення збільшується порівняно із ранньостиглими, а густота стояння відповідно зменшується (табл. 68).

68. Густота рослин кукурудзи для гібридів різних груп стиглості (тис. шт./га)

№ з/п	Група	Зона вирощування			
		Степ		Лісостеп	Полісся
		без зрошення	на зрошенні		
1	Дуже ранньостигла	65-70	70-75	65-70	65-70
2	Ранньостигла	55-60	60-65	60-65	60-65
3	Середньорання	45-50	55-60	55-60	55-60
4	Середньостигла	35-40	45-50	50-55	—
5	Середньопізня	30-35	35-40	—	—
6	Пізньостигла	25-30	30-35	—	—
7	Дуже пізньостигла	25	30	—	—

Густота стояння визначається біологічними особливостями гібридів та ґрунтово-кліматичними зонами їх вирощування. За розміщення кукурудзи після кращих попередників орієнтуються на верхню межу оптимальної густоти стояння, після гірших – на нижню.

Для компенсації зниження польової схожості насіння та природної

загибелі рослин кукурудзи впродовж вегетації, норма висіву повинна бути вищою оптимальної. Для одержання рекомендованої густоти рослин перед збиранням урожаю, за сівби норму висіву насіння збільшують: у степовій зоні на 10-15 %, лісостеповій зоні – 15-20 %, а в поліській – на 20-25 % (табл. 69).

69. Кількість рослин на 1 га в залежності від відстані між рослинами в рядку при міжрядді 70 см (Л. В. Козубенко та ін., 2006)

Відстань між рослинами у рядку, см	Кількість рослин, тис./га	Відстань між рослинами у рядку, см	Кількість рослин, тис./га
16	89,3	27	52,9
17	84,0	28	51,0
18	79,4	29	49,3
19	75,2	30	47,6
20	71,4	31	46,1
21	68,0	32	44,6
22	64,9	33	43,3
23	62,1	34	41,0
24	59,5	35	40,8
25	57,1	36	39,7
26	54,9	37	38,5

Посів проводиться сівалками пунктирного посіву СУПН-12А СУПН-8, УПС12, Клен-5,6, «Джон Дір 1780», ОРТІМА, МАХІМА та ін. За мінімальної або нульової технології, насіння кукурудзи можна висівати універсальними сівалками прямого посіву.

Одночасно із сівбою в одному агрегаті можна вносити стрічковим способом гербіцид, який потребує загортання у ґрунт. Для цього посівний агрегат обладнують підживлювачем-обприскувачем ПОМ-630. Штангу його з розпилювачами з кроком 0,7 м кріплять на рамі сівалки перед сошниками. Ширина обробленої гербіцидом стрічки становить 0,30-0,35 м. За рахунок цього витрата гербіциду порівняно із суцільним внесенням скорочується вдвічі, зменшується його шкідлива дія на навколишнє середовище. Хоча таке внесення відоме досить давно, ще з появою гербіцидів, але і до сьогодні воно використовується.

Догляд за посівами створює сприятливі умови для одержання дружніх сходів кукурудзи, дає змогу утримувати посіви в чистому від бур'янів стані, а також зберегти вологу в посівному і орному шарі ґрунту.

Після посіву ґрунт необхідно закаткувати кільчасто-шпоровими або

гладкими котками в агрегаті з боронами, для поліпшення контакту насіння із ґрунтом, що особливо актуально в умовах дефіциту вологи. Від цього, в більшій мірі, залежить польова схожість насіння, своєчасність появи і вирівняність сходів. За розміщення насіння у вологому шарі ґрунту, достатньо буде ущільнення рядків трамбувальними колесами сівалки.

У цілому комплекс заходів з догляду за посівами кукурудзи розділяють на дві системи: **інтенсивну** (на основі застосування пестицидів) і **мало витратну** (без використання гербіцидів). Як одна, так і інша не можуть бути взаємовиключними, а в багатьох випадках деякі із прийомів навіть доповнюють кожну із систем.

Інтенсивна, енергонасичена технологія передбачає застосування як ґрунтових (базових), так і післясходових (страхових) гербіцидів.

Через 4-5 днів після посіву впоперек або по діагоналі рядків проводять досходове боронування зубовими боронами масою 24-26 кг, або боронами обкладеними пружинними зубами, які регулюються кутом нахилу, за появи у верхньому шарі ґрунту проростків бур'янів у фазі «білої ниточки». Швидкість руху агрегату 5-6 км/год, а глибина обробітку повинна складати не більше 3-4 см.

У фазі 3-7 справжніх листків посіви обробляють гербіцидами. За умови ефективної дії ґрунтових гербіцидів, коли впродовж 30 діб не має масового повторного відростання бур'янів, замість гербіцидів обмежуються одним міжрядним обробітком.

За розміщення посівів кукурудзи після пшениці озимої по пару та при невисокому рівні потенційної забур'яненості, доцільно застосовувати безгербіцидну технологію догляду, яка передбачає виконання до- та післясходових боронувань і міжрядних рихлень.

За умови розповсюдження коренепаросткових бур'янів, додатково застосовують обприскування посівів страховими гербіцидами.

Запровадження різних технологічних систем дає змогу регулювати рівень виробничих витрат і палива на здійснення прийомів догляду за посівами (табл. 70).

Боронування після сходів проводять в момент появи колеоптиля на поверхні ґрунту (фаза «шилець») або 2-3 листків у кукурудзи і друге – у фазі 4-5 листків. За наявності на поверхні поля значної кількості рослинних решток попередніх культур, післясходове боронування проводити недоцільно через підвищення пошкодження рослин кукурудзи і суттєве зниження густоти стояння рослин.

Проведення досходових і післясходових боронувань дає можливість

знизити засміченість посівів кукурудзи однорічними злаковими й дводольними бур'янами на 85-90 %.

70. Нормативні витрати коштів і палива у процесі догляду за посівами кукурудзи (Є. М. Лебідь, Б. В. Дзюбецький та ін., 2006)

Технологія догляду за посівами	Експлуатаційні витрати *, \$/га	Витрати палива, л/га
Гербіцидна без міжрядних обробіток	27	1,6
в т.ч. вартість гербіциду	24	—
Гербіцидна + 1 міжрядний обробіток	31	4,9
Безгербіцидна (2 боронування + 2 міжрядних обробітки)	10	9,4
Безгербіцидна (1 боронування + 2 міжрядних обробітки)	9	6,9

*Примітка: * вартість палива, гербіцида, води, оплата праці, амортизація*

Починають проведення міжрядних обробіток, з фази 6-7 листків у кукурудзи, і в подальшому в міру появи бур'янів і необхідності розпушення верхнього шару ґрунту, з метою запобігання втрат вологи й поліпшення аерації ґрунту. В ранні фази розвитку кукурудзи застосовують просапні культиватори, обладнані стрілочними лапами і лапами-бритвами, які знищують бур'яни в міжряддях, а також прополювальні борінки, що обробляють рядки.

При останньому міжрядному обробітку рекомендовано застосовувати підгортальники. Підгортання стимулює утворення коренів, знищує бур'яни у захисній зоні рядка, особливо злакові. Швидкість руху агрегатів за першого міжрядного обробітку 4,5-6,5 км/год., за другого – 6,5-7,5, а за підгортання – 8-10 км/год. Захисна смуга для першого обробітку 25-26 см, для подальших до 30 см. Товщина лап робочих органів культиваторів має бути 0,5-0,6 мм, за збільшення її до 1,0-1,2 мм підрізується не більше 12 % бур'янів.

У системі догляду за посівами важливе місце займають заходи щодо запобігання пошкодження рослин кукурудзяним метеликом, бавовняною совкою та західним кукурудзяним жуком. Найбільшу увагу слід приділяти площам, де рослинні рештки попередньої культури зберігаються на поверхні ґрунту.

Проти цих шкідників застосовують метод випуску трихограми у два строки: на початку і в період масового відкладання яєць кукурудзяним метеликом. Норма за першого випуску 50 тис. самок/га, за другого, залежно від кількості яйцекладок на 100 рослин: до трьох – 50 тис. шт./га, 3-5 – 100 тис. шт. /га, 6-8 – 50 тис. шт. /га, понад 8 –

200 тис. шт./га. У степовій зоні, де буває і друга генерація метелика, трихограму застосовують методом багаторазових випусків через кожні 4-5 днів від початку і до кінця періоду яйцекладки. У період масового відродження гусениць та за пошкодження понад 18-20 % рослин, посіви обприскують інсектицидами: Децис форте, 12,5 % к.е. (0,05-0,08 л/га), Децис 2,5% к.е. (0,5-0,7 л/га), Штефесін 2,5 к.е. (0,5-0,7 л/га).

Ефективним також у боротьбі із названими шкідниками є використання стійких гібридів кукурудзи.

Збирання врожаю. Збирання кукурудзи на зерно можна розпочинати за вологості зерна не вище 40 %. За вологості зерна в качанах 18-19 % молотильний апарат регулюють на відповідну частоту обертів: на вході – 40-45; на виході – 200 обертів за хвилину. Якщо вологість інша, ніж зазначено, зерно кукурудзи сильно травмується.

У залежності від умов зберігання і напрямку використання, збирають кукурудзу двома способами: без обмолоту качанів у полі або з обмолотом.

Під час збирання необхідно звернути на підготовку збиральних машин до роботи, перш за все, на регулювання висоти зрізу стебел не більше 10-12 см. Важливим заходом у технології вирощування наступних після кукурудзи культур є забезпечення якісного подрібнення й рівномірного розподілу на полі її пожнивних решток під час збирання. Ідеальний рівень розподілу листостебельної маси досягається за розкиданні її на поверхні поля 80-90 % ширини жатки. Для запобігання втрат урожаю потрібно ретельно відрегулювати робочий отвір між відривними пластинами жатки, яка в задній частині повинна бути на 3-6 мм меншою діаметра найменшого качана, а в передній на 3 мм меншою, ніж у задній.

Перед початком збирання урожаю зерна, обкошують краї поля, розбивають їх на загінки. Ширина прокосів між загінками має складати не менше 8,4 м, ширина поворотної смуги – 20-30 м. Збирання кукурудзи на зерно доцільно розпочинати наприкінці воскової стиглості і закінчувати не пізніше, ніж за 10-15 днів.

Тривалість збирання одного гібрида не повинна перевищувати 5-7 днів. Запізнення із збиранням призводить до суттєвих втрат урожаю. При збиранні врожаю протягом 10 днів втрати зерна можуть становити близько 2,4 %, упродовж 15 днів – 8,0 %, 20 днів – 18,8 %. Хоча в науковій літературі є багато прикладів збирання кукурудзи після новорічних свят, звичайно що цього необхідно не вилягаючи стебла, качани які не контактують з поверхнею ґрунту (стійкі до обвисання) і таке збирання

доцільне лише для товарного зерна.

Збирання кукурудзи з обмолотом качанів проводять зерновими комбайнами Славутич, Лан з приставкою КМД-6, Franz, Kleine, Challenger, Bizon, Claas, Jon Deere, Deutz-Fahr. У качанах кукурудзу збирають самохідними комбайнами КСКУ-6, КСКУ-6-А, або причіпними ККП-3, ККП-3А в агрегаті із трактором Т-150К.

7.9. Інтенсивна технологія вирощування проса

Біологічні особливості. Просо звичайне – однорічна яра трав'яниста рослина (табл. 71), яка характеризується **ремонтантністю** – на час досягання зерна солома волога і частково зелена.

Важливе значення для вирощування проса має температурний режим, воно відповідно і поширене в зоні Степу та Лісостепу. Просо також вимогливе до ґрунтів, кращими для нього є структурні чорноземні, каштанові, темно-сірі опідзолені ґрунти з високим вмістом легкодоступних елементів живлення. Непридатні для проса заболочені і солонцюваті ґрунти.

Технологія вирощування

Сучасні сорти проса посівного: Веселка, Казкове джерело, Живинка, Чабанівське, Богатирське, Скадо, Сонечко слобідське, Корнбергер Міттельфрюе, Дивовижне, Особливе, Альтернативне, Полто, Незалежне та ін.

71. Біологічні особливості проса

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період (вище +5 °С), °С	+8+10 +15+18 +5+6 -2-3 +25+27 1500-1800

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	60-70 20-30 25-27 140-290 20 днів до викидання волотей-цвітіння
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	3,0 1,4 3,5
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 5,5-7,5
5.	Відношення до світла (довжина дня)	короткого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,3
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,0-6,0 40-60
8.	Тип кореневої системи	мичкуватий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	1,0-1,2 до 0,5
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	самозапильний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів: - ранньостиглих форм - пізньостиглих форм	60-80 100-120

Місце культури в сівозміні. Просо найкраще росте на легких ґрунтах із достатньою забезпеченістю водою і елементами живлення. Основна вимога до попередника – чисте від бур'янів поле. Найкращими попередниками для проса є озимі зернові культури, особливо висіяні після чистих або зайнятих парів, цукрові буряки, під які внесена достатня кількість органічних і мінеральних добрив. Цінними попередниками для проса є зернобобові культури і багаторічні трави. Після багаторічних трав поле менш засмічене бур'янами, а ґрунт очищається від збудників хвороб. Не бажано просо розміщувати після суданської трави, ранніх зернових, соняшнику, сорго і кукурудзи.

Обробіток ґрунту. Система обробітку ґрунту під просо

визначається попередником, рівнем культури землеробства і погодних умов року. Якщо попередниками проса є зернові та зернобобові культури, обробіток починають із лушення стерні глибиною 6-8 см дисковими лушильниками ЛДГ-10, ЛДГ-15, ЛДГ-20 після збирання попередника, що сприяє збереженню та нагромадженню вологи. Поля, засмічені кореневищними бур'янами, дискують важкими боролами БДТ-7, БДВ-6,3, БД-10 на глибину 6-8 см, вдруге – через 10-15 днів на 10-12 см, засмічені коренепаростковими бур'янами (осотом, берізкою, грчаком), поля обробляють лемішними лушильниками на глибину 10-12 см у фазі утворення розеток листочків бур'янів. Зяблеву оранку проводять на глибину 20-22 см.

Якщо просо розміщують після багаторічних трав, відразу після збирання поле дискують, з метою подрібнення післяжнивних решток і кращого їх приорювання. При розміщенні проса після цукрових буряків, відразу після їх збирання проводять зяблеву оранку на глибину 20-22 см. Запізнюватись із оранкою не варто.

Весняний та передпосівний обробіток ґрунту має забезпечити очищення полів від бур'янів, зберігання та нагромадження вологи й створення пухкого посівного шару ґрунту. За фізичної стиглості ґрунту починають боронувати боролами БЗТС-1, а на плоскорізному зябі – боролами БГ-3А, БМШ-3А у 2 сліди упоперек або по діагоналі до напрямку оранки.

Велике значення для проса, як пізньої ярої культури за вирощування без гербіцидів, мають весняні культивації. В умовах ранньої й сухої весни виконують одну-дві неглибокі (5-6 см) культивації з одночасним коткуванням упоперек або під кутом до напрямку попередньої культивації. В умовах прохолодної й вологої весни бур'яни проростають значно довше й у більшій кількості, тому виникає необхідність проведення трьох-чотирьох культивацій на глибину 10-12 см.

Передпосівну культивацію проводять на глибину загортання насіння, потім коткування гладкими котками, що забезпечує рівномірне загортання насіння, сприяє дружнім сходам рослин, зумовлює якісне проведення до- і післясходових боронувань та міжрядного обробітку.

Удобрення. Коренева система проса в початковій фазі розвивається дуже повільно, тому воно дуже вимогливе до наявності в кореневмісному шарі ґрунту доступних азотно-фосфорних елементів живлення.

Органічні добрива слід вносити під попередники, просо добре використовує їх післядію. Безпосереднє внесення гною під просо

недоцільне, адже в ньому міститься багато насіння бур'янів.

Норми внесення мінеральних добрив залежать від зони вирощування і в Поліссі вони становлять $N_{70-90}P_{60-70}K_{60-70}$, Лісостепу – $N_{70-90}P_{45-60}K_{45-60}$. Фосфорні і калійні добрива краще вносити під зяблеву оранку, що особливо важливо в Степу, азотні (N_{70-90}) – навесні під першу культивуацію або перед сівбою.

Рядкове удобрення (10-15 кг/га д. р.) проса, за звичайного рядкового способу сівби, досить ефективне оскільки насіння його дрібне і містить мало запасних поживних речовин. На широкорядних посівах ефективне внесення добрив з обробітком міжрядь. Підживлюють просо азотними добривами (N_{20-30}) на початку виходу рослин в трубку.

У формуванні високих урожаїв проса важливе значення мають мікроелементи – залізо, марганець, цинк, бор, мідь та молібден.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Для сівби використовують кондиційне насіння високих репродукцій, чистота якого не менше 99 %, а схожість – 92%. Проти збудників хвороб насіння протруюють: Вітавакс 200 ФФ, в.с.к. – 2,5-3,0 л/т, Кінто Дуо к.е – 2,0-2,5 л/т, Ламардор, т.к.с. – 0,20 л/т та інші з додаванням плівкоутворюючих речовин та мікродобрив.

На слабо забур'янених полях кращим способом сівби є суцільний рядковий, який проводять зерновими сівалками різних типів з нормою висіву 3,5-4,0 млн. шт./га. На забур'янених площах у Степу краще застосовувати широкорядний спосіб сівби з нормою висіву 2,0-2,5 млн. шт./га. В Лісостепу – 2-3 та 3,5-4,0 млн. шт./га, Поліссі – 3,5-4,0 та 4,0-5,0 млн. шт./га, відповідно за широкорядного та звичайного рядкового способу сівби. За посушливих погодних умов норму висіву насіння збільшують на 5-10 %. Насіння проса має низьку польову схожість: на Поліссі – 50-55 %, у Лісостепу – 55-65 %, у Степу – 75 %, що необхідно враховувати для формування оптимальної густоти.

Просо – культура пізніх строків сівби, сіють його коли ґрунт на глибині 10 см прогріється до +12-15 °С. Для сівби з міжряддям 15 см використовують зернотукові сівалки СЗА-3,6, СЗ-3,6, для широкорядного – сівалки ССТ-12А(Б), обладнані спеціальним пристроєм СТЯ-23.000. За достатньої кількості вологи у посівному шарі насіння загортають на глибину 3-5 см, а якщо ні то глибину збільшують до 5-7 см.

Основними засмічувачами проса є пізні ярі бур'яни – мишій і плоскуха звичайна, поява їх весняних сходів майже збігається з появою сходів проса. Застосувавши більш ранні строки сівби проса цьому можна

запобігти, дасть змогу ефективно боротись з мишієм і плоскухою за допомогою післясходових боронувань.

Догляд за посівами. Важливим заходом догляду за посівами проса є коткування ґрунту відразу після сівби з одночасним боронуванням легкими боронами. При цьому поліпшується контакт насіння з ґрунтом, збільшується вологість його посівного шару та підвищується температура. Усе це сприяє дружньому проростанню насіння і прискорює появу сходів.

Досходові боронування проводять через 3-4 дні після сівби коли проростки насіння проса ще короткі, легкими боронами. При цьому руйнується ґрунтова кірка, покращується поява сходів і частково знищуються бур'яни. Якщо знищення проростків бур'янів не повне, наступного дня боронування повторюють упоперек до напрямку першого. Даного принципу необхідно дотримуватись і під час наступних боронувань.

На широкорядних посівах боронування поєднують з обробітком міжрядь. **Перший** раз їх обробляють, коли добре видно рядки глибиною 3-4 см лапами-бритвами. Захисна смуга вздовж рядків має бути такою, щоб не пошкоджувалися недостатньо укорінені сходи. Міжрядні обробітки проводять культиваторами типу УСМК-5,4, КПР-5,6, «Альтаір-5,6», КП-5,6 «Козак "Пацюк"», КМ-5,6 та ін. **Другий міжрядний обробіток** починають залежно від появи бур'янів і ущільнення ґрунту під час кушення. Глибина обробітку 5-6 см, а за достатньої вологості ґрунту і підживлення рослин – 6-8 см. **Третій** обробіток проводять у разі необхідності, після виходу рослин у трубку або через 15-20 днів після першого. Глибина його, особливо в районах недостатнього зволоження, має бути не більше 5-6 см, щоб попередити висушування ґрунту та пошкодження кореневої системи рослин. Для уникнення загортання рослин проса ґрунтом, культиватори обладнують спеціальними дисками.

Гербіциди на посівах застосовують як виняток, коли площа або окремі її частини засмічені сходами однорічних широколистяних бур'янів (гірчиці, редьки дикої, свиріпи, щиріці, лободи та ін.). Для цього застосовують гербіциди Мастак, Флагман, Пік, Пріма Форте та інші. Просо найменш чутливе до дії гербіцидів у період від появи сходів до закінчення кушення. Внесення гербіцидів у посівах проса можна поєднувати з позакореневим підживленням карбамідом з розрахунку 10-15 кг/га, що значно підвищує дію гербіцидів.

Збирання врожаю. Збирають просо роздільним способом, через те

що воно має тривалий період формування й досягання зерна, який у межах однієї волоті становить 25-30 днів, за якого у валках добре просихає скошена маса, а зерно і соломі не потрібно додатково досушувати. За двофазного збирання підвищується якість зерна проса. Скошувати потрібно на якомога нижчому зрізі (захід боротьби проти стеблового метелика), не допускаючи втрат зерна (проти просяної жулички, комарика).

Починають скошувати просо у валки, коли на рослинах досягне 80-85 % зерен, і закінчують не пізніше як за 3-4 дні, коли вже буде 80-90 % стиглого зерна. Вологість зерна на початок скошування не повинна перевищувати 25-27 %. Щоб запобігти втратам урожаю, під час скошування до лопатей мотовила прикріплюють накладки із прогумованого паса або брезенту, складеного у два-три шари, що пом'якшує удар мотовила по волоті. Накладки виступають за межі ширини лопатей на 7,0-7,5 см. Обмолочують зерно через 3-5 днів за вологості 15-17 %.

Звичайні рядкові посіви скошують у напрямі рядків, а широкорядні – лише упоперек або під кутом 45-60 градусів. Так само необхідно зкошувати і полеглий посів залежно від напрямку вилягання. Валки при цьому краще утримуються на стерні, що зменшує втрати врожаю під час їх обмолочування. Висота скошування залежить від маси рослин і їх густоти, за великої маси рослин широкорядні посіви скошують на висоті 11-15 см, а на звичайних рядкових – до 18 см.

Зерно проса, після обмолочування, необхідно своєчасно й ретельно очистити від домішок за допомогою зерноочисних машин ОВП-20А, ЗАВ-10 та інших із спеціально підібраними решетами і довести до 15-16 % вологості.

7.10. Інтенсивна технологія вирощування сорго

Біологічні особливості. Сорго має високу жаро- та посухостійкість і солевитривалість (табл. 72). Коли ґрунт зовсім пересихає, рослини впадають у своєрідну «сплячку» (анабіоз), а після дощів відновлюють ріст і розвиток, через це сорго називають «верблюдом» рослинного світу.

Сорго невибагливе до ґрунтів. Може добре рости як на легких, так і на важких за гранулометричним складом ґрунтах. Для його вирощування придатні майже всі типи ґрунтів, крім перезвожених та кислих.

72. Біологічні особливості сорго

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період (вище +5 °С), °С	+10+15 +25+30 +15+18 +5 +25+30 2250-2500
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	60-70 20-30 60-80 150-200 викидання волотей- дозрівання
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	2,9 1,1 2,6
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 6,0-7,5
5.	Відношення до світла (довжина дня)	короткого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,2
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,0-7,5 40-75
8.	Тип кореневої системи	мичкуватий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	2,5-3,0 1,0-1,2
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	факультативно перехреснозапи- льний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	90-130

Технологія вирощування

Сучасні сорти. Сорти сорго поділяються на три групи:

зернові – з відкритим, легко вимолочуваним зерном (Бянка, ЕС

Алізе, Кейто, КВС ФОБОС, АГГІЛ, РЖТ АЛІГГАТОР, ЕС ВІЛЛІ, 319Х120, АРЕЛЬДО, РЖТ ГГОЛДЕН, РЖТ БЕЛУГГА, Зуні та н.)

цукрові – з напіввідкритим зерном і вмістом у стеблах до 17% цукрів (Афоня, Вітам, Верблюд, Ананас, Гулівер, ДЖАСП, Жираф, Фаворит, Зубр, Троїстий, Мамонт, Медстер та ін);

віничні, які мають плівчасте зерно і гілочки волоті завдовжки до 40-90 см (Карликове, Вінчер, Красень, Любиме 80, НО-5, Раївське, Ринкове, САВА, Фараон та ін.).

У виробництві використовують також сорти *трав'янистого сорго* або суданської трави, яку вирощують на зелений корм, сіно і силос (Білявка, Голубківська 25, Дніпровська 54, Ковалівська, Луганка 3, Меотида, Мурашка, Стратея та ін.). Трав'яністі сорти сорго мають добру отавність.

Місце культури в сівозміні. На початку вегетації сорго росте повільно і пригнічується бур'янами, тому висівати його краще на чистих від бур'янів полях. У сівозмінах його краще розміщувати після озимих хлібів, чистого і зайнятого парів, зернобобових культур, кукурудзи.

Обробіток ґрунту ідентичний обробітку під кукурудзу.

Удобрення. Сорго позитивно відгукується на внесення добрив. Органічні добрива краще вносити під попередник. Мінеральні добрива вносять у співвідношенні N:P:K= 1:1:1 або N₄₅₋₉₀P₄₅₋₉₀K₄₅₋₉₀. Фосфорні і калійні добрива вносять під зяблеву оранку. На засолених ґрунтах калійні добрива не вносять. Азотні добрива (по N₄₅) вносять навесні під культивування, і в підживлення на початку росту стебла. Якщо мінеральні добрива не вносились в основне удобрення, то необхідно провести підживлення посівів у фазі 3-4 листка нітроамоскою з розрахунку 2 ц/га (N₃₄P₃₄K₃₄). Сорго на зелений корм не рекомендується удобрювати підвищеними нормами азотних добрив, адже це сприяє накопиченню в зеленій масі отруйних ціанідів.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Для сівби використовують кондиційне насіння категорій БН (базове насіння) та СН (сертифіковане насіння) – 1-3, протруєне Вітаваксом 200 ФФ (2,5-3,0 л/т), Максимом (1,5 л/т), Круїзером (0,4-0,5 л/т) та ін.

Насіння висівають на глибину 3-5 см, а на легких ґрунтах і за недостатнього зволоження – 6-8 см, коли на цій глибині ґрунт прогріється до +12-14 °С. На зелений корм сорго висівають у 2-3 строки з інтервалом 15-20 днів. На зерно і силос сорго сіють пунктирним широкорядним способом з міжряддями 60-70 см. **Норма висіву** насіння – 10-15 кг/га за широкорядного способу сівби та 18-30 кг/га за

звичайного рядкового. Оптимальна густота рослин перед збиранням має складати 80-140 тис./га, за сівби широкорядним способом, і 200-300 тис./га – звичайним рядковим. За сівби сорго з міжряддями 45 см, норма висіву складає 15-20 кг/га, а густота рослин перед збиранням 140-160 тис. на га.

На зелений корм сорго вирощують у чистих посівах або сумішках із соєю, висівають стрічковим способом за схемою 45+15 см звичайними зерновими сівалками.

Догляд за посівами. Після сівби проведення коткування та боронування (впоперек напрямку сівби легкими боронами або ротаційними мотиками) забезпечує підвищення температури і вологості верхнього шару ґрунту та проростання насіння і знищення бур'янів. До появи сходів можна застосовувати гербіцид Дуал Голд – 1,6-2,0 л/га (при цьому насіння обов'язково потрібно обробити антидотом), у фазі 3-6 листочків – Агрітокс, 50 % в.р. – 0,7-1,7 л/га, Луварам, 50 % в.р.к. – 1,2-1,6 л/га, Дікопур МЦПА, 75 % в.р. – 0,5-1,0 л/га. В міру появи бур'янів, міжряддя впродовж вегетації розпушують 3-4 рази, а на загущених посівах проводять також букетування з відстанями між центрами букетів 45-50 см. У букетах залишають 2-3 рослини.

Сорго відносно стійке до багатьох хвороб і шкідників. За необхідності проти попелиць, цикадок, стеблового метелика посіви обприскують інсектицидом Карате Зеон 050 (0,2 л/га).

Збирання врожаю. Сорго в процесі дозрівання практично не осипається, тому зерно збирають зерновими комбайнами у фазі повної стиглості. За вологості зерна понад 20 % застосовують двофазне збирання. Цукрове сорго збирають наприкінці воскової стиглості, віничне – роздільним способом (спочатку зрізують волоті на початку повної стиглості зерна, потім скошують стебла). На силос збирають на початку воскової стиглості, на зелений корм і сінаж – до викидання волотей. Свіжа зелена маса сорго і суданської трави може містити отруйні ціанисті сполуки, тому згодовувати її необхідно лише після пров'ялювання (ціанисті сполуки при цьому розкладаються).

7.11. Інтенсивна технологія вирощування гречки

Біологічні особливості. Застосування інтенсивних технологій вирощування гречки викликає цілий ряд протиріч, оскільки вона часто використовується для виробництва дитячого харчування та дієтичних продуктів. Це один представник родини гречкових що відноситься до

групи зернових культур.

Вона є типовою ремонтантною рослиною (росте і цвіте одночасно).
Гречка відноситься до **теплолюбних** рослин (табл. 73).

73. Біологічні особливості гречки

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період (вище +5 °С), °С	+7+8 +14+15 +5+6 -2-3 +20 800-1200
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість вологи в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	60-70 20-30 60-80 400-600 поява суцвіть- цвітіння
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	3,0-4,5 1,5-3,0 3,9-7,5
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 5,0-7,5
5.	Відношення до світла (довжина дня)	нейтрального дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25 - на чорноземах; 1,2-1,3 на сірих лісових
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	3,0-5,0 30-50
8.	Тип кореневої системи	стрижневий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, см	0,9-1,0 80-90
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	перехресний

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	60-90

Причини нестабільної врожайності гречки: 1) диспропорція між площею листків та кількістю квіток на користь останніх; 2) тривалий період цвітіння (до 30 днів); 3) не завжди сприятливі умови для бджолозапилення (дощова або надто суха погода).

Технологія вирощування

Сучасні сорти: Христина, Софія, Слобожанка, Син-3/02, Селяночка, Сімка, Рута, Руслана, Покровська, Подільська, Ольга, Надійна, Медова, Мальва, Кам'ячанка, Есквайр, Ескалар, Дея та ін.

Місце культури в сівозміні. Кращими попередниками гречки є: пшениця озима, кукурудза, ячмінь, цукрові буряки, зернобобові. Гречка для гречки є поганим попередником, недоцільно розмішувати її посіви після суданської трави, соняшнику, які пересушують ґрунт.

Основною причиною низьких врожаїв культури є те, що її вважають не вимогливою до ґрунту і попередників.

Гречка – **фітосанітарна культура**, яка є добрим попередником для інших культур у сівозміні. Висіяні після неї колосові у 2-7 разів менше уражуються кореневими гнилями, ніж після зернових попередників. Гречка забезпечує покращення агрофізичних властивостей ґрунту, істотно знижує його щільність.

Гречка має високу засвоювальну здатність кореневої системи за рахунок корневих виділень (які містять органічні кислоти: лимонну, оцтову, щавлеву і мурашину) якої вона може перетворювати важкорозчинні сполуки фосфору і калію у більш розчинні і доступні для рослин, переносячи їх з нижніх горизонтів ґрунту у верхні. Через те що коренева система гречки слаборозвинена, для неї кращими є родючі та добре аеровані ґрунти.

Обробіток ґрунту. Система основного обробітку ґрунту мірою залежить від засміченості поля бур'янами, кількості вологи та попередників.

Після закриття вологи за перезволоження ґрунту та появи бур'янів, проводять першу культивування глибиною 10-12 см (одночасно з сівбою ранніх ярих культур) (табл. 74).

За оптимальної або недостатньої вологості ґрунту, після закриття вологи та вирівнювання поля, обробіток проводять лише перед сівбою

на глибину загортання насіння до утворення структурно-агрегатного стану припосівного шару.

74. Види та інтенсивність зяблевого обробітку ґрунту залежно від попередника та ступеня засмічення полів при вирощуванні гречки

Попередники	Засміченість, шт./м ²	
	сильна, 51-100	слабка, 6-15
Стерньові	Дворазове лушення стерні на 10-12 см. Зяблева оранка на глибину 27-30 см або на глибину орного шару	Лушення стерні до 8 см. Рання зяблева оранка на 20-22 см, із наступним обробітком за типом напівпару.
Просапні	Зяблева оранка на 20-22 см, після кукурудзи – на 25-27 см з подальшим вирівнюванням ґрунту	Безполицевий обробіток ґрунту на 20-22 см.

Якщо поле забур'янене кореневищними та коренепаростковими бур'янами, незалежно від вологості ґрунту, необхідно провести проміжну культивуацію з обов'язковим одночасним прикочуванням поля. За такого обробітку в ґрунті зберігається волога у верхньому припосівному шарі, і при його прогріванні, бур'яни швидко проростають.

Приведена диференційована система обробітку ґрунту під гречку гарантує одержання дружніх сходів навіть у суху весну, за рахунок збереження осінньо-зимових запасів вологи, а також зменшення засміченості посівів на 80 %.

Удобрення. Гречка має слаборозвинену, але активну кореневу систему. До початку масового цвітіння – утворення плодів, гречка засвоює орієнтовно N₆₀P₆₀K₄₅, решта елементів живлення засвоюється у фазі цвітіння-достигання. Органічні добрива, внесені безпосередньо під гречку, викликають посилений ріст вегетативної маси «**жирування**», що зменшує врожайність зерна гречки, тому найбільш доцільно їх вносити під попередники.

Після добре удобрених попередників під гречку вносять N₂₀P₃₀₋₄₀K₄₅₋₆₀, після гірших, на бідних ґрунтах норму добрив збільшують до N₃₀₋₆₀P₄₅₋₆₀K₄₅₋₆₀. Фосфорні і калійні добрива вносять під оранку, азотні – під першу весняну культивуацію. Варто відмітити, що калійні хлорвмісні добрива викликають у гречки плямистість листків, знижують інтенсивність фотосинтезу. Через це під гречку доцільно вносити

безхлорні калійні добрива – каліймагnezію, сірчаноокислий калій, калійну селітру.

Крім макроелементів гречка добре реагує на внесення бору, магнію, марганцю, міді, цинку, молібдену. Ефективним є позакореневе (листяне) підживлення мікродобривами в поєднанні із дво- або семиводним сірчаноокислим магнієм (2,5 або 5%-ий розчин) у фазі 6-8 листків. Через 10 днів після першого внесення цю операцію можна повторити.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Для сівби використовують виповнене насіння, чистота якого становить не нижче 99 %, лабораторна схожість вища 92 %.

До переліку пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні не включено жодного протруйника для гречки. Проте, за даними Інституту захисту рослин НААН, можна використовувати такі протруйники: Вітавакс 200 з.п. (3 кг/т), Фундазол, 50 % з.п. (2-3 кг/т), Байтан універсал, з. п. (2 кг/т). Одночасно з протруюванням насіння його обробляють мікродобривами, що забезпечує активізацію процесів проростання насіння та одержання дружніх сходів.

Гречка – культура пізніх строків сівби, яку висівають за настання стійкої температури ґрунту на глибині 10 см – +10-12°C. Оптимальний строк сівби гречки настає в нашій зоні в кінці першої – на початку другої декади травня. Оптимальна глибина загортання насіння становить 4-5 см, за недостатнього зволоження – до 6-7 см.

Гречку сіють двома способами – звичайним рядковим з міжряддям 15 см (СЗ-3,6, СЗТ-3,6) та широкорядним із міжряддям 45 см (ССТ-12А із пристроєм СТЯ-27.000). На чистих від бур'янів полях рекомендується сіяти суцільним способом, а на засмічених – широкорядним.

Гречка належить до культур, які здатні реагувати на розширення площі живлення збільшенням кількості гілок різних порядків, квіток і плодів. Проте найбільше повноцінне зерно формується на центральному стеблі та на гілках першого й другого порядків. Тому надмірне гілкування, зумовлене великою площею живлення, не сприяє збільшенню врожайності, а лише подовженню фази цвітіння та плодоутворення.

Норма висіву залежить від ґрунтово-кліматичних умов, строків і способів сівби, чистоти полів, забезпеченості ґрунту поживними елементами та вологою. Оптимальною нормою висіву для південних районів області за широкорядного способу сівби є 2,0-2,5 млн., за

рядкового її збільшують до 3,0-3,5 млн. схожих насінин на 1 га. Норма висіву насіння за звичайного рядкового способу сівби в зонах достатнього зволоження становить 80-100, а в посушливих умовах – 50-70 кг/га. На широкорядних і стрічкових посівах висівають відповідно 35-40 і 50-60 кг/га.

Посівний агрегат доцільно комплектувати легкими котками для ущільнення ґрунту та борінками, з метою мульчування його верхнього шару.

Догляд за посівами. Зрідка для боротьби з бур'янами застосовують гербіциди. Однак гречка дуже чутлива до них, тому хімічну обробку потрібно закінчити за 10-12 днів до сівби культури й обробляти лише дуже засмічені ділянки (Дуал, 2,4 Д, Луварам).

Доглядом за рослинами створюються оптимальні умови живлення та освітлення, за рахунок знищення бур'янів, утворення додаткової зони кореневої системи, проводячи підгортання рослин.

У фазі проростання, але не пізніше як за 3-4 дні до появи сходів, посіви боронують середніми боровами, що знищують сходи бур'янів, особливо злакових, і не пошкоджують сходів гречки. Боротьба з бур'янами у більш пізні фази їх розвитку сильно ускладнюється. Боронують посіви легкими боровами лише у тому випадку, якщо з'явилась велика кількість сходів бур'янів. Найкраще боронування проводити в середині дня упоперек або по діагоналі напрямку сівби на пониженій швидкості трактора.

Міжряддя гречки розпушують 2-3 рази. Якщо післясходовим боронуванням замінили перше розпушування, то міжряддя обробляють двічі. **Перший раз** розпушують культиваторами, обладнаними лапами-бритвами, за повних сходів (чітко визначені рядки) на глибину 3-4 см. Щоб рослини не засипалися землею і не пошкоджувалися, лапи встановлюють на відстані 10 см від рядка. **Другий раз** – через 10-12 днів (початок бутонізації) культиватором УСМК-5,4 з одночасним підгортанням рослин. На сухих ґрунтах – на глибину 8-10 см, а на вологих – на 12-14 см. Під час підгортання культурних рослин, сходи бур'янів, які з'явилися в рядках захисних смуг, засипаються ґрунтом. Рослини гречки утворюють додаткове коріння, в результаті чого поліпшується водно-мінеральне забезпечення рослин.

Втретє міжряддя обробляють перед змиканням рядків (у фазі гілкування) на глибину 6-8 см.

За широкорядного способу сівби міжряддя обробляють так, щоб вони весь час були чистими від бур'янів, а ґрунт – у розпушеному стані.

Врожайність гречки підвищується за запилення посівів бджолами на 0,5-0,6 т/га. Бджолині сім'ї (2-3 на 1 га) необхідно вивозити на посіви до початку масового цвітіння рослин. Відстань від пасіки до посіву не повинна перевищувати 0,5 км.

Збирання врожаю. Гречка має неодночасне досягання урожаю, тому найкращим способом збирання є роздільний. Скошування її розпочинають за побуріння 75-80 % плодів і закінчують не пізніше як за три-чотири дні. Оптимальна висота зрізу 15-20 см.

Під час збирання гречки необхідно враховувати те, що вона може за тривалої посухи закінчити формування у фазі першої хвилі цвітіння, що призводить до формування дуже низького врожаю. За сприятливих погодних умов цвітіння й зерноутворення після першої хвилі цвітіння відновлюється, тому варто не поспішати із скошуванням, а діждатися закінчення формування та визрівання зерна з другої хвилі цвітіння. Надбавка врожаю в такому випадку може бути досить відчутна.

Гречку доцільніше скошувати в ранкові години, не рекомендується збирати її в жарку погоду. Обмолочувати валки починають через 4-5 днів після скошування, коли маса підсохне, вологість стебел і листків зменшиться до 30-35 %, а зерен – до 16-19 %. Валки підбирають і обмолочують зернозбиральними комбайнами «Вестерн», «Джон Дір», «Лан», «Кейс» та ін. Доцільне подвійне обмолочування валків.

За широкорядного способу сівби, скошування гречку у валки необхідно проводити упоперек або під кутом 45-60° до напрямку рядків. За цих умов маса краще утримується на стерні, швидше просихає, добре підбирається під час обмолоту валків, що зменшує втрати врожаю, особливо якщо до підбирання пройде дощ. Інакше втрати зерна можуть складати до 0,3 т/га і більше.

7.12. Інтенсивна технологія вирощування гороху

Біологічні особливості. Горох – найбільш скоростигла серед зернобобових, холодостійка та маловимоглива до тепла культура (табл. 75).

75. Біологічні особливості гороху

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °C - оптимальна температура проростання насіння, °C	+1+2 +10

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
	- мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °C - оптимальна температура росту і розвитку, °C - сума активних температур за вегетаційний період (вище +5 °C), °C	+4+5 -5-8 16-20 900-1200
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	70-80 20-30 110-115 400-600 цвітіння- утворення бобів
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P₂O₅ - K₂O	5,5-6,5 1,5-1,7 2,5-3,5
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 6,8-7,4
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,2
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	5,3-5,6 53-56
8.	Тип кореневої системи	стрижневий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	1,5 1,0
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	самозапильний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	75-100

У посушливі роки вегетація гороху може скорочуватись у півтора рази. Найстійкіші проти посухи ранньостиглі сорти, які встигають сформувати урожай, використовуючи зимові запаси води в ґрунті. Разом з тим, значна вологість під час цвітіння та утворення плодів призводить до надмірного наростання вегетативної маси, взаємозатінення рослин, через що насіння формується дрібним.

За посухостійкістю горох переважає боби, вику і люпин, але поступається сої, сочевиці, нуту та чині. Незважаючи на те, що горох не

відноситься до посухостійких культур, його можна вирощувати у відносно посушливих умовах. Горох погано росте за неглибокого залягання ґрунтових вод.

В онтогенезі гороху розрізняють такі фенологічні фази: проростання насіння, сходи-бутонізацію, утворення бобів, досягання. Вегетаційний період більшості сортів складає 70-100 днів (до 140 днів у дуже пізньостиглих форм) (табл. 76). Горох – найбільш скоростигла серед зернобобових, холодостійка та маловимоглива до тепла культура.

76. Стадії розвитку гороху, за шкалою Задокса Zadoks scale

Код	Стадії
МАКРОСТАДІЯ 0: ПРОРОСТАННЯ	
00	Сухе насіння
01	Початок набрякання насіння
03	Кінець набрякання насіння
05	Вихід зародкового корінця з насінини
07	Пагін пробив шкірку насіння
08	Гіпокотиль пробив поверхню ґрунту. Сім'ядолі ще під землею
09	Сходи: гіпокотиль і сім'ядолі пробили поверхню землі
МАКРОСТАДІЯ 1: ФОРМУВАННЯ ЛИСТКІВ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
10	Видно два лускоподібні прикореневі листи
11	Перший справжній листок із прилистками і вусиками (або перший вусик) розпустився;
12	Другий справжній листок із прилистками і вусиками (або другий вусик) розпустився;
13	Третій справжній листок із прилистками і вусиками (або третій вусик) розпустився;
1...	Стадії продовжуються до...
19	Дев'ять і більше справжніх листків і вусиків розпущені.
МАКРОСТАДІЯ 2-3: РІСТ В ДОВЖИНУ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
30	Початок росту в довжину
31	Видно 1-ше розтягнуте міжвузля ¹
32	Видно 2-ге розтягнуте міжвузля ¹
33	Видно 3-тє розтягнуте міжвузля ¹
3...	Стадії продовжуються до...
39	Видно 9 і більше розтягнутих міжвузлів ¹
МАКРОСТАДІЯ 4-5: ПОЧАТОК ФОРМУВАННЯ КВІТІВ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
51	Помітні перші бруньки квіток
55	Перші квітки помітні (закриті)
59	Перші пелюстки помітні; квітки ще закриті

Код	Стадії
	МАКРОСТАДІЯ 6: ЦВІТІННЯ
60	Перші квітки відкриті
61	Початок цвітіння: 10 % квіточок відкриті
	20 % квіточок відкриті
	30 % квіточок відкриті
	40 % квіточок відкриті
	Повне цвітіння: 50 % квіточок відкриті
	Цвітіння, що завершується
	Кінець цвітіння
	МАКРОСТАДІЯ 7: УТВОРЕННЯ ПЛОДІВ
71	10 % бобів досягли видо- або сортотипової довжини; Вміст зерен твердий, за надавлювання виділяється сік
72	20 % бобів досягли видо- або сортотипової довжини; Вміст зерен твердий, за надавлювання ще виділяється сік
73	30 % бобів досягли видо- або сортотипової довжини; Вміст зерен твердий, за надавлювання ще виділяється сік. Показник тендерометра (пристрій для визначення стиглості гороху): 80.
74	40 % бобів досягли видо- або сортотипової довжини; Вміст зерен твердий, за надавлювання ще виділяється сік. Показник тендерометра: 95.
75	50 % бобів досягли видо- або сортотипової довжини; Вміст зерен твердий, за надавлювання ще виділяється сік. Показник тендерометра: 105.
76	60 % бобів досягли видо- або сортотипової довжини; Вміст зерен твердий, за надавлювання ще виділяється сік. Показник тендерометра: 115.
77	70 % бобів досягли видо- або сортотипової довжини; Вміст зерен твердий, за надавлювання ще виділяється сік. Показник тендерометра: 130.
79	Боби досягли видо- або сортотипового розміру (зелена стиглість); насіння повністю розвинуте
	МАКРОСТАДІЯ 8: ДОЗРІВАННЯ ПЛОДІВ І НАСІННЯ
81	10 % насіння видо- або сортоподібно забарвлені, сухі та тверді
82	20 % насіння видо- або сортоподібно забарвлені, сухі та тверді
83	30 % насіння видо- або сортоподібно забарвлені, сухі та тверді
84	40 % насіння видо- або сортоподібно забарвлені, сухі та тверді
85	50 % насіння видо- або сортоподібно забарвлені, сухі та тверді
86	60 % насіння видо- або сортоподібно забарвлені, сухі та тверді
87	70 % насіння видо- або сортоподібно забарвлені, сухі та тверді
88	80 % насіння видо- або сортоподібно забарвлені, сухі та тверді
89	Повна стиглість: всі боби на рослині сухі та тверді. Насіння сухе та тверде (суха стиглість)
	МАКРОСТАДІЯ 9: ВІДМИРАННЯ

Код	Стадії
	Рослина відмерла
	Продукт збирання зерно

¹*Рахуються з вузла з сім'ядолями*

Горох – культура високородючих **ґрунтів**. Найвищі врожаї одержують на чорноземах, сірих лісових і окультурених дерново-підзолистих ґрунтах суглинкових за механічним складом. На важких, дуже щільних і кислих ґрунтах коренева система розміщується неглибоко, пригнічується життєдіяльність бульбочкових бактерій.

Технологія вирощування

Сучасні сорти. Однією з причин скорочення посівів гороху є вилягання та непридатність до збирання прямим комбайнуванням більшості сортів, які вирощуються.

Вилягання гороху потребує двофазного збирання, що за випадання частих дощів у період жнив призводить до подовження терміну обмолоту, зниження якості насіння гороху, а іноді і до повної загибелі врожаю. За вирощування традиційних листочкових сортів гороху, які вилягають збільшити виробництво зерна до потрібних розмірів – неможливо. Через це найбільш ефективними є сорти, які стійкі до вилягання і відносяться до **безлисточкового (вусатого) типу**. Нові морфотипи гороху з такими господарсько важливими ознаками, як **безлисточковість, детермінантність і низькорослість** стебла, що мають більшу стійкість до вилягання та посухи є найбільш ефективні.

В Україні вирощують фуражні та цінні **сорти гороху**, з яких виробляють крупу. До **зернових** належать такі сорти: Атанас, Гайдук, Тіп, АЛБУМ, ВЕРБАЛ, Дарунок степу, Пристань, Тренді, Білий ангел, Аватар, Вельвет, Алекс УЛ, Малахит, Круїз, Люмп, КАРЕНІ, КАРПАТИ, ІМПУЛЬС, КАМПУС та ін.

Із сортів посівного **овочевого гороху** поширені ОЛІНДА, Улюбленець, Марфед, ЗОНДА, АМАЛФІ, ІДАЛГО, ЗОНВЕРТ, Оллівіст, ВІВАДО, ТРОФІ, САБРІНА, Серге, КІСС, Карго, Беверлі, НАТІнау, Прімана, Стандана, Інновеса, НОРВЕРТ, ЧЕРГУІ, ШУГАР ФЛЕШ, Марімба, Медісон, Сімко, Логан 2021 та ін.

Сорти польового гороху (пелюшки): Древлянська, Вектор, Зв'ягельська, Гранд.

Місце культури в сівозміні. Кращими для гороху *попередниками* є культури, які залишають поле чистим від бур'янів і не висуюють ґрунт.

У районах з посушливим кліматом не слід висівати його після цукрових буряків, соняшнику, суданської трави, сорго. Не варто вирощувати горох після інших бобових і гороху, тому що це сприяє розвитку фузаріозу, розмноженню нематод, бульбочкового довгоносики та зерноїда. Не можна розміщувати посіви гороху близько від посівів багаторічних бобових трав, на яких зимують бульбочкові довгоносики. Період повернення гороху на попереднє місце не раніше, ніж через 4 роки. В сівозміні горох доцільніше розміщувати між двома зерновими злаковими культурами або між зерновою злаковою і технічною не бобовою культурою.

Обробіток ґрунту. Обробіток ґрунту максимальну має приділяти уваги боротьбі з бур'янами. Можна застосовувати поліпшений або напівпаровий обробіток ґрунту з дворазовим луценням стерні та ранньою зяблевою оранкою. В цілому основний обробіток ґрунту під горох такий самий, як і під ранні ярі зернові культури.

Весняний обробіток починають з боронування в 1-2 сліди зубовими боронами і вирівнювання поверхні ґрунту шлейфами. Перед сівбою проводять культивування в 1-2 сліди на глибину 7-8 см з одночасним боронуванням. На легких ґрунтах перед сівбою застосовують коткування.

Удобрення. Горох добре реагує на застосування органічних і мінеральних добрив. Однак органічні добрива у вигляді напівперепрілого гною або компосту з розрахунку 18-20 т/га вносять **лише** на бідних піщаних ґрунтах, і доповнюють їх фосфорними добривами. На більш родючих ґрунтах таке удобрення спричинює інтенсивний ріст зеленої маси («**жирування**»), що затримує досягання врожаю.

Для вирощування гороху важливу роль мають фосфорно-калійні добрива. Однак, фосфорні (P_{60-100}) і калійні (K_{60-100}) добрива краще вносити під попередник – буряк, кукурудзу, зернові. Це важкорозчинні добрива і для формування врожаю гороху вистачає їх післядії та запасів цих елементів в ґрунті. Але, після низько-удобрених попередників, на ґрунтах з низькою родючістю та недостатнім забезпеченням фосфором і калієм, вносять $P_{40-60}K_{40-60}$ під оранку.

На ґрунтах з низьким вмістом магнію (менше 2-5 мг на 100 г ґрунту) рекомендується вносити магнієві добрива з розрахунку 30-40 кг/га MgO . Крім цього досить ефективним є позакореневе підживлення сірчано-кислим магнієм в період вегетації.

Оскільки, горох є азотфіксуючою культурою, то азотні добрива (20-

30 кг/га д.р.) вносять лише у випадках, якщо під час сівби вміст легкогідролізованого азоту в орному шарі ґрунту не перевищує 80 мг/кг ґрунту. Для покращення азотного живлення за рахунок фіксації симбіотичного азоту, насіння перед посівом обробляють бактеріальними препаратами (**інокуляція**) – ризоторфіном, нітрогеном.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Для сівби насіння гороху готують наступним чином. Відразу після збирання його очищають і піддають фумігації для знищення горохового зерноїда. Для захисту від хвороб (бактеріоз, кореневі гнилі, аскохітоз, фузаріоз), насіння протруюють: Максим XL 035 (1,0 л/т), Бенлат, 50% з.п. (2,0 л/т), Фундазол (2 л/т). Дані протруйники можна використовувати в день сівби одночасно із ризоторфіном або іншим інокулянтом. Решта препаратів за поєднання з бактеріальними препаратами знищують бульбочкові бактерії, тому протруювання необхідно проводити не пізніше ніж за 2-3 тижні до сівби, а обробляти інокулянтом і мікроелементами – в день сівби.

Горох висівають одночасно з ранніми ярими хлібами. Запізнення із сівбою на 7-12 днів на Поліссі може спричинити зниження врожаю на 0,2-0,3, а в Лісостепу – на 0,3-0,4 т/га. Кращим способом сівби є вузькорядний, однак, сівалки за такого способу сівби загортають насіння в ґрунт погано, тому звичайної рядковий спосіб сівби. В насінницьких цілях можуть застосовувати широкорядний спосіб сівби із шириною міжрядь 45 см, який дає змогу отримувати якісне насіння. Проблемою такого вирощування є велика забур'яненість посівів.

Норма висіву гороху залежить від ґрунтово-кліматичної зони вирощування і біологічних особливостей сорту. Для зони Степу України рекомендується висівати: 0,9-1,0; для Лісостепу – 1,0-1,2 і Полісся – 1,1-1,4 млн./га. Для високорослих сортів норму висіву зменшують на 0,8-0,9 млн./га, для середньорослих збільшують на 0,1-0,2 млн./га.

Поряд з цим, норму висіву встановлюють залежно від крупності насіння. Для крупнонасінних сортів норму зменшують на 10-15 %, для дрібнонасінних – на 10-15 % збільшують. Орієнтовна норма висіву для дрібнонасінних сортів (маса 1000 насінин менше 200 г) – 2,2-2,4 ц/га; середньонасінних (200-250 г) – 2,4-2,8 ц/га; крупнонасінних (більше 250 г) – 2,8-3,4 ц/га. Глибина загортання насіння становить 6-8 см, на легких ґрунтах і в посушливих умовах – 8-10, а на важких і в умовах підвищеної вологості – 4-5 см.

Догляд за посівами. Відразу після сівби проводять коткування кільчасто-шпоровими, ребристо-кільчастими або гладкими котками з

одночасним боронуванням легкими боронами. Цей прийом ефективний у посушливих умовах, за високої вологості його не проводять. Через 5-6 діб, якщо на посівах утворюється ґрунтова кірка і з'являються ниткоподібні проростки бур'янів, поле боронують ротаційними борінками.

Інтенсивна технологія передбачає внесення гербіцидів Гезагард, 50 % к.с. (3-5 л/га), або Стомп 330, к.е (3-6 л/га) під досходове боронування. У фазі 3-6 листків гороху можна застосовувати Півот (0,5-0,75 л/га). Для знищення багаторічних злакових бур'янів застосовують 1-2 л/га Фюзіладу Форте 150 ЕС к.е., або 0,4-0,8 л/га Центуріону, 24 % к.е., 1,75-2,0 л/га Пантери, 4 % к.е. Якщо горох вирощують без застосування гербіцидів, то після появи сходів, коли на рослині утвориться 3-4 листки, але ще не утворилися вуса, посіви боронують середніми боронами зі швидкістю до 4 км/год. За такої технології норму висіву потрібно збільшувати на 0,2-0,3 млн. шт. / га.

У технології вирощування гороху важливе місце належить захисту від *хвороб і шкідників*. В умовах України найбільш шкодочинні на посівах гороху є кореневі гнилі, пероноспороз і аскохітоз. Проти пероноспорозу, а також аскохітозу посіви гороху обробляють у фазі бутонізації фунгіцидами Рекс Т, 12,5 % к.с (0,5-1,0 л/га) або Танго, 50 % к.е. (0,6-0,8 кг/га).

Із шкідників на посівах гороху найбільш поширені бульбочкові довгоносики, попелиці, горохова плодожерка, вогнівки, трипси, гороховий комарик, горохова зернівка. Для захисту від бульбочкових довгоносиків на початку заселення шкідником проводять краєві обробки, а за збільшення чисельності до 15-30 жуків на 1 м², застосовують суцільне обприскування в період вегетації препаратами: Карате (0,1-0,125 л/га), Фастак 10 % к.е. (0,1-0,2 л/га), Регент (60 г/га) або іншими інсектицидами.

Проти попелиці, яка виявлена на краях поля і її чисельність складає 10-15 шт. на одну рослину, проводять краєві обробки. У випадку, коли попелиця розселилась на всьому полі та чисельність її досягла 20-30 екземплярів на рослину, для суцільного обприскування застосовують Децис, Актелік (0,9-1,0 л/га), Бі-58 новий (1,5 л/га), Карате (0,1-0,125 л/га). Проти горохової зернівки, вогнівок, плодожерки, трипсів посіви гороху в фазі цвітіння обприскують тими ж препаратами, що й проти попелиці. Для знищення горохової зернівки відразу після збирання, до вильоту жуків із насіння, проводять його фумігацію.

Збирання врожаю. Боби на рослинах досягають не рівномірно і

після дозрівання розтріскуються. Тому збирання починають, коли на рослинах пожовтіє 70-75 % бобів (у південних районах 50-60 %). Вологість зерна повинна становити 35-40 %. Основний спосіб збирання – роздільний. Скошують горох впоперек або під кутом 45° до полеглисті. Підбір і обмолот валків проводять за вологості насіння 16-19% (за меншої вологості насіння сильно дробиться, а за більшої – пошкоджуються зародки). Зерно очищують, підсушують і зберігають за вологості 12-14 %.

Для покращення збиральних робіт застосовують десикацію посівів.

7.13. Інтенсивна технологія вирощування сої

Соя – це культура, яка вимагає специфічних умов вирощування (табл. 77). Вона теплолюбива культура, але її вирощують на великій території – від екватора і майже до 54° північної широти.

Після сходів у сої інтенсивно розвивається коренева система і дуже повільно надземна маса, тому випаровування води в цей час незначне. Соя характеризується середньою стійкістю до посухи. За високої вологості знижується активність процесів азотфіксації.

Соя дуже чутлива до зміни тривалості освітлення. Вирощування її в північних районах призводить до збільшення тривалості фаз розвитку і зниження продуктивності. На півдні, де світловий день коротший, соя розвивається швидше, що зумовлює скорочення вегетаційного періоду.

У південних і східних областях соя може з успіхом вирощуватись на зрошуваних землях. Сорти ультраскоростиглі та скоростиглі можна вирощувати в сприятливих районах Полісся.

Технологія вирощування

Сучасні сорти. Поширення сої в значній мірі залежить від біології сорту та умов довкілля. Залежно від цих двох факторів визначається і сортова політика її вирощування. Кожен сорт повинен мати свій регіон вирощування, як правило ширина поясу складає 160-240 кілометрів, де реалізація генетичного потенціалу продуктивності найвища.

Найкращими **агрокліматичними показниками** соєвого поясу є:

Сума активних температур повітря вище +10°C для:

- ранньостиглих сортів – 1800-2000°C (Таверна, ГЛ Мелані, Албенга, Алтона, ЕС АЛЬБАТОР, ЕС ГОВЕРНОР, Тіваз, Слобода, Віндзор, Адсой, Таурус, Вольта, Сільвія ПЗО, Орфей та ін.);

- середньоранніх сортів – 2000-2600°C (Карра, Омега вінницька, Ізумрудна, Шарм, Оріана, Святогор, Еввідіка, Аратта, ТЕНА, Ромашка,

МАЛАГА та ін.);

- середньостиглих сортів – 2600-2850°C (Віталіна, Сіпресс, Турізас, Інгуз, Атакама, Джейд, Дара, Азюра, Сіберія, Ангеліка, ДХ4202, Акардія, ЕС ПРОФЕСОР та ін.);

- середньопізньюстиглих сортів – 2850-3200°C (Марієм, Стайн 17Ж32, Ольвія).

77. Біологічні особливості сої

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1	2	3
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °C - оптимальна температура проростання насіння, °C - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °C - оптимальна температура росту і розвитку, °C - сума активних температур за вегетаційний період (> +5 °C), °C	+7+8 +15+20 +8+10 -2-3 +18+25 1700-3000
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	70-80 20-30 130-160 500-600 цвітіння-налив насіння
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	7,5-10,1 1,1-4,2 2,3-2,8
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 6,5-7,0
5.	Відношення до світла (довжина дня)	короткого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,8-5,5 48-55
8.	Тип кореневої системи	стрижневий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	1,6-2,0 1,0
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5
11.	Спосіб запилення	самозапильний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів ранньостиглих форм пізньюстиглих форм	90-100; 150-170

Характеристика соєвого поясу. **Тривалість безморозного періоду** – 130 і більше днів, **сумарна кількість сонячної радіації** за вегетаційний період – 2700-3200 мДж/м²; **фотосинтетична активна радіація (ФАР)** за вегетаційний період – 1200-500 мДж/га; **запаси продуктивної вологи** в метровому шарі ґрунту навесні – 90-180 мм; **гідротермічний коефіцієнт** – 0,8-1,7.

Науково-обґрунтована група стиглості на основі агрокліматичного потенціалу регіону наведена в таблиці 78.

78. Підбір сортів сої відповідно до агрокліматичної зони

Полісся, західний Лісостеп	25-35 % ультра ранньостигла та ранньостигла 55-65 % середньо ранньостигла до 15 % середньостигла
Центральний і східний Лісостеп	25-35 % ультра ранньостигла та ранньостигла 55-65 % середньо ранньостигла, середньостигла до 20 % середньо пізньостигла
Степ	55-65 % середньостигла 30-35 % середньо пізньостигла

Рекомендації щодо вибору сорту сої: 1) в одному господарстві необхідно вирощувати 2-3 різних за скоростиглістю сорти; 2) сорти мають бути різної групи стиглості, але при цьому повинні переважати сорти які займають увесь вегетаційний період, повністю дозрівають, що гарантує отримання кондиційного насіння і чітке, організоване збирання; 3) наявність сортів різного сорто типу; 4) насіння сорту повинно відповідати високим посівним кондиціям.

Місце культури в сівоzmіні. Соя дуже чутливо до попередників, вирощування її в сівоzmіні не лише підвищує урожайність, а й сприяє попередженню поширення хвороб і шкідників, знижує забур'яненість поля, покращує водно-фізичний режим ґрунту, оптимізує використання поживних речовин.

Кращими попередниками для сої є: пшениця озима, ячмінь озимий, ярі колосові, кукурудза на силос, зерно і зелений корм, під які не вносили гербіциди триазинової групи.

Не рекомендується висівати сою після бобових культур, томатів, соняшнику, цукрових буряків та ближче ніж за 500 м від насаджень білої і жовтої акації, у зв'язку з наявністю спільних хвороб і шкідників. У польовій сівоzmіні на попереднє місце сою повертають через 3-4 роки.

Сою можна висівати у сівоzmінах з короткою ротацією. Досить продуктивною є ланка сівоzmіни «кукурудза-soя» у співвідношенні 1:2

та 1:3. Урожайність зерна кукурудзи після сої підвищується на 0,3-0,5 т/га. Також можливі ланки «soя-ячмінь», «soя-пшениця озима» або «soя-пшениця яра». При цьому урожайність ячменю підвищується на 0,4-0,6 т/га, пшениці – на 0,25-0,4 т/га.

Соя вимоглива до попередників і сама є відмінним попередником для багатьох сільськогосподарських культур, зокрема зернових, не поступаючись люцерні та кукурудзі на силос. Урожай ярої пшениці висіяної після сої, не менший ніж після чистого пару, а у вологі роки пшениця після сої дає навіть вищий врожай. У середньому на 1 га соя залишає після себе в ґрунті 60-80 кг азоту, 20-25 кг фосфору і 30-40 кг калію, що прирівнюється до 10-15 тонн органічних добрив.

Обробіток ґрунту. Основний обробіток диференційований залежно від попередника, вологозабезпечення, забур'яненості поля та його рельєфу.

Після стерньових попередників основний обробіток ґрунту включає одно- або дворазове лушення стерні з подальшою оранкою на глибину 25-27 см і вирівнювання поверхні поля. За засміченості поля однорічними бур'янами застосовують напівпаровий обробіток ґрунту (літня оранка і одна-дві культивації для знищення бур'янів). На полях, засмічених коренепаростковими бур'янами застосовують напівпаровий обробіток ґрунту, який полягає у лушенні лемішними луцильниками з наступною глибокою оранкою на глибину 28-30 см за появи масових сходів бур'янів.

В умовах недостатнього зволоження застосовують паровий обробіток, тобто після збирання попередника поле обробляють дисковими знаряддями, а з відростанням бур'янів проводять оранку і додатково обробляють ґрунт у літньо-осінній період культиваторами та боронами.

В Україні основним обробітком ґрунту в більшості соєсїючих регіонів є оранка з використанням полицевого плуга, яка забезпечує краще загортання післяжнивних решток, однорідний поверхневий шар ґрунту, знищує значну кількість бур'янів, сприяє підвищенню ефективності дії мінеральних добрив, скороченню весняних передпосівних операцій, дає змогу раніше розпочати сівбу.

У випадку наявності ефективних гербіцидів та відповідного комплексу технічних засобів використовують мінімальний або нульовий обробіток ґрунту, за рахунок якого витрати пального знижуються в порівнянні з традиційним обробітком на 20 % за мінімального і на 70 % за нульовому обробітку.

Сьогодні є твердження, що оранку плугом можна замінити чизелюванням, коли після збирання попередника на поверхні залишається мало післяжнивних решток. Перше чизелювання проводять восени в одному напрямку, а друге – навесні, перпендикулярно першому.

Також хорошу ефективність має проведення поверхневого обробітку із використанням дискування.

В цілому безплужна система обробітку ґрунту дає змогу вирощувати сою на полях з незначним схилом, де недоцільне застосування плуга. Вона запобігає ерозії ґрунту, сприяє зменшенню затрат праці та енергії, однак має недоліки у загортанні післяжнивних решток та потребує більшої кількості обробок гербіцидами.

Навесні за досягання ґрунту обробіток проводять з урахуванням стану поля та погодних умов, що складаються. Як правило, **передпосівний обробіток ґрунту** включає в себе боронування та вирівнювання поля, яке проводять під кутом до напрямку оранки, внесення гербіцидів і передпосівної культивуації.

Проведення передпосівної культивуації в день посіву на глибину загортання насіння 3-4 см дає змогу уникати пересихання верхнього шару ґрунту, додатково його вирівнює, знищує сходи бур'янів, створює сприятливі умови для посіву сої.

У роки з дефіцитом вологи у верхньому шару ґрунту, необхідно використовувати комбіновані агрегати, за рахунок яких зменшується кількість обробітків ґрунту і скорочуються строки виконання робіт, що не обмежує пересихання верхнього шару, і насіння лягає у вологий ґрунт. За дефіциту вологи в посівному шарі ґрунту проводять прикочування посівів до- і після сівби, яке сприяє підвищенню врожайності насіння на 0,11-0,26 т/га.

У сприятливі за зволоженням роки післяпосівне прикочування недоцільне, тому що при цьому ущільняється ґрунт, а коли випадають дощі – утворюється ґрунтова кірка, ускладнюється винос сім'ядолей на поверхню, знижується польова схожість насіння, що призводить до значного зрідження посівів.

Удобрення. Соя дуже вимоглива до вмісту в ґрунті елементів живлення і особливо азоту, хоча ефективність внесених добрив під сою, в першу чергу залежить від агрохімічних показників ґрунту, вологозабезпеченості, сорту тощо.

Незважаючи на здатність сої задовольняти значну частину потреби в азоті (60-70 %) за рахунок біологічної азотфіксації з атмосфери, вона

позитивно реагує на внесення органічних і мінеральних добрив.

Органічні добрива в більшості соєсїючих країн вносять під попередник, поєднуючи з мінеральними добривами. На низькородючих ґрунтах соя добре реагує на сумісне внесення органічних і мінеральних добрив безпосередньо під культуру.

Одним із ефективних і доступних органічних добрив, особливо в господарствах із низьким їх виходом, є зелене добриво (**сидерат**). Сидерація підвищує зв'язність ґрунту, поліпшує водно-повітряний режим, підсилює життєдіяльність ґрунтових організмів, зменшує забур'яненість поля, що позитивно впливає на розвиток бульбочкових бактерій та кореневої системи сої. Для сидерації, як правило, використовують редьку олійну, гірчицю білу, ріпак, суріпицю та інші.

Враховуючи потреби сої в елементах живлення на сірих лісових ґрунтах необхідно вносити під зяблеву оранку по 60-90 кг/га д. р. фосфорних і калійних добрив і 45 кг/га азотних навесні, на чорноземах опідзолених – 30-45 кг/га азотних, 60 кг/га фосфорних і 40-60 кг/га калійних. За недостатнього розвитку бульбочок на коренях рослин сої (менше 5 шт.) доцільно провести підживлення посівів фосфорними і азотними добривами в нормі 20-30 кг/га д. р. у фазі бутонізації.

Надходження елементів живлення впродовж вегетаційного періоду сої відбувається нерівномірно. Так, від сходів до цвітіння вона засвоює 16,6 % азоту, 10,4 фосфору, 24,7 % калію; від цвітіння до початку формування насіння і до початку його наливання відповідно 78,5; 50 і 82,2 %. У зв'язку з цим ефективним є застосування позакореневих підживлень мікродобривами. Підживлення посівів проводять у фазах 3-5 трійчастий листок, бутонізації, початку наливу насіння.

Рослини сої досить негативно реагують на кислотність та засоленість ґрунту, які є причиною порушення фізіологічних процесів засвоєння азоту, фосфору, калію та інших елементів живлення, а також вуглеводного та білкового обміну речовин. Більшість кислих ґрунтів зосереджено на Поліссі, у передгір'ї Карпат і Закарпатті та в Лісостеповій зоні. Солонці та солончаки розповсюджені в основному в АР Крим, Херсонській та Запорізькій областях.

Меліорація таких ґрунтів усуває шкідливу надмірну кислотність і засоленість, створює сприятливі умови життєдіяльності для корисних мікроорганізмів, різко підвищує інтенсивність фіксації азоту бульбочковими бактеріями, збагачує ґрунт на кальцій і магній, поліпшує його фізичні та фізико-хімічні властивості, підвищує ефективність мінеральних добрив на 30-90 %, а органічних на – 20-40 %, що в свою

чергу підвищує рівень урожайності та якості насіння сої.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Основним критерієм настання оптимального строку сівби сої є стійке прогрівання верхнього шару ґрунту. У більшості регіонів України сою починають сіяти, коли ґрунт на глибині загортання насіння прогріється до $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ і встановиться стійка середньодобова температура $+10\text{-}12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Календарні строки сівби в більшості зон України припадають на період третьої декади квітня - першої декади травня. За результатами досліджень Інституту кормів НААН, в умовах Лісостепу України найкращі умови для росту і розвитку рослин складаються за сівби у строк, який встановлено за рівнем термічного режиму (РТР) $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ у ґрунті на глибині 10 см.

На півдні України розповсюджені більш чутливі до тепла сорти, тому сою в даному регіоні необхідно висівати за настання стійкого прогрівання верхнього 5 см шару ґрунту до $+12\text{-}14\text{ }^{\circ}\text{C}$. При визначенні строку сівби необхідно також враховувати біологічні особливості сортів, тобто пізньостиглі сорти необхідно висівати на початку оптимального строку, а ранньостиглі – в кінці оптимального строку.

Для сівби сої використовують відсортоване і вирівняне за крупністю насіння з високою енергією проростання і схожістю. Обов'язковим агрозаходом, який на 10-15 % підвищує урожайність насіння сої є передпосівна **інокуляція насіння**. У день сівби його обробляють бактеріальними препаратами, зокрема ризогуміном, ризоторфіном, ризоаргіном, ризобофітом та ін., де в одному грамі препарату міститься не менше 2,5 млрд. активних бульбочкових бактерій. Особливо це важливо на тих ґрунтах, де сою вирощують вперше, або тривалий час не вирощували.

З метою отримання дружніх, рівномірних і неуражених хворобами сходів, насіння додатково обробляють протруйником Вітавакс 200 ФФ (2,5 л/т), або Максим XL 0,35 (1,0 л/га), 0,5-1,0 % розчином молібденовокислого амонію, стимулятором росту типу агростимулін. За результатами досліджень Інституту кормів НААН такі заходи забезпечують приріст урожаю насіння сої до 0,3-0,4 т/га.

Сою, як правило, висівають широкорядним способом з міжряддями 45-70 см. Рядковий спосіб сівби з міжряддями 15-30 см використовують за високої культури землеробства із використанням вискоєфективних гербіцидів. Проведені дослідження в Інституті кормів НААН показали, що рядковий спосіб сівби забезпечує приріст урожаю насіння сої на 0,2-0,3 т/га більше порівняно із широкорядним.

Норма висіву насіння коливається від 450 до 850 тис. шт./га або 80-120 кг/га залежно від маси 1000 насінин і групи стиглості сорту, зони вирощування, родючості ґрунту та умов зволоження. Чим пізньостигліший сорт, тим більшої площі живлення він потребує.

Глибина загортання насіння за достатнього зволоження верхнього шару ґрунту має становити 3-4 см, за пересихання верхнього шару її доцільно збільшити до 5-6 см. Для сівби використовують сівалки СУПН-8А-02; УПС-8; УПС-12; Клен – 5,6; Sigma; John Deere 1780; Kinze; Great Plains; Kuhn; Nodet, Містраль 6000 та інші.

Догляд за посівами сої включає внесення ґрунтових гербіцидів (до посіву, після посіву, або до появи сходів), які стримують появу бур'янів на перших етапах росту і розвитку сої. До найбільш ефективних ґрунтових гербіцидів для боротьби з однорічними двосім'ядольними та злаковими бур'янами відносяться: Дуал голд 96 % к.е. – 1,0-1,4 л/га; Фронт'єр 90% к.е. – 1,1-1,7 л/га; Півот 10 % в.р.к. – 0,5-0,8 л/га; Харнес 90% к.е. – 1,5-2,5 л/га. Гербіцид Півот 10% в.р.к. також використовують у післясходовий період у фазі 2-3 трійчастих листків культури.

Для боротьби із двосім'ядольними бур'янами у після сходовий період (у фазі 1-3 трійчастого листка культури) використовують бакові суміші гербіцидів: 48 % в. р Базаграну нового – 1,75 л/га + Хармоні 6 кг/га; коли є злакові бур'яни – 48 % в. р. Базаграну нового – 2,0 л/га + Пантери к.е. – 1,0-1,5 л/га (5 % к.е. Тарги супер – 1,0-1,5 л/га); коли є пирій повзучий протишлякові гербіциди вносять в максимально рекомендованих дозах. Обробку грамініцидами слід проводити не раніше ніж через 5 днів після внесення гербіциду хармоні.

За безгербіцидній технології вирощування сої застосовують до- та після сходові боронування, а також додаткове боронування в період масових сходів бур'янів. Проводять міжрядні обробітки, зокрема, перший обробіток через 12-15 діб після появи сходів, культиваторами з набором бритвових і стрілочастих лап. Глибина обробітку міжрядь 5-6 см. Для знищення бур'янів у рядках на культиваторах встановлюють проволочні борінки або голчасті диски.

Проти таких хвороб сої, як септоріоз, переноспороз, фузаріоз та ін., у фазах бутонізації та на початку наливу насіння вносять фунгіциди системної дії, зокрема Альто супер 330 ЕС к.е. (0,4 л/га), Фортеця ЕС к. е. (0,5-1,0 л/га), Рекс дуо к.е. (0,5 л/га), Топсін М з.п. (0,8 кг/га), а також бакову суміш Рекс дуо к.е. (0,25 л/га) + Топсін М з. п. (0,4 кг/га).

Із шкідників, значної шкоди посівам сої завдають павутинний кліщ, акацієва вогнівка та соєва плодожерка. Проти павутинного кліща

застосовують такі акарициди як Омайт 570 57 % в.е. (1,5 л/га), Ніссоран 10 % з.п. (0,5 кг/га), Санмайт 20 % з.п. (0,9 л/га), Талстар, 10 % к.е. (0,3 л/га), Нурел д к.е.(0,8 л/га). З метою запобігання резистентності шкідників до препарату застосовують їх бакові суміші: Омайт 570 57 % в.е. (0,75 л/га) + Нурел Д к.е.(0,4 л/га), Талстар 10 % к.е. (0,15 л/га)+ Нурел д к.е. (0,4 л/га). Для боротьби із акацією вогнівкою та соєвою плодожеркою застосовують Золон 35 % к.е. (2,5 л/га) та інші.

У роки з надмірною кількістю опадів і відповідно подовженням вегетаційного періоду на завершальному етапі органогенезу сої, що часто спостерігається на Поліссі та в Західному Лісостепу, існує доцільність проведення десикації, особливо сортів більш пізньої групи стиглості. Оптимальним строком десикації є вологість насіння сої 40-45 %.

Для цього застосовують Реглон супер 150 SL в.р.к. (2-3 л/га), Скорпійон в.р.к. (2-3 л/га), Сонечко в.р.к., (2-3 л/га), Баста 150 в.р., (2,0 л/га), Раундап макс в.р., (2,4 л/га), Везувій в.р.к. (2-3 л/га), Гліфоган 480 в.р., (2-3 л/га), а також десикаційні композиції Скорпійон в.р.к. 1,0-1,5 л/га) + азотнокислий амоній (NH_4NO_3) в нормі 10 кг/га, Баста 150 в.р., (1,0 кг/га)+ NH_4NO_3 (10 кг/га) та Везувій в.р.к. (1,0-1,5 л/га)+ NH_4NO_3 (10 кг/га).

Збирання врожаю. Сою збирають прямим комбайнуванням у фазі повної стиглості за вологості зерна 14-16 %. Висота зрізу стебла не має перевищувати 6-8 см. Втрати зерна збільшуються, якщо посіви зріджені, проведені із запізненням. Оптимальна швидкість під час збирання 3-4 км/год.

Насіння сої на току підлягає первинній очистці на машинах ОВП-20А, ОВС-25, СВС-5, СВС-15-01, МЗ-10С та зерноочисних комплексах ЗАВ-20, ЗАВ-40, КЗ-25, КЗ-50. При цьому встановлюють верхні решета з круглими отворами діаметром 7,5-8 мм, нижні – 5-6 мм, або продовгуватими отворами завширшки 4-4,5 мм.

Після первинної очистки насіння сої з підвищеною вологістю необхідно просушити методом активного вентилявання в бункерах БВ-12,5 і БВ-25 або в їх відділеннях ОБВ-50 і ОБВ-100. Температура теплоносія повинна складати +28-30°C протягом 4 годин, потім насіння охолоджують. Вологість насіння сої контролюють за відносною вологістю теплоносія. За теплої сонячної погоди насіння досушують на відкритих майданчиках.

7.14. Інтенсивна технологія вирощування квасолі

Біологічні особливості. Квасоля – одна з найбільш теплолюбних культур серед усіх зернобобових. Насіння її починає проростати за температури +10 °С, а сходи з’являються за +12-13 °С. Сходи дуже чутливі навіть до короточасних весняних заморозків і пригнічуються за зниження температури в цей період до 0 °С, а за мінус 0,5-1 °С – гинуть. Найкраща температура для росту і розвитку квасолі +20-25 °С, задовільна – +15 °С. За низьких позитивних температур і сирій дощовій погоді під час цвітіння, зав’язування бобів відбувається погано, велика їх кількість опадає. Повністю зупиняється ріст за температури +40°С. Досить шкідливе для квасолі різке коливання температури впродовж доби (табл. 79).

79. Біологічні особливості квасолі

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1	2	3
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з’явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період (> +5 °С), °С	+10 +20 +12+13 -0,5-1,0 +22+25 2000-2500
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	70 20-30 106-114 450-500 початок цвітіння- поява бобів
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	6,0-7,0 1,5-1,7 3,0-4,5
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 6,5-7,5
5.	Відношення до світла (довжина дня)	короткого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,5-5,5 45-55

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
8.	Тип кореневої системи	стрижневий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	1,5 1,0
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5
11.	Спосіб запилення	самозапильний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів ранньостиглі форми пізньостиглі форми	75-85; 100-120

Квасоля є **вологолюбною** рослиною. Вона потребує багато води під час проростання насіння (114 % води від маси насінини). Її врожайність зменшується за нестачі вологи під час цвітіння і зав'язування бобів. Найкращі умови для росту та розвитку створюються за 70 % НВ. Добрі врожаї одержують у районах, де річна кількість опадів не менша 450-500 мм. Квасоля більш посухостійка, ніж горох і сочевиця.

Надмірну зволоженість **ґрунту**, особливо за прохолодної погоди, квасоля переносить погано – сильно уражується хворобами (антракноз, бактеріоз та ін.).

Квасоля **світлолюбна** культура, проте добре може розвиватися і за незначного затінення. Найбільше вона потребує світла в першу половину вегетації, після початку цвітіння вимоги до освітлення знижуються. Квасоллю можна вирощувати в ущільнених посівах з кукурудзою та іншими культурами.

Більшість форм звичайної квасолі – рослини **короткого дня**. За тривалістю вегетації сорти поділяють на ранньостиглі (75-85 днів), середньостиглі (85-100 днів) і пізньостиглі (100-120 днів).

В процесі росту і розвитку квасоля проходить 9 стадій за класифікацією ВВСН (табл. 80).

80. Стадії розвитку квасолі

КОД	Стадії
МАКРОСТАДІЯ 0: ПРОРОСТАННЯ	
00	Сухе насіння
01	Початок набрякання насіння
03	Кінець набрякання насіння
05	Вихід зародкового корінця з насіння
07	Гіпокотиль з сім'ядолями пробив сім'яну шкірку

08	Гіпокотиль з сім'ядолями росте до поверхні ґрунту
09	Сходи: гіпокотиль та сім'ядолі пробили поверхню ґрунту
МАКРОСТАДІЯ 1: ФОРМУВАННЯ ЛИСТКІВ (ПЕРШИЙ ПАГІН)	
10	Сім'ядолі повністю розпущені
12	2 нероздільних листки (1-ша пара листків) розпущені
13	3-й справжній лист (1-й трійчастий лист) розпущений
1...	Стадії продовжуються до...
19	9 або більше справжніх листів (2 нероздільних), 7 або більше трійчастих)
МАКРОСТАДІЯ 2: ФОРМУВАННЯ БІЧНИХ ПАГОНІВ	
21	Видно 1-й бічний пагін
22	Видно 2-й бічний пагін
23	Видно 3-й бічний пагін
2...	Стадії продовжуються до...
29	Видно 9 або більше бічних пагонів
МАКРОСТАДІЯ 3: - МАКРОСТАДІЯ 4: - МАКРОСТАДІЯ 5: ФОРМУВАННЯ ПОЧАТОК КВІТІВ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
51	Видно перші бруньки квітів
55	Перші бруньки квітів збільшенні
59	Видно перші пелюстки; квіти ще закриті
МАКРОСТАДІЯ 6: ЦВІТІННЯ	
60	Перші відкриті квіти в посіві
61	Початок цвітіння: 10 % квітів відкриті ¹ Початок цвітіння ²
62	20 % квітів відкриті ¹
63	30 % квітів відкриті ¹
64	40 % квітів відкриті ¹
65	Повне цвітіння: 50 % квітів відкриті ¹ Головна фаза цвітіння ²
67	Цвітіння, що завершується ¹
69	Закінчення цвітіння; помітні перші боби (5мм довжини)
МАКРОСТАДІЯ 7: УТВОРЕННЯ ПЛОДІВ	
71	10 % бобів достигли до сортоподібної довжини ¹ Початок розвитку бобів ²
72	20 % бобів достигли до сортоподібної довжини ¹
73	30 % бобів достигли до сортоподібної довжини ¹

74	40 % бобів достигли до сортоподібної довжини ¹
75	50 % бобів достигли до сортоподібної довжини; початок наливу насіння ¹ . Головна фаза розвитку бобів ²
76	60 % бобів достигли до сортоподібної довжини ¹
77	70 % бобів достигли до сортоподібної довжини; боби легко переломлюються
78	80 % бобів достигли до сортоподібної довжини ¹
79	Боби: утворення насіння зовні добре видно ¹
МАКРОСТАДІЯ 8: УТВОРЕННЯ ПЛОДІВ І НАСІННЯ	
81	10 % бобів дозріли (насіння тверде) ¹ Початок дозрівання насіння ²
82	20 % бобів дозріли (насіння тверде) ¹
83	30 % бобів дозріли (насіння тверде) ¹
84	40 % бобів дозріли (насіння тверде) ¹
85	50 % бобів дозріли (насіння тверде) ¹ Головна фаза дозрівання насіння ²
86	60 % бобів дозріли (насіння тверде) ¹
87	70 % бобів дозріли (насіння тверде) ¹
88	80 % бобів дозріли (насіння тверде) ¹
89	Повна стиглість: боби повністю дозріли (насіння тверде) ¹
МАКРОСТАДІЯ 9: ВІДМИРАННЯ	
97	Рослина відмерла
99	Продукти збирання (зерно)

¹У сортів, що мають обмежений період цвітіння

²У сортів, що мають необмежений період цвітіння

Квасоля досить вимоглива до **ґрунтів**. Краще росте на легких чорноземах і суглинистих родючих ґрунтах з нейтральною реакцією ґрунтового розчину (рН 6,5-7,5). На важких глинистих ґрунтах з високим рівнем ґрунтових вод росте погано. Не придатні для неї кислі, заболочені та легкі піщані ґрунти. Нестача азоту спричинює пожовтіння сходів, а нестача фосфору затримує ріст рослин. Від нестачі калію виникає хлороз, жовтіють листя і стебла.

Звичайна квасоля займає близько 85 % площі цієї культури, маш – 10 %. У звичайної квасолі розрізняють кущові, напіввиткі та виткі форми. Найбільше значення у виробництві мають кущові та напіввиткі форми. В звичайної квасолі квітки різнокольорові – від білих до фіолетових. Боби довгасті, різні за формою (гладенькі, зморшкуваті, чіткоподібні) та кольором.

Технологія вирощування

Сорти квасолі звичайної (зернової): Рось, Ассоль, Ната, Подолянка, Онікс, Журавка, Фресано, Білосніжка, Ясочка, Панна, Славія, Галактика та ін.

Попередники. Найвищі врожаї квасолі збирають після удобреної пшениці озимої, кукурудзи та картоплі. В південно-західних районах України її можна вирощувати в післяукісних посівах після озимих на зелений корм.

Обробіток ґрунту. Зяблевий обробіток ґрунту під квасоллю нічим не відрізняється від обробітку під ярі зернові культури. Навесні, від початку польових робіт до сівби, площу потрібно утримувати в розпушеному стані та чистою від бур'янів, для чого проводять 2-3 культивації та боронування. Для боротьби з антракнозом і бактеріозом перед сівбою насіння протруюють 0,1 %-им розчином марганцевокислого калію, який також стимулює його проростання. Якщо немає марганцевокислого калію, використовують фундазол з розрахунку 3-4 кг на 1 тону насіння не пізніше, ніж за два тижні до сівби. Інокуляцію проводять в день сівби.

Удобрення. Значно підвищується врожай квасолі від внесення добрив, особливо органічних. Проте доцільніше вносити гній під попередню культуру. Найвищі врожаї квасолі збирають за внесення повного мінерального добрива. Азотні добрива під квасоллю рекомендується вносити в невеликих дозах – 20-30 кг/га діючої речовини, а фосфорні та калійні залежно від типу ґрунту і попередника – 45-60 кг/га.

Підготовка насіння до сівби. Строки сівби. Норма висіву насіння. Сівбу розпочинають, коли ґрунт на глибині 10 см прогріється до +10-12°C і мине загроза весняних заморозків. В умовах Лісостепу України оптимальним строком сівби квасолі є 10-15 травня, а в Степу – з 25 квітня по 5 травня.

Сіють квасоллю широкорядним способом з міжряддями 45-60 см. Ширину міжрядь встановлюють залежно від форми куща та ґрунтово-кліматичних умов регіону. У більш посушливих районах України ширина міжрядь збільшується до 60 см.

Норми висіву встановлюють залежно від крупності насіння, способу сівби та району вирощування, за сівби з міжряддям 45 см норма висіву для лісостепових районів становить 350-400 тис. шт./га, для степових – близько 300 тис. шт./га. Проте, і в степових районах у роки достатнього зволоження та на зрошуваних землях вищі врожаї

отримують за норми висіву 400 тис. зерен на га.

Глибина загортання насіння має бути 4-5 см. За недостатньої вологості ґрунту глибину загортання насіння збільшують до 6-7 см.

Догляд за посівами. Обов'язковим агрозаходом є коткування посівів кільчасто-шпоровими або гладкими котками, що поліпшує умови проростання насіння. Для боротьби з бур'янами та знищення кірки до з'явлення сходів посіви боронують легкими боронами впоперек напрямку рядків. Подальший догляд за квасолею полягає в розпушуванні міжрядь і знищенні бур'янів. Перший обробіток міжрядь проводять через 5-7 днів після з'явлення сходів, а наступні – залежно від стану забур'янення та ущільнення ґрунту.

Збирання врожаю починають, коли у 70-80 % бобів побуріє та затвердне насіння, а листя почне засихати та опадати. Щоб запобігти втратам, збирати врожай краще вранці. Скошують квасолі переобладнаними на низький зріз жатками, а також збирають квасолезбиральною машиною ФА-4А. Під час обмолоту зерно квасолі легко розбивається, тому необхідно зменшити швидкість барабана до 400-500 об./хв., опустити підбарабання та замінити сталі била на дерев'яні або гумові.

7.15. Інтенсивна технологія вирощування чини

Біологічні особливості. Чина – холодостійка культура, вона відноситься до культур, найстійкіших до заморозків (табл. 81).

81. Біологічні особливості чини

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період ($> +5$ °С), °С	+1+4 +4+6 +2+3 більше -10 +20+22 1500-1800
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води в орному шарі ґрунту для отримання дружних сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт	70-80 20-30 101-102 400

	- критичний період за вологістю	цвітіння- бутонізація
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	5,5-7,0 1,4-1,6 2,5-3,2
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 7,0-8,0
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25
7.	Індекс листкової поверхні Оптимальна площа листкової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,5-5,5 45-55
8.	Тип кореневої системи	стрижнева
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	1,5 1,0
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5
11.	Спосіб запилення	самозапильна
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	90-115

Завдяки регенеративній здатності пошкоджені морозом сходи чини відростають і можуть давати добрий урожай. Чина легко переносить посуху в молодому віці. У холодні, вологі роки уражається іржею, аскохітозом, формує щупле зерно.

До ґрунтів чина не вимоглива, для неї придатні різні типи ґрунтів, окрім перезволожених і засолених.

Технологія вирощування

Сучасні сорти чини посівної: Сподіванка та Іволга

Місце культури в сівозміні. В сівозміні чина розміщується після озимих та просапних культур.

Обробіток ґрунту. Система основного та передпосівного обробітку ґрунту така сама, як і під інші ранні ярі культури.

Удобрення. Чина найбільше виносить з ґрунту фосфор і калій. Слабо реагує на внесення азотних добрив. Фосфорно-калійні добрива необхідно вносити під зяблеву оранку з розрахунку 50-60 кг/га діючої речовини.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Підготовка насіння до сівби така сама як і для сої. Оскільки сходи чини витримують значне зниження температури, висівають її одночасно з ранніми зерновими культурами. Запізнення з сівбою призводить до різкого зниження врожаю.

Сіють чину зерновими сівалками, встановленими на верхній висів, щоб запобігти пошкодженню насіння, звичайним рядковим способом.

Норма висіву – 1,0-1,2 млн. шт. / га, що для сортів із середньою крупністю насіння становить 160-220 кг/га. За сівби широкорядним способом норма висіву становить 0,8-1,0 млн./га (150-180 кг/га). За вирощування на зелений корм, силос або сіно норму висіву збільшують на 10-20 %. Глибина загортання насіння 6-8 см. На легких ґрунтах і в посушливих умовах глибину загортання збільшують до 8-10 см, на важких ґрунтах зменшують до 4-5 см.

Догляд за посівами. Посіви чини коткують, що сприяє дружнім сходам, особливо за нестачі вологи ґрунту. Для боротьби з бур'янами та для знищення кірки сходи чини боронують впоперек напрямку рядків середніми боронами. В цілому догляд за посівами чини традиційний для зернобобових культур.

Врожай збирають у період пожовтіння більшості бобів. Кращий спосіб збирання – роздільний.

7.16. Інтенсивна технологія вирощування нуту

Нут – дуже жаро- та посухостійка культура. Навіть за +40 °С тепла впродовж 7-9 днів листки його не поникають і не втрачають тургору. У посушливих умовах за врожайністю переважає всі інші зернобобові культури (табл. 82).

82. Біологічні особливості нуту

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів, °С - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період (вище +5 °С), °С	+2+4 +10+12 +4+8 -8-10 +20-25 1200-1600
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість вологи в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	60-70 15-20 120-140 350 бутонізація
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅	5,3-6,0 1,5-1,8

	- K ₂ O	2,5-3,2
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 5,6-7,4
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25
7.	Індекс листкової поверхні Оптимальна площа листкової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,0-5,0 40-50
8.	Тип кореневої системи	стрижневий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	2,0 1,0
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5
11.	Спосіб запилення	самозапильний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	80-110

Надмірні опади в будь-якій фазі росту і розвитку рослин нуту можуть сприяти ураженню аскохитозом. Волога погода під час цвітіння зменшує зав'язування насіння, сприяє утворенню бокових пагонів.

Нут вимогливий до умов освітлення. Довгий день подовжує проходження всіх фаз росту, а короткий скорочує вегетаційний період.

Нут – маловимогливий до **ґрунтів**, найкращі для нього – чорноземні та каштанові ґрунти. Позитивною особливістю нуту, як і чини, є те, що він не пошкоджується брухусом.

Технологія вирощування

Сучасні сорти: Родін, Козерог, Зехавіт, Скарб, Лара, Єва, Одисей, Достаток, Кіра, Степовий велет, Овен, Зодіак, Ярина, Бланко, ЄС Алунт, Гоксу, Арас та ін. Всі вони належать до групи середньостиглих.

Місце культури в сівозміні. У південних районах нут здебільшого висівають після озимих культур. Добрими попередниками для нього є кукурудза та картопля.

Обробіток ґрунту. Після стерньових попередників поле луцять на глибину 6-8 см. Через 10-14 днів здійснюють друге луцення глибиною 10-12 см. Оранку проводять наприкінці вересня глибиною 20-22 см на чистих полях і 25-27 см на забур'яненних.

Удобрення. Нут добре реагує на післядію добрив внесених під попередник. Тому, за розміщення його після просапних попередників, мінеральні добрива можна не вносити. Після зернових – під зяблеву оранку рекомендується вносити Р₆₀К₆₀. Азотні добрива не вносять, оскільки вони пригнічують симбіотичну азотфіксацію.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Ефективним агрозаходом є обробка насіння бактеріальним добривом (нутовим ризоторфіном) безпосередньо перед сівбою. Сівбу нуту проводять

одночасно із ранніми ярими зерновими культурами. На чистих від бур'янів полях нут сіють звичайним рядковим способом. Широкорядний (45 см) спосіб застосовують лише на забур'янених полях.

Норма висіву насіння нуту за звичайного рядкового способу сівби становить 0,5-0,9 млн./га (120-180 кг/га), за широкорядного до 0,3-0,5 млн./га (80-120 кг/га). Насіння загортають на глибину 6-8 см, за недостатньої вологості ґрунту її збільшують до 10 см. Оскільки нут, як і горох, при проростанні не виносить сім'ядоль на поверхню ґрунту, то глибоке загортання не позначається негативно на врожайності.

Догляд за посівами. Після сівби поле коткують важкими зубчастими котками з наступним боронуванням легкими боролами. Кірку знищують звичайними боролами, а під час з'явлення сходів – ротаційними мотиками. На широкорядних посівах додатково проводять 2-3 культивації в міжряддях.

На сильно забур'янених полях застосовують гербіциди: Харнес, Трофі, Півот, Селект, Тарга Супер, Пантера та ін. Незважаючи на те, що ці препарати не включені до списку дозволених препаратів для використання на нуті вони забезпечували високу ефективність. Для захисту посівів від різних видів совки застосовують Бі – 58, Ф'юрі та ін.

Збирання врожаю. Достигає нут досить дружно. Збирання врожаю починають у період пожовтіння більшості бобів.

Сорти нуту, в яких плоди розміщені високо, можна збирати прямим комбайнуванням. Обмолот проводять зерновими комбайнами, зменшивши кількість обертів барабана до 400-500 на хвилину та опустивши підбарабання.

7.17. Інтенсивна технологія вирощування люпину

Усі види люпину (жовтий, білий, синій) – **світлолюбні**, характеризуються добре виявленим геліотропізмом (табл. 83).

83. Біологічні особливості люпину

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С	+2+4 +10+12 +4+6 -3-4 +20+22

	- сума активних температур за вегетаційний період (вище +5 °C), °C	2400-2800
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	70-80 20-30 150-170 600-700 бутонізація- утворення бобів
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	6,8 1,9 4,7
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 5,0-5,6
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	4,0-5,0 40-50
8.	Тип кореневої системи	стрижневий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	2,0 1,0
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5
11.	Спосіб запилення	жовтий- перехресно- запильний, інші – самозапильні
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	120-160

Під час затінення рослини погано розвиваються і не дають повноцінного насіння. На початку вегетації люпин росте повільно і тому сильно забур'янюється.

Технологія вирощування

Сучасні сорти. Люпин вузьколистий, або синій (*Lupinus angustifolius* L.) – однорічна трав'яниста рослина висотою 1,0-1,5 м з дуже вузькими листочками на пальчастих листках. Маса 1000 насінин – 140-150 г. Найбільш холодостійкий і скоростиглий вид. В Україні поширені такі **сорти**: Зірковий, Олімп, Пелікан, Грозинський 9,

Переможець, Юліан, Віват, Локомотив, Віктан.

Люпин жовтий (*Lupinus luteus* L.) – однорічна рослина висотою 70-100 см, має жовті запашні квітки. Маса 1000 насінин – 120-140 г. Вегетаційний період триває 110-125 днів. Найменш вимогливий до ґрунтів. В Україні поширені такі **сорти**: Рябчик, Дарунок Полісся, Лучеськ, Золотий купол, Агат Полісся, Прогресивний, Світязь, Ярило, Прип'ятський, Чернігівець, Бурштин.

Люпин білий (*Lupinus albus* L.) – однорічна рослина висотою 1-2 м, має велике біле насіння і боби, які при досяганні не розтріскуються. Маса 1000 насінин – 250-450 г. Вегетаційний період становить 120-140 діб. Вимогливий до ґрунтів, вологи і тепла. В Україні **поширені сорти**: Щедрий, Макарівський, Серпневий, Рапсодія, Либідь, Вересневий, Володимир, Діета, Барвінок, Чабанський, Снігур.

Люпин багаторічний (*Lupinus polyphyllus* Linde.) – багаторічна холодостійка рослина висотою 80-120 см, має довгі (до 40 см) китиці. Боби чорні, опушені, розтріскуються. Насіння дрібне, маса 1000 насінин – 20-50 г. Поширений сорт Чернігівський.

84. Стадії розвитку люпину жовтого за класифікацією ВВСН, шкала Задокса Zadoks scale

Код	Стадії
МАКРОСТАДІЯ 0: ПРОРОСТАННЯ	
00	Сухе насіння
01	Початок бубнявіння насіння
03	Кінець бубнявіння насіння
05	Вихід зародкового корінця з насіння
07	Пагін пробив насіннєву оболонку
08	Пагін росте до поверхні ґрунту
09	Сходи: гіпокотиль і сім'ядолі пройшли товщу ґрунту
МАКРОСТАДІЯ 1: ФОРМУВАННЯ ЛИСТКІВ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
11	Сім'ядолі з'являються на поверхні ¹
12	Стадія сім'ядолей: сім'ядолі розкинуті; перша пара пальчастих листків помітна
13	Перша пара пальчастих листків мають довжину 2 см
14	1-ша пара пальчастих листків розгорнута
15	2-га пара пальчастих листків розгорнута
17	3-тя пара пальчастих листків розгорнута
19	4-та пара пальчастих листків розгорнута; подальші закладки листків видні (маленька розетка)
МАКРОСТАДІЯ 2: ФОРМУВАННЯ БІЧНИХ ПАГОНІВ	

Код	Стадії
21	Видно 1-шу бічну розетку
23	Видно 3-тю бічну розетку
25	Велика розетка: видно 5-ту бічну розетку
МАКРОСТАДІЯ 3:РІСТ В ДОВЖИНУ	
30	Початок росту в довжину
31	Головний пагін починає підніматися над розеткою
35	Головний пагін на половину розтягнутий
39	Закінчення розтягування головного пагону
МАКРОСТАДІЯ 4-5 РОЗВИТОК ЗАКЛАДОК КВІТІВ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
51	Перші бруньки квітів помітні
55	Зачатки квітів починають розтягуватися
59	Перші пелюстки і їх забарвлення помітні
МАКРОСТАДІЯ 6: ЦВІТІННЯ	
61	Початок цвітіння: квіти на 1-ій китиці головного пагону повністю відкриті, парусні пелюстки прямостоячі
65	Повне цвітіння: квіти більшості китиць повністю відкриті
69	Закінчення цвітіння: всі квіти відцвіли
МАКРОСТАДІЯ 7: ФОРМУВАННЯ ПЛОДІВ	
71	Початок утворення плодів: боби на 1-ій китиці досягли 1 см
73	Початок наповнення бобів насінням
77	Видно повне наповнення бобів насінням
МАКРОСТАДІЯ 8: ДОЗРІВАННЯ ПЛОДІВ І НАСІННЯ	
81	Зелена стиглість: боби зелені, насіння на 1-й китиці зелене світиться; вміст насіння кашоподібне
87	Жовта стиглість: на головному пагоні всі боби зелені, насіння матово-зелене; вміст насіння важко видавлюється (рання стиглість для дефоліації)
МАКРОСТАДІЯ 9: ВІДМИРАННЯ	
91	Починається повна стиглість: боби на 1-й китиці темно-бурі; листки і стебла відмерли
92	Боби на половині китиці темно-бурі
93	Повна стиглість: всі боби темно-бурі; листки і стебла відмерли (пізня стиглість для збирання)
97	Пізня повна стиглість: рослини повністю відмерли і починають вилягати
99	Видно продукти відмирання, висипання зерна

¹Рахується датою появи сходів

Місце культури в сівозміні. Люпин у сівозмінах вирощують як основну культуру, а також післяукісно, післяжнивню і в сумішках. Як основну культуру його вирощують на зерно, зелений корм і силос. На зелений корм і силос люпин розміщують у парових полях перед сівбою озимих. На зерно люпин необхідно висівати на чистих від бур'янів

полях після озимих і ярих зернових хлібів, картоплі, кукурудзи, цукрових буряків та інших небобових просапних культур. Період повернення люпину на попереднє поле через 4-5 років.

Варто відмітити, що на дуже бідних ґрунтах вимушено чергують лише 2-3 культури: наприклад, люпин-жито-овес.

Післяукісно та післяжнивню люпин вирощують на зелений корм або як сидеральну культуру після озимих на зелений корм, ячменю, пшениці озимої. Люпин можна вирощувати в змішаних посівах з пшеницею, житом. До зими вони формують 6,0-7,0 т/га зеленої маси, яка взимку виконує роль куліс, а навесні розкладається і є добривом.

Обробіток ґрунту під люпин такий самий, як і під ранні ярі зернові культури та горох. На важких ґрунтах розпушують його підорний шар.

Удобрення. Через високу азотфіксуючу здатність і фізіологічну активність кореневої системи, люпин гірше, ніж інші бобові, реагує на добрива. Азотні добрива під люпин не вносять. Внесення фосфорно-калійних добрив підвищують урожайність зерна на 0,15-0,25 т/га, на 5-8 днів прискорюють достигання, поліпшують розвиток бульбочкових бактерій, підвищують стійкість рослин до хвороб. Люпин є однією з небагатьох культур, під які можна ефективно використовувати важкорозчинні форми фосфорних добрив – фосфоритне борошно, томасшлак, фосфатшлак, кісткове борошно (90-100 кг/га д. р.). Калійні добрива під люпин вносять з розрахунку 45-90 кг/га. Фосфорно-калійні добрива вносять під основний обробіток ґрунту. Цінним добривом для люпину є попіл.

Для покращення симбіотичної діяльності бульбочкових бактерій необхідно застосовувати мікроелементи, особливо бор, молібден, марганець, кобальт. Вони позитивно впливають на ріст і розвиток рослин, покращують запилення і зав'язування бобів, підвищують урожайність і якість насіння.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Для сівби використовують насіння високих категорій ЕН та РН-1-3 з чистотою не менше 97 %, лабораторною схожістю не менше 87 %, вологістю не вище 16 %. За 2 тижні до сівби проти аскохітозу, фузаріозу, антракнозу насіння протруюють Фундазолом (3 кг/т насіння), або Вітаваксом 200 ФФ (2,5 л/т). У день сівби його обробляють бактеріальними препаратами і мікроелементами.

Люпин сіють одночасно з ранніми ярими хлібами. Норма висіву залежить від способу сівби, за звичайного рядкового – 1,2-1,4 млн. (140-160 кг/га), вузьколистого – 1,1-1,2 млн. (180-220 кг/га), білого – 0,9-

1,0 млн. шт. га (230-260 кг/га), за широкорядного способу сівби норму висіву зменшують до 0,5-0,6 млн./га (для жовтого і синього). Глибина загортання насіння – 3-4 см, а на важких ґрунтах – 2-3 см.

На зелений корм люпин висівають звичайним рядковим способом у 2-3 строки з інтервалом 12-15 днів.

Догляд за посівами. Люпин засмічується різними бур'янами, а ефективних способів боротьби з ними в його посівах немає. Люпин чутливий до гербіцидів, застосування яких на посівах досить обмежене. Із гербіцидів використовують Гезагард (3-4 кг/га) до сходів культури. З агротехнічних заходів ефективно боронування ротаційними боронами до з'явлення сходів, коли зародковий корінець має довжину до 0,5 см. Боронувати посіви можна після появи сходів, коли рослини мають 2-3 справжніх листки і при цьому мало пошкоджуються. В стрічкових посівах упродовж вегетації 2-3 рази розпушують міжряддя.

Для захисту посівів від шкідників (попелиця, люпиновий довгоносик, стеблова мінуюча муха та ін.) застосовують інсектициди Бі-58 новий (0,5-1,0 л/га); Денис (0, л/га); Карате (0,2 л/га) та ін.

Збирання врожаю. Люпин досягає нерівномірно, боби при досяганні часто розтріскуються, тому збирати його доцільно роздільно, коли на рослинах побуріє $\frac{3}{4}$ бобів. Щоб прискорити досягання та висихання рослин, за 2 тижні до повної стиглості застосовують десикацію або дефоліацію посівів розчином Реглону (2,5 л/га), Басти (2 л/га), Раундапу (2-3 л/га). Такі посіви збирають прямим комбайнуванням.

Посіви, де не проводили десикацію, скошують у валки а потім обмолочують зерновими комбайнами за вологості зерна 16-19 % при частоті обертання барабана 850-1000 хв⁻¹. Насіння після обмолоту відразу очищають від домішок, досушують і зберігають за вологості не вище 14-15 %, тому що вологе зерно пліснявіє та швидко втрачає схожість.

7.18. Інтенсивна технологія вирощування бобів кормових

Боби кормові – високопродуктивна зернобобова культура, врожайність зерна якої в умовах сприятливого вологозабезпечення може досягти 7,0-8,0 т/га.

В умовах достатнього зволоження ця невилягаюча зернобобова культура може переважати за продуктивністю горох.

Кормові боби добре ростуть, майже **не пошкоджуються хворобами**

і **шкідниками**, витримують знижені температури вересня-жовтня. Можлива сівба кормових бобів як післяукісних і післяжнивних культур.

У сільськогосподарському виробництві поширені переважно два підвиди бобів: **звичайні крупнонасінні і кормові (кінські)**.

Боби – **самозапильна рослина**, проте можливе і перехресне запилення. За сприятливих умов і за високої агротехніки кращі сорти формують від 20 до 40 бобів на кожній рослині. Вегетаційний період кормових бобів залежно від сорту триває 95-150 діб (у холодні роки подовжується).

Біологічні особливості. Кормові боби досить **холодостійка культура**. Насіння їх проростає за температури +3-4 °С, а сходи переносять заморозки до мінус 5-6 °С і гинуть за температури мінус 6-7 °С. Від осінніх приморозків мінус 3-4 °С припиняють вегетацію. Під час вегетації боби нормально розвиваються за середньодобової температури +15-18 °С, оптимальна температура для росту і розвитку – близько +20 °С. За температури вище +30°C рослини пригнічуються.

За вирощування бобів на насіння, особливо пізньостиглих сортів, необхідно враховувати, що у фазі зелених бобів рослини пошкоджуються осінніми заморозками, внаслідок чого може утворюватись морозобійне зерно з низькими товарними й посівними якостями

Кормові боби – **вологолюбна культура**, особливо в період появи сходів – цвітіння. Транспіраційний коефіцієнт становить близько 800. У посушливих районах їх можна вирощувати на зрошуваних землях.

Для проростання насіння потребує 110-120 % вологи від своєї маси. Коли в ґрунті мало води, боби погано ростуть, скидають листя, урожайність різко знижується. Разом з тим, рослини майже не витримують перезволоження, застою води, тому ділянки з близьким заляганням ґрунтових вод непридатні для їх вирощування. Кормові боби вимагають більше вологи, ніж горох, особливо добре ростуть, коли в травні і червні випадають часті дощі.

Найбільші врожаї зерна і зеленої маси дають у вологому, досить теплому кліматі, з достатньою кількістю атмосферних опадів під час вегетації.

Кормові боби – рослина досить чутлива до тривалої посухи. Незважаючи на те, що вони мають добре розвинуту кореневу систему, погано переносять суху і жарку погоду, рослини швидко в'януть, менше утворюють бобів з малою кількістю зерен.

Боби – вибаглива до **родючості ґрунту** культура. Малородючі

піщані, заболочені, кислі ґрунти непридатні для їх вирощування. Найвищі врожаї зерна і зеленої маси кормових бобів отримують на чорноземах, темно-сірих суглинкових, окультурених торфових, осушених заплавах і зв'язних глинистих ґрунтах. На дерново-підзолистих ґрунтах Прикарпаття вони також добре плодоносять, бо там випадає багато опадів.

Найпридатніші для них нейтральні або слабко-кислі ґрунти (рН 6-7). Кормові боби вимагають достатньої кількості кальцію в ґрунті, тому на карбонатних ґрунтах з глибоким ґрунтовим шаром дають високі врожаї зерна. Але слід звернути увагу на те, що на карбонатних ґрунтах з мілким орним шаром, які влітку швидко пересихають, кормові боби дають низькі врожаї зерна.

Непридатні для бобів ґрунти кислі, перезволожені і з близьким заляганням ґрунтових вод (50-60 см). На таких ґрунтах пригнічується діяльність бульбочкових бактерій, коренева система відмирає, зупиняється ріст рослин, що призводить до зниження врожаю.

Боби **світлолюбна культура** довгого світлового дня. На півночі вони визрівають швидше, ніж на півдні.

Технологія вирощування

Сорти бобів кінських: Бахус, Переможець, ТІФФАНІ, Стелла, Аполло, Алексія, ФАНФАРЕ, Біргіт, Віват та Сіріус.

Сорти бобів кормових: Візир, Хоростківські, Пікантн.

Попередники. Кращими попередниками для кормових бобів є просапні культури – картопля, цукровий буряк, кукурудза, овочеві, а також озимі та ярі зернові. Після них поле залишається чистим від бур'янів. Під просапні культури до того ж вносять органічні і мінеральні добрива, післядію яких кормові боби використовують досить ефективно. **Не рекомендовані** в якості попередників для бобів кормових бобові: злакові багаторічні трави та зернобобові культури. Період повернення 4-5 років, у разі порушення цього терміну вони уражуються корневими гнилями та іншими хворобами і шкідниками.

Удобрення. Завдяки добре розвинутій кореневій системі боби здатні засвоювати важкорозчинні фосфорні і кальцієві сполуки з нижніх горизонтів ґрунту і виносити їх у верхні горизонти, де вони стають доступними для інших рослин. Для формування 1 ц зерна і відповідної кількості соломи боби кормові використовують 6-7 кг азоту, 1,5-2,1 кг фосфору, 2,5-2,8 кг калію, 2,2-2,8 кг кальцію.

Найбільшу кількість елементів живлення рослини засвоюють у фазу

інтенсивного росту стебла – утворення бобів. Боби кормові добре реагують на органічні та мінеральні добрива не тільки на бідних, але і на родючих ґрунтах, а також на передпосівну інокуляцію насіння біопрепаратами на основі симбіотичних азотфіксуючих і фосформобілізуючих бактерій.

На низькородючих ґрунтах рекомендується безпосереднє внесення під боби кормові органічних добрив під зяблеву оранку – 25-30 т/га. На чорноземах органічні добрива доцільно вносити під попередник. Урожайність насіння бобів від післядії органічних добрив підвищується на 30 %.

Норму мінеральних добрив коливається в межах $P_{40-90}K_{40-90}$. Всю норму добрив необхідно внести під зяблеву оранку. Весняне внесення під культивування зменшує ефективність фосфорних і калійних добрив.

Азотні добрива доцільно використовувати лише на ґрунтах із низьким рівнем родючості у нормі 30-60 кг/га азоту у передпосівну культивування, який потрібний для росту рослин на початку вегетації, поки на коренях не розвинулись у достатній кількості бульбочкові бактерії.

Кормові боби добре реагують на внесення молібдену, бору та міді, які сприяють збільшенню врожаю і поліпшують якість насіння. Під час посіву бобів кормових у рядки вносять гранульований суперфосфат, збагачений на молібден, з розрахунку 10-15 кг/га фосфору.

Удобрені посіви розвиваються швидше, менше ушкоджуються грибковими хворобами, формують якісне насіння. Кормові боби добре реагують на вапнування кислих ґрунтів (рН 5,5-6,0). Для цього вносять 3-5 т/га вапнякових матеріалів.

Обробіток ґрунту під боби кормові залежить від попередника. Після просапних культур проводять зяблеву оранку глибиною 25-27 см. У випадку посіву кормових бобів після зернових, до оранки поле один-два рази луцять на глибину 6-8 см з допомогою дискових або один раз лемішними луцильниками на глибину 10-12 см. Оранку проводять через 15-20 днів після луцення, для проростання бур'янів.

За ранньої зяблевої оранки восени можуть з'явитися сходи бур'янів, їх знищують за допомогою боронування важкими бородами або культиваторами.

Весняний передпосівний обробіток ґрунту має сприяти оптимальному збереженню вологи, знищенню бур'янів, шкідників і збудників хвороб. Рано навесні проводять боронування у фазу фізичної стиглості ґрунту важкими бородами. Якщо планується ранній строк

сівби, боронування може не проводитись, а зразу ж приступають до підготовки ґрунту до сівби.

Глибина передпосівної культивуації – 10-12 см. На важких ґрунтах проводять дві культивуації: першу – на глибину 6-8 см, другу – під кутом до першої на глибину 10-12 см. Для максимального збереження вологи в ґрунті розрив між передпосівним обробітком ґрунту і сівбою не повинен перевищувати 0,5-1 год. Тому допускається передпосівну культивуацію і сівбу проводити під невеликим кутом в одному напрямку, не очікуючи завершення культивуації всього поля.

Підготовка насіння до сівби. Для сівби використовують крупне, вирівняне насіння із схожістю не менше 95 % і 100%-ю чистотою. Проти фузаріозу, бактеріозу, сірої гнилі та інших хвороб насіння бобів кормових за два-три тижні до сівби протруюють фундазолом (2-3 кг/га) або вітаваксом 200 ФФ (2,5-3,0 кг/т) та обробляють мікроелементами – молібденовокислим амонієм із розрахунку 50 г/100 кг, а за сівби на торфових ґрунтах – 50 г/100 кг сульфату міді

Безпосередньо перед сівбою проводять **інокуляцію насіння** бактеріальними препаратами, використовуючи для цього високоактивні, комплементарні сорту штамми азотфіксуючих і фосформобілізівних бактерій у затемнених приміщеннях, щоб на нього не попадали прямі сонячні промені, які згубно діють на бактерії.

Сіють боби кормові широкорядним способом з міжряддям 45 см, а на чистих від бур'янів ґрунтах за використання гербіцидів краще сіяти звичайним рядковим способом. Під час рядкового способу сівби насіння в ґрунті розміщується рівномірніше, а боби гілкуються менше, ніж за широкорядного. У рядкових посівах кормові боби досягають раніше. Широкорядні посіви потрібно розміщувати на ділянках, дуже засмічених бур'янами. Широке міжряддя дають змогу здійснювати додаткові агротехнічні заходи боротьби з ними. Крім розпушування міжрядь на посівах бобів ефективне також підгортання рослин.

У Лісостепу України за широкорядного способу сівби оптимальна норма висіву насіння становить 350-400 тис./га, Поліссі – 450-500 тис. шт. / га. За звичайного рядкового способу сівби норма висіву збільшується на 25-30 % і становить 600-700 тис./га. Вагова норма висіву залежить від крупності насіння, способу сівби і коливається від 100 до 250 кг/га. Для сівби використовують овочеві та зернові сівалки.

Кормові боби невимогливі до тепла, але потребують для проростання насіння значної кількості вологи – 120 % від своєї маси. Через це сіяти боби необхідно якомога раніше, як тільки є можливість

підготувати ґрунт, одночасно з ранніми ярими культурами. Ранні посіви мають більшу листову площу, менше пошкоджуються шкідниками та хворобами, швидше досягають і завжди забезпечують вищі врожаї. Насіння з ранніх посівів має більше протеїну, жиру і менше клітковини.

Насіння бобів кормових під час проростання не виносить сім'ядолі на поверхню ґрунту, тому для підвищення врожайності необхідно сіяти глибоко. Оптимальна середня глибина становить 7-8 см. На важких ґрунтах – її зменшують до 4-5 см, а на легких – збільшують до 10 см. Якщо верхній шар ґрунту сухий, глибину загортання збільшують на 1-2 см.

Швидкість руху сівалки не повинна перевищувати 5-6 км/год. Якщо в суху погоду насіння висівають у розпушений ґрунт, проводять коткування кільчастими котками, що сприяє підняттю вологи до насіння і прискорює його проростання.

Догляд за посівами У суху погоду після сівби поле коткують для підвищення польової схожості. До появи сходів бобів кормових, на 5-6-ту добу після сівби, посіви боронують для знищення кірки і бур'янів у фазі білої ниточки. Друге боронування проводять у фазі 3-5 листків (висота рослин 5-6 см). У холодну погоду сходи можуть з'явитися лише через 16-20 днів, тому можна провести два-три досходових боронувань. Посіви боронують легкими або середніми боролами впоперек або по діагоналі посіву в другій половині дня, коли спаде їх тургор. Боронування підвищує врожайність зерна на 2-3 ц/га.

На широкорядних посівах, крім цього, 2-3 рази розпушують ґрунт у міжряддях на глибину 4-6 см. Під час останнього розпушування рядки підгортають. Обробіток міжрядь необхідно завершити до настання фази бутонізації.

Під час догляду за посівами бобів кормових, іноді застосовують чеканку рослин на широкорядних посівах – скошують їх верхівки (10-12 см завдовжки) косарками на високому зрізі орієнтовно за місяць до досягання бобів. Це сприяє підвищенню врожайності насіння за рахунок більшого притоку поживних речовин до плодів і одночасно є заходом боротьби з попелицею.

На забур'янених полях, або за низької ефективності агротехнічних заходів, для знищення бур'янів використовують гербіциди гезагард (прометрин) 50 % з.п. 3,0-4,0 кг/га проти однорічних дводольних та злакових бур'янів, обприскуючи ґрунт до сходів рослин. Також можна вносити трефлан – 3-4 кг/га та Зенкор – 300-500 г/га.

Кормові боби мають підвищену чутливість до гербіцидів. Листки

бобів мають слабкий восковий наліт, добре змочуються розчинами, і тому значна кількість препарату проникає в рослину, пригнічуючи її розвиток. Ця властивість обмежує застосування післясходових гербіцидів. У разі потреби по сходах проти однорічних двосім'ядольних бур'янів застосовують 48 % в.р. базаграну (1,5 л/га). Обприскують у суху погоду, коли на рослинах немає роси.

На бобах кормових поширені такі хвороби – чорна ніжка, фузаріоз, пероноспороз, аскохітоз, іржа, шоколадна плямистість, церкоспороз, бактеріози, вірози та ін., проти яких необхідно вчасно застосовувати захисні заходи. Значної небезпеки від хвороб бобів кормових не спостерігається, через це фунгіциди, як правило, не застосовують.

Для боротьби з попелицею, а також із плодожеркою і вогнівкою посіви обробляють інсектицидом Бі-58 новий, 40 % к. е. у нормі 0,8-1,0 л/га. Якщо посіви обробляються у фазі цвітіння, для запобігання загибелі бджіл обприскування проводять пізно ввечері.

Збирання і доробка урожаю. Насіння кормових бобів досягає нерівномірно, тому його збирають роздільним способом. Розпочинають скошувати у валки, коли нижні боби почорніють, а насіння стане твердим. Косять зернобобовими жатками на висоті 18-22 см. Сухі валки обмолочують зерновими комбайнами з частотою обертів барабана, не більшою за 400-500 за хвилину, підбарабання опускають.

Більшу частину площ збирають однофазним способом у пізніші строки за повного досягання всіх бобів на рослині, зважаючи на те, що боби при досяганні не розтріскуються, на відміну від гороху. Збиральною стиглістю вважають період, коли рослини скидають листя, боби чорніють, насіння набуває типового для сорту кольору. До прямого комбайнування приступають, якщо почорніє 75-90 % бобів, а вологість насіння становить не більше 20-25 %.

Для збирання кормових бобів застосовують зернозбиральні комбайни усіх марок з робочою швидкістю до 7 км/год і відповідним регулюванням. Насіння після обмолоту зберігають сухим із вологістю не вище 14-15 %.

Для рівномірного досягання насіння здійснюють **десикацію посівів**, застосовуючи реглон-супер, 15% в.р. – 4,0-5,0 кг/га. Її проводять у фазі фізіологічної стиглості насіння (пожовтіння корінця зародка насінини).

Для пришвидшення опадання листя проводять **дефоліацію** за допомогою дефоліантів: баста (14 % в.р. – 2 л/га), реглон супер (4-5 кг/га) та ін. Дефоліацію проводять у ясну тиху погоду за 10 діб до

початку збирання врожаю.

7.19. Інтенсивна (індустріальна) технологія вирощування цукрового буряку

Біологічні особливості. Цукровий буряк погано розвиваються за відсутності опадів у березні та квітні, він добре адаптований до районів з високою відносною вологістю повітря. Період появи сходів повинен бути теплим, з помірним дощем, перша половина літа – прохолодною і дощовою, а потім має переважати помірно-суха і тепла погода (табл. 85).

Важливим резервом формування урожайності буряку цукрового є волога нагромаджена в ґрунті, протягом осінньо-зимового періоду, оскільки в основних районах бурякосіяння опадів не вистачає навіть для формування середнього врожаю.

Розрізняють три основних періоди росту буряків цукрових: перший – формування **листяної поверхні і кореневої системи** (приблизно перші 1,5 місяці); другий – **посиленний ріст листків і коренеплоду** (триває близько 2 місяців); 3) **інтенсивне нагромадження цукру** (останній місяць вегетації) (табл. 86).

На Вінниччині в 1990-2000 році працювало 49 цукрових заводів, станом на 2024 рік працює лише шість.

85. Біологічні особливості цукрового буряку

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °C - оптимальна температура проростання насіння, °C - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °C - оптимальна температура росту і розвитку, °C - сума активних температур за вегетаційний період (вище +5 °C), °C - температура, що сприяє «цвітушності», °C	+2 +12-25 +6-7 -3-4 +20-23 1900-3500 +2-8
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - коефіцієнт водоспоживання мм/(га*ц)	70 150-170 397 80-110
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅	0,5-0,6 0,15-0,2

	- K ₂ O	0,6-0,75
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 6,5-7,5
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,0-1,2 - на чорноземах; 1,2-1,3 на сірих лісових
7.	Індекс листкової поверхні Оптимальна площа листкової поверхні на 1 га, тис. м ²	5,0-8,0 50-80
8.	Тип кореневої системи	стрижнева
9.	Заглиблення коренів у ґрунт (перший рік), м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	2,0-3,5 1,0-1,2
10.	Використання ФАР, %	1,5-4,0
11.	Спосіб запилення висадків	перехреснозапильний (атогамія); можливе самозапилення
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів - фабричних буряків - висадків	140-160 100-125

86. Стадії розвитку цукрових буряків, за шкалою Задокса Zadoks scale

Код	Стадії
МАКРОСТАДІЯ 0: ПРОРОСТАННЯ І РОЗВИТОК ПАРОСТКА	
00	Суха насінина
01	Набрякання – початок поглинання води насінням
03	Кінець набрякання насіння: насіннева оболонка відкрита. Дращоване покриття лопнуло
05	Поява зародкового корінця
0	Поява зародкового стебельця
09	Сходи, поява сходів на поверхні ґрунту
МАКРОСТАДІЯ 1: РОЗВИТОК ЛИСТІВ	
10	Фаза зародкових листків: зародкові листи в горизонтальному положенні. Перша пара справжніх листків має розмір головки шпильки
11	Перша пара справжніх листків добре помітна, розмір горошини
12	Два справжніх листки (1 пара справжніх листків) розгорнуті
14	Чотири справжніх листки (2 пара справжніх листків) розгорнуті
15	П'ять справжніх листків розгорнуті
16	Шість справжніх листків розгорнуті
17	Сім справжніх листків розгорнуті
18	Вісім справжніх листків розгорнуті

Код	Стадії
19	Дев'ять справжніх листків і більше розгорнуті
МАКРОСТАДІЯ 2-3: УТВОРЕННЯ РОЗЕТКИ (ЗМИКАННЯ РЯДКІВ)	
31	Початок змикання рядків: 10 % рослин сусідніх рядків змикаються
32	20 % рослин сусідніх рядків змикаються
33	30 % рослин сусідніх рядків змикаються
34	40 % рослин сусідніх рядків змикаються
35	50 % рослин сусідніх рядків змикаються
36	60 % рослин сусідніх рядків змикаються
37	70 % рослин сусідніх рядків змикаються
38	80 % рослин сусідніх рядків змикаються
39	Змикання рядків: більше 90 % рослин сусідніх рядків змикаються
МАКРОСТАДІЯ 4: РОЗВИТОК ВЕГЕТАТИВНИХ ЧАСТИН РОСЛИН БУРЯКІВ	
49	Буряки досягли розмірів для збирання
МАКРОСТАДІЯ 5: РОЗВИТОК ЗАКЛАДОК КВІТОК (2-Й РІК ВЕГЕТАЦІЇ)	
51	Початок витягування головного пагону
52	Головний пагін 20 см довжини
53	Закладання бічних пагонів спостерігаються на головному пагоні
54	Бічні пагони добре видно
55	Перші квіткові бруньки спостерігаються
59	Перші покривні листки добре видно; квітки ще закриті
МАКРОСТАДІЯ 6: ЦВІТІННЯ	
60	Перші квітки на нижній частині суцвіття відкриті
61	Початок цвітіння: 10 % квіток відкриті
62	20 % квіток відкриті
63	30 % квіток відкриті
64	40 % квіток відкриті
65	Повне цвітіння: 50 % квіток відкриті
67	Цвітіння, що закінчується: 70 % квіток перецвіли
69	Кінець цвітіння: усі квітки перецвіли
МАКРОСТАДІЯ 7: РОЗВИТОК ПЛОДІВ	
71	Початок розвитку плодів: видно насіння в плодовій порожнині
75	Навколоплідник (перикарпій) зелений, плід ще пластичний, борошнисте тіло (перисперм) молочне, колір шкірки насіння рожевий
МАКРОСТАДІЯ 8: ДОЗРІВАННЯ НАСІННЯ	
81	Початок дозрівання: перикарпій зелено-коричневого кольору; колір насінної шкірки світло-коричневий
85	Перикарпій світло-коричневого кольору; колір насінної шкірки коричневий
87	Перикарпій твердий; колір насінної шкірки коричневий
89	Повна спілість, перикарпій і перисперм тверді; насінна шкірка сорто- або видотипового кольору

Код	Стадії
МАКРОСТАДІЯ 9: ВІДМИРАННЯ	
91	Початок зміни забарвлення
92	Більшість листів жовтіє
95	50 % листів бурого кольору
97	Рослина відмерла
99	Збирання (насіння)

В останні роки в області працювали шість цукрових заводів: ПП «ПК «Зоря Поділля» (Гайсинський цукровий завод), ТОВ «Хмельницьке» (с. Жданівка, Хмельницький район), ТОВ «Іллінецький цукровий завод» (м. Іллінці), ЗАТ «ПК «Поділля» (Крижопільський цукровий завод), ТОВ «АК «Зелена долина» (Томашпільський район), ТОВ «Юзефо-Миколаївська АПК» (Козятинський район).

Цукрові буряки є однією з високотехнологічних культур, яка вимагає ретельного дотримання технології вирощування, а за високої культури землеробства вона сприяє підвищенню урожайності наступних культур сівозміни, зокрема ярих зернових.

Технологія вирощування

Сучасні гібриди буряків цукрових: Булгаков, СМАРТ КЛІВІЯ КВС, Калинівський, СМАРТ АЛЬВАРІА КВС, СТОЛЕТОВ, КОНЦЕРТІНА КВС, БТС 9975, БТС 4905, БТС 5735, СМАРТ ДАНУТА КВС, ФД Форсаж, САНТОРІНА КВС, РЕКОРДІНА КВС, ЦЕППЕЛИН, АРЕТА КВС, СМАРТ ДЖОКОНДА КВС, СУВОРОВ, СМАРТ КАЛЕДОНІЯ КВС, ВЛАД, БТС 1965, БТС 4770, ПІТБУЛЬ, Барський, Черешневий, ФД Дроп, АЗАМАТ, ІГУАНА, ПРЕЦІОЗА КВС, СМАРТ БРІГА КВС, СМАРТ НАРНІЯ КВС, АННАМІРА КВС 2019, БТС 1730, ФД Сокол, ФД Хокей, БТС 5825, БТС 6775 Н, БТС СМАРТ 9175, СМАРТ ЛАТОРІЯ КВС, СМАРТ ЯСНА КВС, СМАРТ ІБЕРІЯ КВС, СМАРТ ДЖЕРБА КВС, БУФФЕЛ, БІАТЛОН, ВОМБАТ СМАРТ, БТС СМАРТ 9830, ФДР19Б1123, ФДР19Б2094, ФДР19Б4027, Багрім, НОМАД СМАРТ, СМАРТ ЛЕОНА КВС, Вільшанка, Сонячний, ФАЛА, АЛЬВЕРІНА КВС та ін.

Місце культури в сівозміні. У зоні достатнього зволоження найкращі умови створюються після пшениці озимої, яка вирощувалась після гороху, багаторічних трав першого року використання та удобрених парів. Ланка сівозміни з кукурудзою на силос дещо знижує продуктивність буряків. У зоні нестійкого зволоження попередниками цукрових буряків є чорний пар після багаторічних трав 1 року

використання. У **зоні недостатнього зволоження** – удобрений пар після багаторічних трав на один укіс та однорічних культур на один укіс. Період повернення на попереднє місце 3-4 роки, насичення сівозміни не більше 20-30 %. Не рекомендують висівати буряки після вівса та ріпаку, так як в них багато спільних шкідників, особливо нематода (після ріпаку).

Обробіток ґрунту. Існує два способи основного обробітку ґрунту під буряк – *поліпшений* та *напівпаровий*.

Поліпшений спосіб включає дворазове лущення стерні дисковими і лемішними луцильниками та глибоку зяблеву оранку наприкінці вересня на початку жовтня.

Напівпаровий обробіток ґрунту рекомендується застосовувати у зоні достатнього зволоження. Він включає лущення стерні дисковими луцильниками в два сліди на глибину 5-6 см, внесення органічних і мінеральних добрив і оранку на глибину 25-27 см плугами з передплужниками в агрегаті з бородами або з кільчасто-шпоровими котками в кінці липня – першій половині серпня. За появи бур'янів, поле обробляють 1-2 рази важкими зубовими бородами або культиваторами загального призначення. В кінці осені проводять безполицеве розпушування на глибину 16-20 см плугами або лемішними луцильниками без полиць.

Весняний передпосівний обробіток розпочинається з ранньовесняного «закриття» вологи боронуванням з шлейфуванням на глибину 2,5-3,0 см. Передпосівну культивацію проводять на глибину 3-5 см з одночасним боронуванням і коткуванням. Ефективним є для проведення передпосівного обробітку використання комбінованих агрегатів типу АГ-6, Агро 3, «Європак». Відразу після культивації необхідно проводити сівбу.

Удобрення. Буряк цукровий дуже вимогливий до забезпечення елементами живлення. На 1 тону основної та побічної продукції він використовує 4-6 кг азоту, 1-2 кг фосфору, 6-8 кг калію, по 1-2 кг магнію і кальцію, 0,5 кг сірки. Кількість обмінного кальцію, магнію і калію в ґрунті має становити 60-70 %, 10-15 і 3,5 % ємкості поглинання, відповідно.

Добрива вносяться в три строки: *восени* – основне удобрення, під час сівби – *рядкове* та в період *вегетації* – *підживлення*. В основне удобрення добрива загортають на глибину 15-30 см, рядкове – на 4-6 см під час підживлення – на 12-14 см. Підживлення застосовують у зоні достатнього зволоження, а в зоні нестійкого зволоження – коли

недостатньо внесено добрив під оранку. Не рекомендується підживлювати рослини буряків в умовах недостатнього зволоження.

Норма внесення органічних добрив безпосередньо під буряки у зоні достатнього зволоження 30-40 т/га. В районах нестійкого зволоження гній в нормі 30-40 т/га вносять під пшеницю озиму, а в ланці з багаторічними травами під буряки 30 т/га. У зоні недостатнього зволоження гній з розрахунку 20-30 т/га вносять під пшеницю озиму або під парозаймаючу культуру.

За інтенсивною технологією, 90-100 % фосфорних і калійних рекомендується вносити восени під зяблеву оранку. Азотні добрива, які легко вимиваються, вносять перед весняним обробітком ґрунту (80-100 %) за 14-16 днів до сівби, а решту в підживлення – у фазі 4-х пар листків. Середня норма мінеральних добрив на фоні гною становить $N_{140-170}P_{140-170}K_{160-190}$, без внесення органічних добрив норму збільшують до $N_{200-250}P_{160-180}K_{200-280}$. Дози добрив потрібно корегувати щодо кожного окремого поля.

Кислі ґрунти один раз за ротацію сівозміни вапнують, вносячи вапнякові матеріали під пшеницю озиму. Солонці та солонцюваті ґрунти необхідно 1-2 рази за ротацію гіпсувати.

В період вегетації проводять позакореневе (листяне) підживлення розчином карбаміду з концентрацією 6-10 % (6 кг/100 л води) в поєднанні із сірчанокислим магнієм та мікродобривами. Найкритичнішим мікроелементом для цукрового буряку є **бор**.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Насіння цукрових буряків готують до сівби на насіннєвих заводах. Насіння, крім сушіння, очищення і сортування, калібрують, шліфують, дражують, обробляють захисними стимулюючими речовинами. Насіння має мати лабораторну схожість понад 90 %, енергію проростання – 80 % і більше, одноростковість й вирівняність – не менше 95%.

Для сівби пунктирним способом, насіння калібрують на фракції діаметром 2,5-3,5; 3,5-4,5 і 4,5-5,5 мм, крім того насіння інкрустують, дражують та капсулюють. Для захисту сходів від ґрунтових шкідників і хвороб протруюють протруйниками, що мають інсектицидну та фунгіцидну дію (Гаучо, Максим XL, Фурадан, Круїзер та ін.). Відпускається насіння за посівними одиницями. **Одна посівна одиниця** – це 100 тисяч насінин. За посіву на 1 гектарі однієї посівної одиниці на 1 м² припадає 10 насінин, а на один метр довжини рядка 4-5 насінин. За індустріальної технології висівають 1,2-1,8 п. о.

Оптимальним строками сівби буряків цукрових є прогрівання

грунту на глибині 10 см до +5-6°C, а ґрунт при обробітці кришиться і не липне до знарядь (за фізичної стиглості ґрунту). Спосіб сівби пунктирний з шириною міжрядь 45 см, а в умовах зрошення – 60 см. Оптимальна густота рослин за вирощування за індустріальними технологіями складає 94-105 тис./га (з коливанням від 100 до 115 тис./га). Рослини мають рівномірно розміщуватися в рядку, орієнтовно через 16-20 см.

Глибина загортання насіння – 2,5-3,0 см, а за підсихання ґрунту – 3,5-4,0 см. При сівбі на кінцеву густоту висівають 8-10 схожих насінин на 1 погонний метр рядка, щоб одержати 6-7 сходів (2,0-2,4 кг/га). Сівбу на одному полі потрібно завершувати за 1-2 дні, відхилення середньої глибини загортання насіння не повинно перевищувати $\pm 0,5$ см, а ширина стикових міжрядь повинна становити 50 ± 5 см. У посушливу погоду, при інтенсивному підсиханні поверхні ґрунту, посіви буряків доцільно коткувати водоналивними (СКГ-2-1, СКГ-2) або кільчасто-зубовими (ККН-2,8) котками.

Догляд за посівами. За допомогою комплексу до- та післясходових операцій у поєднанні з використанням ґрунтових і частково післясходових гербіцидів, передбачених індустріальною технологією, забур'яненість посівів до кінця вегетації знижується до 3,5 шт./м² дводольних і 0,5 шт./м² однорічних злакових бур'янів.

Індустріальна технологія вирощування цукрового буряку у системі догляду за посівами передбачає розпушення ґрунту в міжряддях після сильних дощів та під час підживлення.

Для знищення бур'янів у фазі 2-4 справжніх листків у буряків, вносять Бетанал Прогрес (1,0 л/га), Бетанал Експерт (1,0 л/га), Лонтрел 300 (0,3-0,5 л/га), Карібу (0,030 кг/га), Шогун (0,6-1,2 л/га), Зелек Супер (1,0 л/га), Тарга Супер (1,0-3,0 л/га), Фюзілад Супер (2,0-3,0 л/га) та інші. Для зменшення стресу на рослинах після внесення гербіцидів використовують антистресанти.

На посівах буряка цукрового найбільш поширеними є такі **хвороби**, як коренеїд сходів, церкоспороз, борошниста роса, переноспороз, іржа, вірусна мозаїка і жовтуха, гнилі коренеплодів. Заходи боротьби: дотримання чергування культур у сівозміні, протруєння насіння, обробка посівів фунгіцидами: Альто Супер (0,5 л/га), Рекс Дуо (0,4-0,6 л/га), Байлетон (0,6 кг/га), Фалькон (0,6 л/га), Дерозал (0,3-0,4 л/га) та ін.

Шкідники – довгоносики, дротяники, блішки, совки, лучний метелик, крихітка бурякова, нематода. Для боротьби з ними

використовують такі інсектициди: Актара (0,08 кг/га), Базудін (0,8-2,0 л/га), Бі-58 (0,5-1,0 л/га), Децис (0,25-0,5 л/га), Фастак (0,1-0,25 л/га), Штефесін (0,25-0,5 л/га) та інші.

Обробка рослин пестицидами збільшує випаровування вологи рослинами для виведення токсичних речовин, тому остання обробка цукрових буряків фунгіцидами при змиканні листків у міжряддях деякими фермерами не проводиться, особливо в умовах посухи.

Збирання цукрового буряку проводять за настання технічної стиглості – це кінець вересня – перша декада жовтня. В технічній стиглості маса коренеплоду і вміст в ньому цукру стають максимальними, чистота соку висока, вміст мелясоутворюючих речовин мінімальний. Строки збирання цукрового буряку визначаються також технічними можливостями господарств, які б гарантували закінчення збирання до 25 жовтня. Цукрові заводи повинні мати у вересні тридобовий запас коренеплодів. За 10-15 днів до збирання проводять розпушування ґрунту на глибину 10-12 см. Залежно від конкретних погодних, агротехнічних і організаційних умов, при збиранні цукрового буряку застосовують **потоківий, потоково-перевалочний і перевалочний способи.**

Збирають буряк комплексом шестирядних машин роздільного збирання – причіпною гичкозбиральною технікою БМ-6А, МБП-6 та самохідною коренезбиральною КС-6, РКС-6, РКМ-6. Вантажать буряки з кагатів навантажувачами СНТ-2,1Б, СПС-4,2А, Холмер. В останні роки використовуються зарубіжні комбайни Холмер, Плойжер, Лектра Моро, Вєрват та інші.

7.20. Інтенсивна технологія вирощування буряків кормових

Біологічні особливості. Серед коренеплодів найбільш чутливими до низьких температур є **кормові буряки**, сходи їх нерідко гинуть навіть за невеликих весняних заморозках (мінус 3-5 °С). Насіння проростає за температури близько +3 °С, але дружні сходи з'являються лише за +12-15 °С.

Кормовий буряк – вимоглива до **вологи** культура. Залежно від погодних умов його сумарне водоспоживання коливається в межах 3800-6000 м³/ га, проте на 1 т урожаю він витрачає 50-70 м³ води. Водоспоживання кормового буряка протягом вегетації помітно різниться, тому відмічають три основні періоди: **перший** – від сходів до змикання листя в міжряддях, коли формується лише 10-15 % врожаю і

водоспоживання не перевищує 30-40 м³/га за добу, **другий** – від змикання листя в міжряддях (15-20 червня) - до початку третьої декади серпня, він є найбільш відповідальним щодо водоспоживання і формування врожаю – 80 % (за добу витрачається 70-80 м³/га води). **Третій** період характеризується зменшенням водоспоживання (до 20-25 м³/га за добу), помірним приростом урожаю коренеплодів і накопиченням сухої речовини. Найкраще розвиваються в умовах теплого сонячного літа з достатньою кількістю опадів (близько 500 мм за рік). В період проростання насіння, використовує 120-160 % вологи від своєї маси, критичний період засвоєння вологи липень-серпень. За відношенням до **родючості ґрунтів**, кормовий буряк подібний до цукрового буряка.

Технологія вирощування

Сучасні гібриди кормового буряку: Стармон, Жамон та сорти: Бурштин, Ольжич, Маріша, Ризон та ін.

Попередники. Кормовий буряк вирощують після пшениці озимої, що йшла по пласту багаторічних трав, після зернобобових, однорічних трав на зелений корм, овочевих культур, кукурудзи на зелений корм, силос та картоплі. Повертати його на те саме місце слід не раніше, як через 2-3 роки. Кормовий буряк не можна розміщувати після кормового, цукрового та столового буряка.

Щоб мати високі врожаї, кормові буряки вирощують на понижених і зрошуваних ділянках. Основні агро меліоративні заходи на полях, призначених під буряк, необхідно виконувати восени.

Обробіток ґрунту. Після збирання попередників за вологості ґрунту в шарі 0-30 см не вище 60 % НВ, проводять лущення стерні. Після таких попередників, як зернові колосові, зернобобові, овочеві, однорічні трави та їхні сумішки на зелений корм і сіно, обробіток ґрунту виконують дисковими луцильниками на глибину 6-8 см, а після кукурудзи на зелений корм і силос – дисковими боронами перехресно в два сліди.

За відростання коренепаросткових багаторічних бур'янів, доцільно застосувати гербіциди лонтрел (1,0 л/га) або раундап (4-5 л/га) по вегетуючих розетках за 2-3 тижні перед зяблевою оранкою. Розміщують кормовий буряк на полях із нахилом не більше 1°. Оранку проводять в третю декаду вересня-першу половину жовтня, через два тижні після останнього лущення за масової появи сходів бур'янів.

На легких і середніх за механічним складом ґрунтах оранку виконують звичайними плугами на глибину 23-25 (до 25-27) см, на

важких – з ґрунтопоглибленням на 25-27 (до 28-30) см. За значної засміченості поля бур'янами і наявності пожнивних решток довжиною більше 20 см, доцільно застосовувати ярусні плуги, що забезпечують повне і якісне їх загортання в ґрунт.

На солонцюватих ґрунтах, щоб попередити подальше їх осолонцювання, а також для поліпшення водно-фізичного стану, по спланованому полю після оранки вносять гіпс або фосфогіпс (3-5 т/га). Після цього ґрунт розпушують чизелями без борін або знаряддями з долотоподібними робочими органами. Перед сівбою ґрунт коткують.

Удобрення. Кормовий буряк більше потребує азотних і калійних добрив, на 1 т коренеплодів і відповідної кількості листків він виносить з ґрунту 2,5-3 кг N, 0,9-1,0 кг P₂O₅ і 4,5-5 кг K₂O. Проте, внесення високих доз азотних добрив сприяє збільшенню накопичення нітратів у сухій речовині.

Буряк дуже чутливий до органічних добрив. Під основний обробіток ґрунту вносять органічні (20-40 т/га), фосфорні (60-80 кг/га) і калійні (100-120 кг/га) добрива. На чорноземах звичайних з вмістом гумусу в орному шарі (0-30 см) 4,5-5,5 % вносять гній (насамперед напівперепрілий) з розрахунку 40 т/га, з вмістом 4,0-4,5 % – 50 т/га, 2,5-3,0 % – 60 т/га. На ґрунтах, що містять менше 2,5% гумусу, гній вносять обов'язково. За відсутності гною, як органічне добриво можна застосовувати сидерати (зелені добрива), післяжнивні рештки, соломі зернових колосових, стебла кукурудзи. При заорюванні їх у ґрунт, вносять азотні добрива з розрахунку N₇₋₁₀ кг/т органічного добрива. Солома і зелені добрива за ефективністю прирівнюються до 20-25 т гною.

Під запланований рівень врожаю коренеплодів норму азотних мінеральних добрив встановлюють, враховуючи вміст рухомого азоту в метровому шарі, а також коефіцієнти використання його з ґрунту (0,45-0,55) та добрив (0,6-0,7). Азотні добрива із розрахунку 60-120 кг/га вносять під передпосівну культивуацію. Під час сівби в рядки вносять по 20 кг/га кожного елемента. До фази змикання рядків проводять підживлення посівів складними добривами.

Норму внесення фосфорних і калійних добрив визначають, виходячи з вмісту елементів живлення в орному шарі ґрунту. Якщо вміст P₂O₅ більше 30-35 мг/кг ґрунту, а K₂O більше 230-260 мг/кг, фосфорні і калійні добрива не вносять.

Повне мінеральне добриво включає повну дозу фосфорних, калійних (P₆₀₋₁₂₀K₆₀₋₁₂₀) і 30-50 % азотних. Норму азотних добрив варто

зменшувати на 40-50 кг д. р. на гектар, якщо кормовий буряк розміщують після багаторічних трав. Навесні рідкі азотні і комплексні добрива на легких ґрунтах вносять на глибину не менше 15-20 см, на середніх – 12-15 см, на важких – 10-12 см.

Підготовка насіння до сівби. Насіння перед сівбою калібрують на фракції (3-4; 4-5; 5-6 мм або 3,5-4,5 і 4,5-5 мм), обігрівують, а потім протруюють (за 2-3 тижні до сівби) одним із препаратів: Круїзер Форс, Пончо Бета 60 та Форс Магна та ін.

Строки сівби. Норма висіву насіння. Передпосівний обробіток і сівбу проводять, коли середньодобова температура ґрунту на глибині 0-10 см досягає +5-6 С. Глибина розпушення зволоженого шару ґрунту 2-3 см, середньо зволоженого – 3-4 см, сухого – не більше 5 см.

Кормовий буряк на зрошенні сіють з міжряддями 60 або 70 см, що забезпечує оптимальні умови для проведення обробітку ґрунту в посівах і росту коренеплодів в період вегетації (табл. 87).

87. Норма висіву клубочків на 1 погонний метр рядка залежно від заданої густоти рослин

Лабораторна схожість насіння, %	Кількість рослин на 1 погонний метр рядка										
	10	12	15	18	20	22	25	28	30	35	40
50	20	24	30	36	40	44	50	56	60	70	80
55	18	22	27	33	36	40	46	51	55	64	73
60	17	20	25	30	33	37	42	47	50	58	67
65	15	18	23	28	31	34	38	43	46	54	62
70	14	17	21	26	29	32	36	40	43	50	57
75	13	16	20	24	27	30	33	37	40	47	53
80	12	15	19	22	25	28	31	35	38	44	50
90	11	13	17	20	22	25	28	31	33	39	44
95	11	13	16	19	21	23	26	30	32	37	42

Для сівби застосовують сівалки точного висіву ССТ-8В, ССТК-8, БАЕР, УСП-12, ССТ-12Б. Використовують також овочеві сівалки СО-4,2 і СКОН-4,2, при цьому норму висіву збільшують на 20-40 %, особливо на забур'яненних полях.

Сіють кормові буряки разом з ранніми культурами пунктирним способом з шириною міжрядь 45 см і нормою висіву насіння 15-20 кг/га, а за використання пунктирних сівалок – 8-12 кг/га. Оптимальна густота насадження – 70-80 тис. рослин на гектар. За формування густоти насаджень, відстань між рослинами в рядку, залежно від сорту і

родючості ґрунту, встановлюють від 25 до 30 см.

Догляд за посівами. На 4-5 день після сівби проводять досходове боронування посівів. При цьому довжина сходів повинна бути не більше 0,2 мм, а глибина розпушування ґрунту – не повинна перевищувати дві третини глибини загортання насіння. Агрегати із ротаційними робочими і ґрунтовими роторами повинні рухатися уздовж рядків, із боронами – під кутом 25-30° (швидкість руху агрегатів 8-9 км/год). На площах, де внесені ґрунтові гербіциди, боронування не проводять, щоб не послабити їх дії.

За відсутності ротаційних робочих органів на ущільнених ґрунтах використовують середні зубові борони, а на пухких – легкі зубові.

Міжрядне розпушування (шаровку) проводять, коли з'явилися сходи і позначилися рядки. Якщо ґрунтові гербіциди внесені, цей агрозахід не проводять. Культиватори КРД-5,4 і УСМК-5,4 оснащують односторонніми і двосторонніми підрізаючими лапами, захисними дисками, що розпушують ґрунт на 3-4 см, а ротаційні батареї в зоні рядків – на 1,5-2,5 см. Швидкість руху агрегату 5-5,5 км/год.

Формування оптимальної густоти необхідно проводити за появи першої пари справжніх листків і закінчувати не пізніше фази утворення третьої пари, використовуючи для цього поперечний або вздовжрядний механізований проріджувач.

На посівах з міжряддями 60 см густоту в рядках формують проріджувачами УСМП-5,4. Кращий ефект досягається, коли на одному погонному метрі рядка розміщується 8-12 рослин, а довжина букетів становить від 5 до 15 см. Якщо налічується 12 і більше рослин, застосовують поперечне проріджування (**букетування**). Його проводять в посівах з міжряддями 60 і 70 см культиваторами, обладнаними односторонніми підрізаючими лапами для нарізання букетів та шестидисковими ротаційними батареями (РБ) для розпушування ґрунту в букетах. Схема букетування в посівах з міжряддями 60 см така: виріз 8,5 см – букет 6,5 см; виріз 8,5 см – букет 11,4 см. З міжряддями 70 см більш ефективною схемою є: виріз 20 см – букет 20 см; виріз 8,5 см – букет 14,8 см.

Розпушують міжряддя перед змиканням листя в рядках на глибину 4-6 см і одночасно підгортають рослини культиваторами з розпушувальними лапами і підгортачами (КРН-5,2 і КРН-5,3). Висота гребенів 2-3 см, швидкість руху агрегатів 5-6 км/год. Другий раз підгортають також до змикання листя в рядках культиваторами, обладнаними підгортачами та долотами. Глибина розпушування

підгортачами 12-14 см, долотами – 8-10 см, захисна зона 12-13 см.

Якщо добрива внесли під оранку, то кормовий буряк підживлюють не пізніше змикання листя в рядках. Тверді мінеральні добрива вносять культиваторами-рослинопідживлювачами, які обладнані туковисіваючими апаратами, лапами для підживлення і розпушування. Глибина розпушування ґрунту звичайними лапами 10-12 см, односторонніми – 4-5 см.

За змішаному, найбільш поширеному типі забур'яненості, під передпосівну культивацію вносять гербіциди: тіллам – 3,5-5,0 кг/га (по препарату), дуалголд – 1,6-2,6 л/га; фронт'єр – 1,1-1,7 л/га.

Обприскування посівів проти шкідників починають з появою сходів. Проти довгоносіка і бурякової блішки застосовують карате, базудин, круїзер та інші інсектициди. Останній термін проведення цього агрозаходу – змикання листя у рядках.

Збирання врожаю кормових буряків потрібно закінчити до заморозків, тому що пошкоджені морозами корені при зберіганні швидко загнивають.

Збирати гичку починають, коли у 30-40 % рослин відмічається сильне пожовтіння та усихання нижніх листків, проглядаються міжряддя. Її зрізують гичкозбиральною машиною, висота черешків повинна становити 50 мм. Збирання коренеплодів варто починати через 3-4 дні після зрізування гички. Кращими строками є друга половина вересня – початок жовтня. Якщо вирощують декілька сортів, в першу чергу збирають кормові, а потім напівцукрові.

На посівах із густотою рослин 90-110 тис./га доцільно застосовувати коренезбиральні комбайни Grimme Maxtron 620, Ropa Tiger 6, Franz Kleine SF 10-2, Holmer Terra Дос Т4-40, МКК-6 (МКК-4) та інші.

Викопані коренеплоди зберігають у кагатах. Для тимчасового зберігання їх складають у купи масою близько 1 т і вкривають землею.

7.21. Інтенсивна технологія вирощування моркви

Біологічні особливості. Відношення до температури. Морква – це холодостійка рослина, яке витримує зниження температури до -3-5 °С. Мінімальна температура проростання насіння – +4-6 °С, а оптимальні умови для росту і розвитку моркви – +18-25 °С, добре витримує підвищені літні температури.

Коренеплід моркви добре росте за температури +18-21°С, а листова розетка – +23-25°С. Високі температури в поєднанні з недостатнім

поливом або дефіцитом вологи викликають зупинку росту, коренеплоди грубіють, робляться неправильної форми та у них погіршується смак.

У моркви іноді трапляються відхилення від дворічного циклу розвитку – рослини формують стебло і зацвітають в рік посіву, особливо після тривалого зниження температури на першому етапі вегетації, а також після посушливих умов в ранні фази розвитку.

Відношення до світла. Морква належить до рослин довгого світлового дня. За нестачі світла – ріст і накопичення поживних речовин зупиняється і знижується загальна врожайність коренеплодів.

Морква досить чутлива до **вологи** в усі фази розвитку. Критичними є період від посіву – до появи сходів і фаза росту коренеплодів. Морква легко переносить повітряну посуху, адже має розсічене листя з опушенням на стеблах і бадиллі. Погано переносить інтенсивні опади наприкінці літа, через те що її коренеплоди при цьому розтріскуються і погано зберігаються.

Нерівномірний полив в період формування коренеплоду також призводить до розтріскування коренеплоду, а надлишок води – до формування безлічі бічних коренів. Ріст коренеплоду відбувається після формування листової маси, це приблизно третя частина вегетації.

Відношення до родючості ґрунту. Для вирощування моркви найбільш придатні аеровані ґрунти, легкого механічного складу, які швидко прогріваються, з високою родючістю, забезпечують правильне формування коренеплоду і полегшують збирання.

За вирощування моркви на важких ґрунтах, вона погано сходить, повільно розвивається, пригнічується грибковими хворобами і формує неправильної форми з низькими смаковими якостями коренеплоди.

Морква може рости в широкому діапазоні кислотності рН – від 5,0 до 8,0, але оптимальне значення кислотності 6,0-6,8 рН. Засолені ґрунти пригнічують проростання насіння, затримують проростання моркви та знижують доступність поживних елементів. Перед вирощуванням моркви кислі ґрунти вапнують (гранульоване вапно 400 кг/га), а засоленні гіпсують.

Найкраще придатні для вирощування моркви поля із невеликим схилом. Якщо ділянка має велику крутизну схилу, є ризик змивання насіння або сходів під час сильного дощу. А якщо на полі є ями, то краще заздалегідь їх вирівняти, щоб не було затримування води.

Технологія вирощування

Сучасні сорти моркви: Франціс, Фаворит, Фіона, Каріні, Катрін та

гібриди Харізма, Мірафлорес, СВ7381ДХ, Спідо, Діаменто, Меркуріо, Тема, Анжеліка, Норвей, Натуна, Курасао, Тангеріна, Кесена, Дейлянс, Бермуда, Берліка, Новара, Лес Саїнтес, Престо, Імер, Карвора, Болівар, Патзі, Мулета, Нарина, Карлано, Руфіна, Небіда, Каспі, Вармія, Волін, Маріон, Сільвано, Октаво та ін.

За тривалістю вегетації ультраранні сорти та гібриди моркви дозрівають через 60 днів, а пізні – через 130-140 днів.

Попередники. Вирощують моркву як у польових, кормових, так і в овочевих сівозмінах. Період повернення моркви на попереднє місце 3-4 роки. Беззмінне вирощування моркви знижує врожайність, підвищує ураження хворобами і шкідниками, негативно впливає на зберігання.

Найкращими попередниками моркви є пшениця озима, бобові культури, помідори, огірки, капуста, кабачки, редька, цибуля і часник. Особливо ті, під які раніше вносили гній. Морква добре росте по сусідству з ріпчастою цибулею, горохом і сунцею. Але шкідливим є розміщення моркви поблизу посівів картоплі, кольрабі та кукурудзи. **Поганими попередниками** для культури є петрушка, буряк, селера і картопля.

Обробіток ґрунту. При розміщенні моркви після овочевих або пізніх силосних та інших сільськогосподарських культур, ґрунт відразу після їх збирання орють на значну глибину без попереднього лушення.

Система основного обробітку ґрунту під моркву включає: 1) дискування глибиною 10-12 см для подрібнення рослинних решток попередника; 2) оранка на глибину 22-25 і навіть 30 см; 3) чизелювання впоперек оранки на глибину 40-70 см (якщо вносилися добрива, гіпс або вапно).

На полях, засмічених осотом, проводять дискування на глибину 6 см, з наступним лемішним лушенням на глибину 10-12 см. Добрий результат забезпечує **напівпаровий обробіток ґрунту** після стерньових попередників, який передбачає дискування стерні на глибину 6-8 см, ранню оранку – на 28-30 см, дискування зябу на глибину 7-9 см і його культивування – на 10-12 см.

Навесні проводять закриття вологи (боронування), вирівнювання поверхні поля та культивування на глибину 6-8 см. Передпосівну культивування проводимо культиватором, або комплексним агрегатом. Перед сівом ґрунт коткують.

Якщо проводиться **літній посів моркви** весняний обробіток ґрунту включає: 1) ранньовесняне боронування; 2) 2-3 культивування ґрунту для знищення бур'янів, останню перед самим висівом моркви; 3) коткування посівів кільчасто-шпоровими котками, щоб підтягнути вологу та

покращити контакт насіння із ґрунтом.

Для вирощування довго-плідної моркви формують **гряди**, за допомогою грядо-утворювача або спеціальної фрези (рис. 149) (150×35 см). Гребні або гряди готують весною або в кінці осені. Ґрунт в гряді повинен бути такої щільності, щоб не просідати під ногами. Оптимальна висота гребенів – 18-35 см, а ширина вгорі – 20 см.

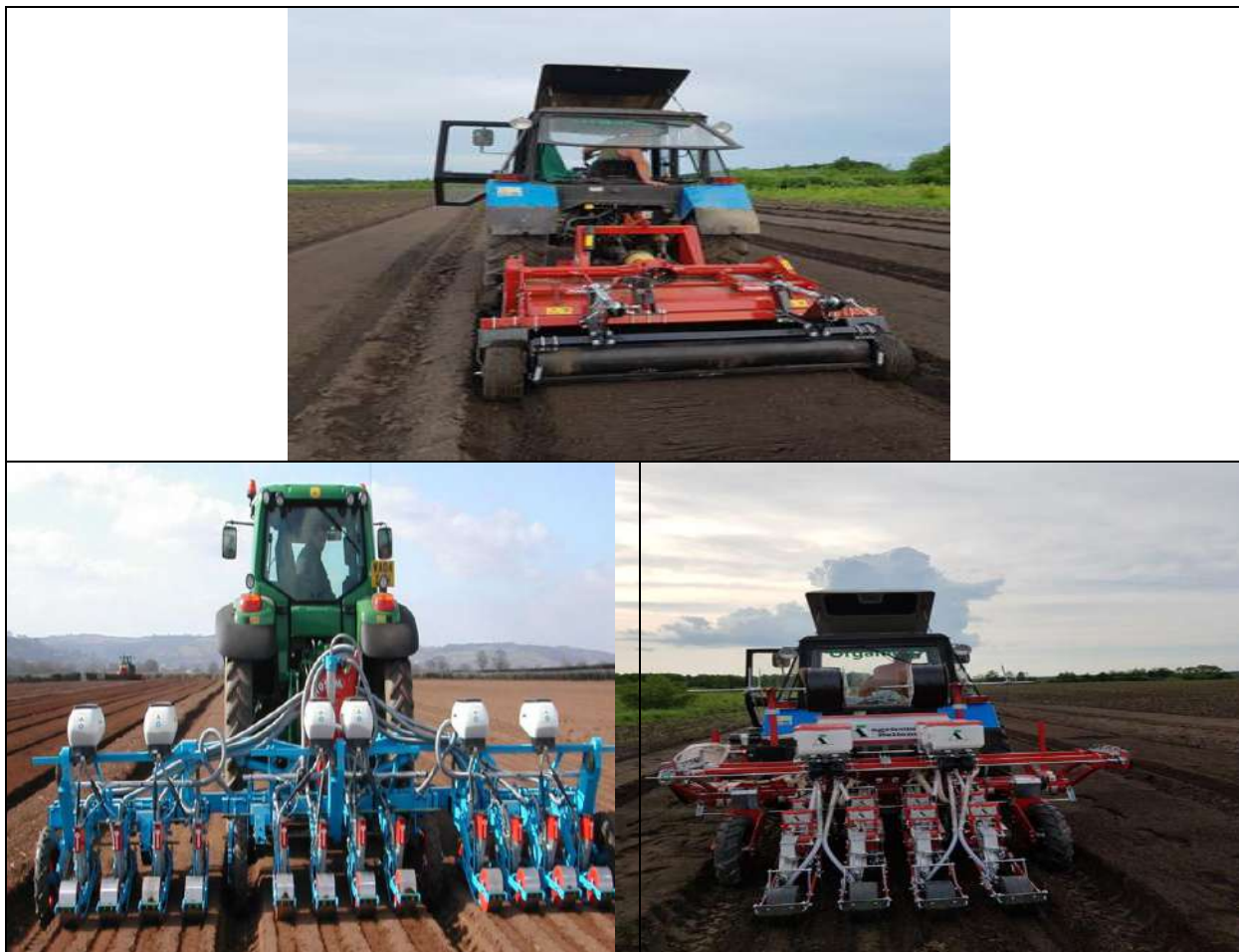


Рис. 149. Формування гряд для посіву та сівба моркви

Удобрення подібне до удобрення кормових буряків. Морква середньо вибаглива до живлення, на формування 1 т врожаю вона використовує 2,63 кг азоту, 1,2-1,5 кг фосфору і 4,2-4,8 кг калію. Частина цих макроелементів залишається в ґрунті після вирощування попередника.

Мінеральні добрива: $N_{40-120}P_{60-120}K_{60-200}$. Понад 1/2 або 2/3 частини мінеральних добрив, переважно фосфорних і калійних, вносять під зяб ($N_{30}P_{78}K_{78}$) і таку саму кількість азотних – під весняну культивуацію, P_{10-15} – в рядки, решту РК – в підживлення (після проріджування рослин). Вносять також мікроелементи (мідь, бор, цинк, залізо, марганець, молібден).

Особливістю вирощування моркви є те, що для культури важливим макроелементом є калій, тому що він впливає на вміст цукрів, покращує

смакові якості та лежкість плодів. А внесення азоту високої норми може викликати загрубіння коренеплоду, надлишкового формування листової маси та накопичення нітратів.

За поверхневого поливу добрива з фосфором і калієм вносять з осені. На важких ґрунтах калійні добрива вносяться дробно – одна половина восени та друга частина перед посівом. На легких ґрунтах всю частку калійних добрив можна внести перед посівом.

Також в передпосівну культивуацію вносять 50-90 кг/га діючої речовини азоту. Якщо під час вегетації буде спостерігатися дефіцит елементів живлення, можна позакореневе підживлення через 1,0-1,5 місяця після сходів.

На крапельному зрошенні частина фосфорних і калійних добрив вноситься восени (50-80 кг/га фосфору і 70-90 кг/га калію), а інша кількість з використанням **фертигації** в період росту і розвитку моркви.

Підготовка насіння до сівби, строки сівби та норма висіву. Насіння моркви перед сівбою калібрують, обігривають, протруюють та ін. Калібрування потрібне для того, щоб відібрати для сівби більш крупні фракції (більше 2 мм). Для підвищення енергії проростання, насіння моркви піддають повітряно-тепловій обробці, витримуючи його на відкритому повітрі 3-5 днів, під навісом – 5-7, у сховищі – 10-15 днів. За 2-3 дні до сівби його протруюють.

Сівбу проводять овочевою сівалкою точного висіву з сівниками спареного, або тандемного типу у ранні строки за настання фізичної стиглості ґрунту. Одночасно з посівом укладають крапельні стрічки 13000 метрів на 1 гектар, вносять мінеральні добрива в рядок та сухих інсектицидів через мікрогранулятори.

Висаджувати моркву з розсади неможливо, оскільки молоді коренеплоди дуже погано переносять пересадки і ростуть кривими.

Календарні строки сівби моркви для отримання ранньої продукції припадають на кінець березня – початок квітня, пізньої на 2-3 тижні пізніше (середина квітня – кінець травня). Посів під зиму проводять на початку листопада. Ще можуть використовувати **літній посів моркви**, який проводять після збирання ранніх культур (скоростигла капуста, салат, редис, огірок, буряк). В цьому випадку, використовують ранні сорти та гібриди моркви, які висівають не раніше 20 липня.

За вирощування моркви без гребенів використовують рядковий або широкорядний спосіб сівби. Залежно від розміру техніки, між рядками залишають відстань – 30-45 см, а в ряду між рослинами – 2,5-3,0 см.

За рядкового стрічкового способу сівби насіння висівають в 4 ряди з

відстанню 20-30 см, а наступні ряди на відстані в ширину коліс трактора. Між рослинами в ряду залишають 2,5-3,5 см.

Багато **вирощувати моркву** на грядках. На гряді висівають по два ряди насіння з шириною міжрядь 65-75 см і інтервалом між рядами в рядку – 6 см.

Насіння висівають сівалками точного висіву. Якщо на сівалці немає котків, то після посіву потрібно провести коткування.

Норма висіву моркви за широкорядного способу сівби 4,5 кг/га, стрічкового – 6 кг/га, широкосмугового 6-8 кг/га, суцільного – 10 кг/га. За сівби моркви під зиму норми висіву збільшують на 25-30 %. Глибина загортання насіння моркви 2,5-3 см, на важких ґрунтах – 1,5-2 см.

Кількісна норма висіву залежить від сорто типу моркви і її призначення: 1) підзимовий посів – 1,5-2,0 млн. шт. насінин/га; 2) рання продукція – 0,8-0,9 млн. шт. насінин/га; 3) свіжий ринок і зберігання – 1,0-1,4 млн. шт. насінин/га; 4) переробка – 1,0-1,2 млн. шт. насінин/га.

Зріджений посів особливо для пізньої моркви викликає розтріскування коренеплодів.

Після посіву відразу проводять **полив**. Насіння повільно набухає і проростає. Перші сходи з'являться не раніше, ніж через 14-21 день.

Особливостями літнього вирощування моркви в тому, що ґрунт потрібно постійно тримати вологим до появи сходів, інакше сходи загинуть.

Догляд за посівами включає проведення підживлення, розпушування міжрядь і боротьбу з бур'янами, хворобами і шкідниками.

За вегетаційний період роблять 5-6 міжрядних культивацій для руйнування кірки та поліпшення аерації ґрунту. Через 4-6 днів після сівби проводять досходове боронування, під час якого на посівах моркви вносять гербіциди (прометрин 1,5-2,5 кг/га, лінурон 1,5-3 кг/га).

Міжрядний обробіток починають з фази 6-8 листків до змикання рядів. Перший обробіток проводять на глибину 4-6 см, а наступні – до 12 см. Проводять проріджування посівів для формування оптимальної густоти, за широкорядного і стрічкового способу сівби – 300-350 тис./га, широкосмугового – до 700 тис/га. Потім проведення ще 1-2 розпушування міжрядь.

Боротьба із бур'янами. Для боротьби з бур'янами використовують з осені ґрунтові гербіциди Торнадо 500 або Раундап.

Протягом тижня після посіву, поле обробляють досходовими гербіцидами Гезагарт 50 %, Стомп 330, Гамбіт або Тарга Супер. Після сходів моркви у фазі 2-4 справжніх листочків (10-21 днів, залежно від

температури ґрунту) її посіви обробляють препаратами Гезагард (д.р. Прометрин 500 г/л) та Рейсер (д.р. Флуорохлоридон 250 г/л) в баковій суміші, з нормою внесення 0,5 л/га та 0,1 л/га відповідно. Норма витрати робочого розчину 200 л/га.

Через 7-14 днів після першої обробки, за наявності другої хвилі бур'янів рекомендоване друге внесення гербіцидів Гезагард та Рейсер, в баковій суміші з нормою внесення 0,7 л/га та 0,2 л/га відповідно.

Орієнтовно через 14 днів, за наявності третьої хвилі бур'янів та досягнення морквою фази «олівця», проводим внесення гербіциду Зенкор Ліквід (д.р. метрибузин 600 г/л) з нормою внесення 0,3 л/га

Під час вегетації, моркву обробляють 2-3 рази проти злаковими гербіцидами: Ачіба, Фуроре Супер, Центуріон або Тарг Супер. Препарати застосовуємо за висоти злакових бур'янів 10-15 см (не зважаючи на фазу розвитку культурної рослини).

За використання даних препаратів, особливо за перевищення норм внесення, на листках моркви може з'являтися незначна фітотоксичність у вигляді хлорозу (білі плями), яка з часом зникає і не впливає на урожайність моркви.

Норма внесення робочого розчину гербіциду – 250-300 л/га. Також ефективність гербіцидів підвищується якщо ґрунт попередньо зволожити, тобто перед внесенням гербіциду за добу зробити полив. Вологий ґрунт для ґрунтових гербіцидів сприяє формуванню захисного екрана, а для страхових гербіцидів вологий ґрунт підтримує потрібну вологість повітря і гербіцид значно повільніше висихає і цим збільшує час роботи.

В технології вирощування моркви на ранню продукцію гербіциди використовують лише до сходів, через короткий термін вегетації культури.

На моркві поширені такі **шкідники** – морквяна муха, міль, дротяники, попелиці, цикадки та трипси. Для боротьби зі шкідниками використовують інсектициди, проти морквяної мухи використовують Борея, Конфідор, ЖукОФФ, Престо, Аншлаг, або Стоп Жук. А для знищення молі, моркву обробляють препаратом ЖукОФФ, Аншлаг. За необхідності обробіток можна повторити, але не більше двох разів за період вегетації.

На моркві з **хвороб** найчастіше зустрічається борошниста роса, альтернаріоз, склеротініоз, фомоз, ризоктоніоз і гниль плодів. Застосування сівозміни та використання сучасних гібридів, стійких до хвороб частково вирішує проблему бур'янів, але не усуває її повністю, тому необхідно застосовувати також і фітофармакологічні засоби захисту рослин фунгіцидної дії. Для боротьби із хворобами планують ряд профілактичних фунгіцидних обробок (орієнтовно через 30-45 днів після

появи сходів). Вони включають в себе внесення контактних препаратів (мідь-вмісні препарати, які ізолюють і знищують грибок на поверхні листової пластинки, наприклад Косайд (д.р. Гідроксид міді 538 г/кг у нормі 2 кг/га)).

За появи ознак хвороб проводимо обробіток препаратом Натіво (д.р. Трифлорксістробін 250г/кг, Тебуконазол 500 г/кг) нормою внесення 0,35 кг/га. Для кращої дії фунгіциду до бакової суміші додаємо неіонний прилипач Мєро 0,4л/га. З метою запобігання резистентності через 7-14 днів після першого внесення Натіво, використовуємо препарат Луна Експірієнс (д.р. Флуопірам 200 г/л, Тебуконазол 200 г/л) норма внесення 0,75 л/га з додаванням прилипача Мєро 0,4 л/га.

За 2-3 тижні до збирання врожаю, для захисту від комплексу гнилей та підвищення лежкості коренеплодів застосовуємо препарат Сігнум (д.р. Піраклостробін 267 г/л, Боскалід 67 г/л) з нормою 1 кг/га. Необхідно провести дві обробки з інтервалом 7 днів.

Полив. В період вегетації моркви вологість ґрунту шару в 50 см повинна бути на рівні 80 % НВ. Під час утворення коренеплодів вологість можна знизити до 70 % НВ. Відразу після посіву, максимально в стислі терміни (3-5 днів), монтуємо систему зрошення та проводимо вологозарядний полив з нормою 200-300 м³ на 1 га.

Існує декілька способів поливу моркви:

- **крапельний полив** – найкращий метод зволоження, оскільки вода надходить лише в ґрунт, не контактуючи із листям, зменшуючи ризик розвитку хвороб, крім того через крапельне зрошення можна вносити добрива і пестициди;

- **спринклерне зрошення** – це поширений метод для зрошення овочевих культур на невеликих площах у вигляді імітація дощу, яка робиться за допомогою спринклерів;

- **мікродощування** – це полив, який створює оптимальну вологість повітря та умови за допомогою мікрокрапель води;

- **дощування поливними машинами** – фронтальними (Волжанка, Бауєр), радіальними (Фрегат, Дніпро, і т.д), котушковими та навісними (ДДА 100).

Поливна норма залежить від наявності вологи в орному шарі ґрунту та визначається за допомогою тензіометрів.

Через 5 днів після внесення ґрунтового гербіциду Стомп, можна розпочинати полив нормою 80-100 м³ води на гектар один раз на 3-4 дні. Поливи потрібно проводити враховуючи природню вологість ґрунту, наявність опадів, фазу розвитку моркви.

Загальне водоспоживання моркви під час росту і розвитку становить –

3200-5500 м³/га. В першу половину вегетації полив проводять кожні 8-10 днів, потім – раз в 14-20 днів.

Краще поливи проводити дрібно – нормою 300-350 куб. м на гектар. На крапельному зрошенні – 20-30 куб.м/га за добу в молодому віці, і в спеку морква споживає 50 куб.м/га за добу. Полив можна проводити раз у два-три дні (рис. 150).



Рис. 150. Зрошення посівів моркви

До фази формування коренеплодів, моркву краще поливати часто, але маленькими дозами, щоб підтримувати в ґрунті оптимальну вологість. У міру формування коренеплоду поливну норму потрібно збільшувати разом з періодичністю днів між поливами. За порушення режиму живлення і вологості – морква може розтріскуватися, деформуватися і буде короткою. Розтріскування трапляється найчастіше після рясних опадів чи високої дози поливу після посухи.

Збирання врожаю. Збирати моркву можна починати, коли вона досягне потрібного розміру і змінить колір бадилля, як правило у вересні-жовтні. Збирають моркву вручну і механізовано. За 2-3 тижні до збирання, поливи повністю припиняють, щоб уникнути розтріскування плодів під

час збору. Для ранньої моркви та пучкової продукції період без поливу значно менше.

На свіжу продукцію, урожай збирають за досягнення коренеплодами товщини 1,0-1,5 см і довжини – 5-6 см. Моркву обтрушують від ґрунту і зав'язують в пучки по 10-15 штук. Моркву на свіжий ринок і зберігання збирають напівмеханізованим способом. Коренеплоди підкопують спеціальною скобою і вручну складають в сітки або мішки. Восени перед тим, як везти моркву в сховище, її залишають на добу в полі, щоб коренеплоди трохи підсушити.

Збирають моркву у фазі технічної стиглості, використовуючи переобладнані картопле- і бурякокомбайни, різні копачі та спеціальні копачі для викопування коренеплодів (ККГ-1,4).

Влітку моркву відразу вивозять з поля та охолоджують. Але важливо стежити за тим, щоб морква не пересихала. Оскільки пересихання призводить до зменшення терміну її зберігання.

Зберігають коренеплоди поблизу тваринницьких ферм у траншеях, буртах, спеціальних сховищах. Температура в період зберігання має бути 0-2 °С.

На переробку моркву можна збирати механізованим способом. Для цього існують спеціальні машини, які підкопують коренеплоди та витягають їх з ґрунту за бадилля. Але в такому випадку у моркви повинен бути сильний листовий апарат. Також важливою умовою механізованого збирання є низька температура повітря (+8 °С). Моркву відразу завантажують в контейнери та транспортують в сховище.

7.22. Інтенсивна технологія вирощування картоплі

Біологічні особливості. За своїми біологічними особливостями вона потребує помірного і вологого клімату, хорошої аерації ґрунту, оскільки коренева система і столони поглинають багато кисню з ґрунтового повітря. У надмірно зволоженому, щільному ґрунті вміст кисню знижується до 2 % і нижче, а вміст вуглекислоти зростає до такого рівня, що бульби задихаються і загнивають. Першою ознакою нестачі повітря є поява на поверхні шкірочки бульб (на сочевичках) білих горбочків. У таких випадках слід вжити заходів для поліпшення аерації – провести глибоке розпушування (табл. 88).

Найкращими для вирощування картоплі є вологі легкі супіщані або суглинисті ґрунти. На щільних, важких ґрунтах поява сходів затримується на 5-6 днів, рослини відстають у рості, мають меншу

асиміляційну поверхню, знижують врожайність, а бульби деформуються, коренева система поверхнева і погано розвивається. Добрі урожаї картопля формує на осушених торфових ґрунтах і чорноземах. Важкі карбонатні ґрунти мало придатні для картоплі.

Основними **фазами росту** картоплі є: сходи, бутонізація, цвітіння, бульбоутворення і відмирання картоплиння. Фаза **сходів** настає під час появи на поверхні ґрунту проростків. Залежно від сорту і умов росту фаза сходів настає через 15-22 дні після садіння. Через деякий час на верхівках стебел картоплі утворюються суцвіття, які мають бутони. Це і є **фаза бутонізації** рослин. Після розкривання бутонів настає **фаза цвітіння**. Фазу бульбоутворення відмічають тоді, коли на підземних пагонах — столонах починають утворюватися потовщення, які перетворюються в бульби (табл. 89).

88. Біологічні особливості картоплі

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період ($> +5$ °С), °С	+5+7 +14+16 +6+7 -1-2 +18+25 1800-2600
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період	70-80 300-600 цвітіння- бульбоутворення
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P_2O_5 - K_2O	0,5 0,22 0,9
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 5,0-6,0
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,0-1,2
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	5,0-6,0 50-60
8.	Тип кореневої системи	стрижнева (з насіння) мичкувата (вегет. розм.)

9.	Заглиблення коренів у ґрунт (перший рік), м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	1,0-1,5 до 0,9
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 2,5-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	самозапилення
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	70-150

Ріст картоплі завершується у **фазу в'янення** та відмирання бадилля. Пізні сорти зберігають зелене листя та стебло аж до заморозків. Настання фаз росту залежить від погодних умов, а також тривалості вегетаційного періоду сорту картоплі.

Бulьбоутворення у картоплі має свої особливості. Так, в умовах довгого світлового дня, за тривалої температури повітря вище +29 °С, а також слабкому освітленні і високих дозах азотних мінеральних добрив, бульбоутворення затримується.

89. Стадії розвитку картоплі (розвиток бульб), за шкалою Задокса Zadoks scale

Код		Стадії
Двоцифровий	Трицифровий	
МАКРОСТАДІЯ 0: ПРОРОСТАННЯ		
00	000	Бульба в спокої, не проросла
01	001	Проростки (< 1 мм)
02	002	Проростки загострені, максимально до 2 мм
03	003	Кінець спокою, проростання, проростки 2...3 мм
05	005	Початок коренеутворення
07	007	Початок росту пагону
08	008	Ріст пагонів: утворення нижніх листків
09	009	Сходи: проростки пробиваються через поверхню ґрунту
МАКРОСТАДІЯ 1: РОЗВИТОК ЛИСТКІВ		
10	100	Поява листків
11	101	Формування 1-го листка (>4 см) на головному пагоні
12	102	Формування 2-го листка (>4 см) на головному пагоні
13	103	Формування 3-го листка (>4 см) на головному пагоні
1...	10...	Продовження росту до...
19	109	Сформувався 9-й листок (>4 см) на головному пагоні
	110	Сформувався 10-й листок (>4 см) на головному пагоні
11...		Продовження росту до...
	121	Формування 1-ого листка (> 4 см) апікальні розгалуження 2-го порядку
		Формування 2-ого листка (> 4 см) апікальні розгалуження 2-го порядку

Код		Стадії
Двоцифровий	Трицифровий	
	122 12...	Продовження росту до... Формування 1-ого листка (> 4 см) апікальні розгалуження 3-го порядку Продовження росту до...
	131 13... 1XN	Формування X-го листка (> 4 см) апікальні розгалуження N-го порядку
МАКРОСТАДІЯ 2: УТВОРЕННЯ БІЧНИХ ПАГОНІВ		
21	201	Утворення 1-ого базального бічного пагону (>5 см)
22...	202	Утворення 2-ого базального бічного пагону (>5 см)
2...	22...	Продовження утворення бічних пагонів
29	209	Сформувався 9-й і більше базальних пагонів
МАКРОСТАДІЯ 3: РІСТ ГОЛОВНОГО ПАГОНА В ДОВЖИНУ (ЗМИКАННЯ СТЕБЛОСТОЮ)		
31	301	Початок змикання стеблостою: 10 % рослин сусідніх рядків змикаються
33	303	30 % рослин сусідніх рядків змикаються
39	309	Змикання стеблостою: 90 % рослин сусідніх рядків змикаються
МАКРОСТАДІЯ 4: УТВОРЕННЯ БУЛЬБ		
40	400	Початок утворення бульб: набрякання перших кінчиків столонів удвічі більше попереднього їхнього діаметра
43	403	30 % максимальної видо- або сортоспецифічної маси бульб досягнуті
45	405	50 % максимальної видо- або сортоспецифічної маси бульб досягнуті
47	407	70 % максимальної видо- або сортоспецифічної маси бульб досягнуті
48	408	Маса бульб досягнула максимуму
49	409	Шкірка бульб ще не огрубіла
		Шкірка стирається великим пальцем. Бульби легко відриваються від столонів
		Бульби мають шкірку з механічною щільністю: у 95 % бульб шкірка на верхньому кінці бульби не стирається великим пальцем
МАКРОСТАДІЯ 5: ПОЯВА ЗАКЛАДОК КВІТОК		
51	501	Квіткові бруньки 1-ї закладки квіток (головний пагін) помітні (1...2 мм)
55	505	Квіткові бруньки 1-ї закладки квіток (головний пагін) мають розмір 5 мм
59	509	Перші квіткові пелюстки помітні, ясно відрізняються від чашолистків
		Квіткові бруньки 2-ї закладки квіток (2-го порядку) помітні (1...2 мм)
		Квіткові пагони 2-ї закладки квіток мають розмір 5 мм
		Перші квіткові пелюстки 2-ї закладки квіток помітні
	521	Квіткові бруньки 3-ї закладки квіток (3-го порядку) помітні (1...2 мм)
		Квіткові пагони 3-ї закладки квіток мають розмір 5 мм
	525	Перші квіткові пелюстки 3-ї закладки квіток помітні

Код		Стадії
Двоцифровий	Трицифровий	
	529 531 535 539 5N	Розвиток п-закладки квіток
МАКРОСТАДІЯ 6: ЦВІТІННЯ		
60	600	Перше відкриття квіток
61	601	Початок цвітіння: 10 % квіток 1-го суцвіття (головний пагін) відкриті
		Повне цвітіння: 50 % квіток 1-го суцвіття відкриті
65	605	Кінець цвітіння першого суцвіття
69	609	Початок цвітіння: 10 % квіток 2-го суцвіття (2-го порядку) відкриті
	621	
	625	Повне цвітіння: 50 % квіток 2-го суцвіття відкриті
	629	Кінець цвітіння 2-го суцвіття
	631	Початок цвітіння: 10 % квіток 3-го суцвіття (3-го порядку) відкриті
		Повне цвітіння: 50 % квіток 3-го суцвіття відкриті
	635	Розвиток квіток п-суцвіття
	6N	Кінець цвітіння
	6N9	
МАКРОСТАДІЯ 7: РОЗВИТОК ПЛОДІВ		
70	700	Перші ягоди видно
71	701	10 % ягід 1-го супліддя майже досягли остаточного розміру
75	705	50 % ягід 1-го супліддя майже досягли остаточного розміру або обсіпалися
79	709	90 % ягід 1-го супліддя майже досягли остаточного розміру або обсіпалися
	721	10 % ягід 2-го супліддя (2-го порядку) майже досягли остаточного розміру
		Розвиток п-супліддя
	7N	Майже всі ягоди досягли остаточного розміру або обсіпалися
	7N9	
МАКРОСТАДІЯ 8: ДОЗРІВАННЯ ПЛОДІВ І НАСІННЯ		
81	801	Ягоди 1-го супліддя (головний пагін) ще зелені, насіння світле
		Ягоди 1-го супліддя (головний пагін) забарвлені від сіре до блідо-бурого
85	805	Ягоди 1-го супліддя (головний пагін) в'ялі, насіння прийняли сортотипове темне забарвлення
89	809	Ягоди 2-го супліддя (2-го порядку) ще зелені, насіння світле
		Дозрівання плодів і насіння п-супліддя
	821	
	8N	
МАКРОСТАДІЯ 9: ВІДМИРАННЯ		

Код		Стадії
Двоцифровий	Трицифровий	
91	901	Початок пожовтіння й посвітління листків
93	903	Багато листків пожовтіли
95	905	50 % листів бурого кольору
97	907	Листки й стебла відмерли, стебла вицвілі й сухі
99	909	Збирання (бульби)

Висока температура є причиною не лише припинення утворення бульб, але і прискорення дозрівання вічок на наявних бульбах, які проростають навіть до збирання урожаю або стають нежиттєздатними. Саме ці процеси, поряд з хворобами та низьким рівнем агротехніки, є причиною «**виродження**» картоплі, яке особливо часто проявляється в південних районах України.

Бульбоутворення в картоплі прискорюється в умовах короткого світлового дня, за високої інтенсивності освітлення, при зниженні температури та на помірному фоні мінерального живлення.

У процесі тривалого вирощування одного й того ж самого сорту картоплі може спостерігатися її **виродження** (стійке зниження врожайності).

Причини виродження картоплі наступні:

- 1) накопичення вірусної інфекції в садивному матеріалі (картоплю пошкоджують 12 різних вірусів);
- 2) дія високих температур за нестачі вологи під час формування бульб (період цвітіння).

Методи оздоровлення садивного матеріалу:

- 1) створення в біотехнологічних лабораторіях методом культури тканин (метод меристем) здорового насіннєвого матеріалу;
- 2) вирощування насіннєвої картоплі у високогірних умовах (розріджене повітря зменшує можливість розвитку вірусів);
- 3) літні посадки картоплі (дають змогу зміщувати строки цвітіння культури до більш пізніх, коли температури повітря не такі високі);
- 4) більш ранні строки викопування (не чекаючи відмирання бадилля, що не дає можливості проникнути інфекції з надземної частини рослин в бульби);
- 5) садіння картоплі на торфових ґрунтах (навіть за спекотної погоди торфові ґрунти не прогріваються вище +20 °C);
- 6) видалення вражених вірусами рослин на насінницьких ділянках під час вегетації культури;

7) використання розчину стимуляторів (тіосечовина, гіберелін, роданистий калій, янтарна кислота);

8) недопущення заселення насаджень шкідниками – переносниками інфекції.

Для підтримання врожайних властивостей сорту, необхідно проводити періодичне **сортооновлення** (заміна насіння одного сорту на насіння цього ж сорту, але вищої репродукції – еліту або супереліту).

Періодичність сортооновлення в різних зонах України неоднакова: **Степ** – щорічно; **Лісостеп** – раз у 2-3 роки; **Полісся** – раз у 5-6 років.

Технологія вирощування.

Сучасні сорти. Залежно від напряму використання всі сорти картоплі поділяються на 4 групи: кормові, столові, технічні та універсальні. Найпоширеніші (займають 70 % посівних площ) столові сорти.

Столові – відзначаються високими смаковими якостями, сприятливим співвідношенням білка й крохмалю як 1:12-1:16, підвищеним вмістом вітамінів. Придатні для механізованого очищення. Мають добру лежкість.

Кормові – характеризуються високим виходом кормових одиниць, високою урожайністю та вмістом білка 2 % і більше, крохмалю – 17-18 %. Вони характеризуються високим вмістом сухих речовин.

Технічні – характеризуються підвищеним вмістом крупнозернистого крохмалю (18-25 %) і сухих речовин. Кожний % крохмалистості дає можливість економити 30 кг бульб картоплі. Використовуються для виробництва спирту, крохмалю, чіпсів та ін. Найбільш придатні для виробництва чіпсів сорти з низьким вмістом редукованих цукрів (0,1-0,4 %) – Дзвін, Фантазія, Зарево.

Універсальні – використовуються на різні цілі.

Залежно від тривалості **вегетаційного періоду** сорти діляться на:
1) **ранньостиглі** (70-80 днів) – 7 ФОР 7, Шері, САНІБЕЛЬ, РАНОМІ, Базалія, Кіммерія, Житниця, Паролі, Злагода, Берніна, Медісон, Мадейра, Слаута, Вигода та ін.;

2) **середньоранні** (80-90 днів) – Крістіна, КАТАНІЯ, Арія, Венді, Фактор, Лаперла, Анушка, Актрис, Торнадо та ін.;

3) **середньостиглі** (90-120 днів) – Лабелла, Румба, Леді Анна, Аурея, Альянс, РІКАРДА, ДОНАТА, Містерія, Панянка, Таурас, Лусінда, Сагіта, ЛАУДІН, Родріга, Авангард, Фотинія, Традиція та ін.;

4) **середньопізні** (120-130 днів) – Случ, Челенджер та ін.;

5) **пізньостиглі** (130-150 днів) – Бурана, Древлянка, Віра та ін.

У кожному господарстві рекомендується вирощувати 3-4 сорти: 30-35 % площі відводити під ранні та середньоранні, 40-50 % – під середньостиглі і 15-30 % під середньопізні і пізньостиглі сорти.

Місце культури в сівозміні. Картоплю, як просапну культуру, розміщують у польових, прифермських, кормових та овочевих сівозмінах. Вона може давати добрі врожаї після різних попередників. Кращими попередниками є озимі зернові, зернобобові культури, однорічні і багаторічні трави, кукурудза на силос. У загальному ж, картопля не вибаглива до попередників за умови удобрення органічними добривами, а також добре росте в повторних посівах. Проте, беззмінне вирощування на одному і тому ж полі призводить до сильного розвитку хвороб, шкідників. Навіть на родючих ґрунтах, за систематичного удобрення, урожайність картоплі за повторного вирощування зменшується на 30 % і більше. Повертати картоплю на попереднє місце в сівозміні необхідно через 3-5 років.

Обробіток ґрунту. Для нормального розвитку коренів, столонів, а пізніш і бульб, картопля вимагає достатньої аерації ґрунту. Обробіток ґрунту включає **такі операції**: лушення стерні, оранку та передсадивну підготовку.

Лушення забезпечує рихлення ґрунту, підрізання і подрібнення бур'янів, загортання післяжнивних решток та вирівнювання поверхні поля. Проводять його відразу після збирання зернових культур на глибину 6-8 см, для знищення багаторічних кореневищних і коренепаросткових бур'янів глибину лушення збільшують до 12-15 см.

Після лушення проводиться зяблева оранка. Перед посадкою картоплі проводиться передпосівний обробіток ґрунту, який включає вирівнювання поля, створення оптимальної структури.

Удобрення. Картопля добре реагує на внесення органічних добрив 30-50 т/га, які краще вносити з осені. В умовах нестачі гною ефективним є **сидерація** – люпином, озимим житом, ріпаком, гірчицею, редькою олійною та сумішшю цих культур з горохом. Сидерати висівають наприкінці липня, норма висіву гірчиці, редьки олійної – 20-25 кг/га, заорюють зелену масу в середині жовтня.

Система удобрення картоплі передбачає сумісне внесення органічних і мінеральних добрив. На чорноземних ґрунтах рекомендується вносити $N_{70-90}P_{60-90}K_{80-120}Mg_{30-45}$. На бідних ґрунтах норму збільшують до $N_{90-120}P_{90-120}K_{120-150}Mg_{45-60}$. Фосфорні, калійні і магнієві добрива вносять восени під оранку, азотні – під весняну

культивувацію. Рекомендується вносити під картоплю сульфат амонію, який знижує ураження паршею.

Якщо з осені мінеральні добрива не вносили навесні застосовують складні добрива – нітроамофоска та ін. З метою оптимізації мінерального живлення картоплі застосовують хелатні форми **мікродобрив**, а саме Вуксал, Нановіт, Басфоліар та ін. На разі широкого поширення набуває застосування стимуляторів росту рослин (Гумісол, Вермісол, Емістим С, Потейтін та ін.). Обприскування водними розчинами регуляторів росту рекомендується поєднувати із пестицидами та мікродобривами.

Підготовка бульб до висаджування. Підготовка бульб до садіння включає перебирання і сортування, прогрівання або пророщування та за необхідності обробку захисно-стимулюючими препаратами. Бульби **калібрують на три фракції**: дрібну (25-50 г), середню (50-80 г) і велику (понад 80 г). Висаджують бульби за фракціями, при цьому норма висадки та глибина загортання залежать від розміру бульб. На продовольчі і насінневі цілі слід висаджувати прогріті бульби, які на період висаджування повинні мати пророслі вічка з довжиною паростка 2-3 мм.

Строки садіння. Норма посадки картоплі. Картоплю висаджують за температури ґрунту на глибині 10-12 см до +8-10 °С. Спочатку для одержання ранньої продукції висаджують пророщені бульби ранніх сортів, потім садять картоплю на насінних і товарних площах.

Висаджують картоплю картоплесаджалками широкорядним способом з міжряддям 60-70 см. У районах достатнього зволоження використовують гребеневий спосіб висаджування у попередньо нарізані гребні, а у посушливих – гладкий у борозни. Відстань між бульбами в рядку 20-25 см. Гребенева поверхня навесні краще прогрівається, менше ущільнюється опадами, сприяє поліпшенню газообміну в ґрунті, завдяки чому створюються оптимальні умови для рослин ще на початку вегетації. За цього способу оптимальна висота гребенів 10-12 см, при площі поперечного перерізу 400-450 см³. Основними машинами для посадки картоплі даним способом є чотирирядна саджалка СН-4Б, а також КСМ-4 та КСМ-6.

За гребеневого способу садіння бульби заробляються на глибину 6-8 см від вершини гребеня, а на легких ґрунтах їх висаджують на 2-3 см глибше. За однакових умов дрібні бульби висаджують на 2-3 см мілкіше, порівняно з бульбами масою 50-80 г.

Важливою умовою одержання високих урожаїв є формування

оптимальної густоти насаджень: на продовольчих посівах у зоні Полісся має бути 55-60 тис. кущів на 1 га та 60-70 тис. на насінницьких. У Лісостепу відповідно 50 і 55 тис. кущів на 1 га. Залежно від розміру бульб на 1 га висаджують 2,5-4,5 т. У зв'язку з неповною схожістю та загибеллю частини рослин під час догляду за ними, кількість бульб при висаджуванні збільшують на 10-14 %.

Рекомендується встановлювати густоту садіння залежно від розміру фракції насіння, бульби масою 30-50 г висаджують – 65-70 тис/га, 50-80 г – 55-60 тис/га і 80-100 г – 50 тис/га.

Для зменшення пошкоджень кореневої системи колесами трактора рекомендується така схема садіння: $[(80 \times 60) \times 2] \times 25-40$. По ширших міжряддях (80 см) проходять колеса трактора. Чергуються два рядки на 60 см і два на 80 см при 4-рядковій саджалці і культиваторі. Відстань в рядку між бульбами 25-40 см. На грядках садять саджалкою КСМ-3А, CRAMER DSD-1000, Gruse 4, Grimme Exakta.

Догляд за посівами розпочинають через 5-6 днів після висаджування з боронування, яке через 6-7 днів повторюють. Після появи сходів ґрунт знову розпушують боронами. Коли рослини досягають висоти 5-6 см, проводять рядкове загортання кущів картоплі шаром ґрунту 2-3 см. Цей агротехнічний прийом дає змогу знищити сходи бур'янів у середині рядків, захистити рослини від заморозків та запобігти на деякий час ранньовесняному пошкодженню посівів колорадським жуком.

Подальший догляд за посівами картоплі передбачає міжрядні культивації. Першу культивацію проводять на глибину 12-14 см, за висоти рослин 20-25 см культивують вдруге на глибину 10-12 см. Третю культивацію завглибшки 10-12 см виконують перед змиканням рядків. У районах достатнього зволоження другу і третю міжрядну культивації поєднують з підгортанням кущів картоплі.

Для боротьби з бур'янами в посівах картоплі, крім агротехнічних заходів, використовують гербіциди (Тітус, Пантера, Тарга Супер та ін.). Гербіциди також застосовують після висаджування картоплі до появи сходів (Зенкор, Фронт'єр Оптіма, Стомп та ін.) та під час основного обробітку (Раундап, Ураган).

Захист картоплі від шкідників та хвороб. Хвороби і шкідники картоплі спричиняють значний недобір урожаю, зниження його якості та втрати під час зберігання. При вирощуванні картоплі, особливо великої шкоди завдають фітофтороз і колорадський жук.

На посівах картоплі в боротьбі з колорадським жуком

використовують інсектициди: Актара 25 WQ в. р.; Арріво 25 % к. е.; Волатон 50 % к. е.; децис 2,5 % к. е.; Дурсбан 48 % к. е.; Конфідор Максї в. г.; Моспілан 20 % з. п.; Номолт 15 % к. е.; Полїтрин 20 % к. е.; Фастак 10 % к. е.; Ф'юрі 10% в. е. Останній термін обробки препаратами – за 20 днів до збирання врожаю, крім таких препаратів як Дурсбан 480, Номолт, Сонет (за 30 днів), а Моспілан – за 35 днів.

Максимальна кількість обробок – два рази, а для Конфідору та Моспілану – один раз. Норми витрати робочої рідини 300 л/га.

У середині, а у вологі роки – на початку літа можливе ураження посівів фітофторозом. Найбільш ефективними для боротьби з фітофторозом є препарати системно-контактної дії: Акробат МЦ 69 % з. п. – 2,0 кг/га, Ридоміл голд МЦ 58 % з. п. – 2,5 кг/га, Танос в. р. – 0,6 кг/га, Татту 55 % н.с. – 3 л/га, Чемпіон, 77 % з.п. – 2,5-3,0 кг/га. Першу обробку фунгіцидами системно-контактної дії доцільно проводити у фазі бутонізації-цвітіння, а потім через 10-14 днів. Кількість обробок такими препаратами – не більше трьох.

Наступні обприскування, якщо в цьому є потреба, необхідно проводити препаратами контактної дії: Антракол в. р. – 1,5 кг/га, Купроксат 34,5% к. е. – 3,0-5,0 л/га, Хлорокис міді 90% з. п. – 1,5-3,0 кг/га, Фольпан 50% з. н. – 3,0 кг/га.

При застосуванні контактних препаратів, повторні обробки проводять через кожні 7-8 днів. Період очікування 20 днів до збирання урожаю. Норми витрат робочої рідини 300-400 л/га. У випадках, коли строки обробки проти колорадського жука і фітофторозу збігаються, можна проводити комбіновані обприскування.

Збирання бульб картоплі розпочинають після відмирання бадилля, коли бульби дозріють, тобто шкірка на них перестає лущитися, за допомогою картоплезбиральних комбайнів. Для покращання роботи збиральної техніки, проводиться скошування, або висушування хімічним методом (**десикація** – раундапом, бастою, гліфосатом та ін.) бадилля. Краще збирати картоплю, коли температура ґрунту вища +10 °С, за нижчої температури рани травмованих бульб не заживають.

Викопану картоплю просушують, сортують та закладають на зберігання у кагати та підвальні приміщення. Зібраний урожай слід 2-3 тижні витримати в тимчасових кагатах, накритих соломною, що дає бульбам змогу пройти лікувальний період у сприятливих умовах. Після цього бульби сортують на фракції, видаляють хворі та ушкоджені й закладають на зберігання.

Продовольчу картоплю, в залежності від сорту, зберігають за

температури плюс 3-5°C, насіннєву – +1-3°C. За вищої температури бульби всередині чорніють, в'януть і втрачають товарний вигляд. Чорніють вони також від механічних пошкоджень та під час вирощування картоплі на ґрунтах з високим вмістом нітратного азоту.

7.23. Інтенсивна технологія вирощування топінамбуру

Біологічні особливості. Топінамбур маловибаглива до умов вирощування, досить посухо- і морозостійка культура. Листки витримують зниження температури до мінус 3-4 °C, дорослі рослини - осінні заморозки до -7-8 °C, а бульби за достатньому снігового покриву – до мінус 25-30 °C.

Сходи за температури +8-10°C з'являються тільки через 3-4 тижні.

Непридатні для вирощування топінамбуру кислі ґрунти, солонці та солончаки. Значно зростає урожай за проведення вапнування кислих ґрунтів. На одній рослині формується від 20 до 30 бульб масою 10-50 г кожна, а бувають вагою і до 120 г.

Належить до рослин короткого світлового дня.

Технологія вирощування

Поширеними **сортами** земляної груші в Україні є: Фіолет київський, Львівський, Дієтичний та Родинний.

Попередники. На одному місці за оптимального догляду топінамбур може забезпечити стабільні високі врожаї 10 і більше років. Вирощують його зазвичай на запільних ділянках, розташованих поблизу тваринницьких ферм, підряд 3-4 і більше років. Деякі господарства вводять земляну грушу в прифермські сівозміни. Після вирощування топінамбуру залишається велика кількість бульб, які є джерелом забур'янення.

Обробіток ґрунту та удобрення. Ґрунт під топінамбур (земляну грушу) обробляють так само, як і під картоплю. Без догляду також росте довго, але перетворюється у дикі малопродуктивні зарості. Система обробітку ґрунту включає луцення, зяблеву оранку, весняне закриття вологи, культивацію й боронування.

Додатково навесні, готуючи ґрунт до механізованої посадки, на півдні замість культивації проводять безвідвальну, у більш північних районах країни на важких ущільнених ґрунтах – мілку оранку.

Удобрення. Під основну оранку вносять 20-25 т/га, а на піщаних ґрунтах – 30-40 т/га гною, а також повні мінеральні добрива по 50-90 кг/га азоту, фосфору та калію. На кислих ґрунтах під основну оранку

вносять вапнякові матеріали. Навесні вносять азотні добрива з розрахунку 60-90 кг діючої речовини на гектар.

Тривалий час можна успішно вести поверхневу механічну боротьбу зі сходами бур'янів шляхом боронування. Для утримання ґрунту в пухкому стані допускається також боронування по сходах. Міжрядні розпушування починають, коли чітко позначаються рядки за висоти рослин 10-15 см. Підгортання за висоти пагонів 30-40 см і підкошування верхівок стебел, сприяють розгалуженню, облистяності й більш ніж на 60 % підвищенню урожайності зеленої маси.

Підготовка насіння до сівби. Строки сівби. Норми висіву насіння. Садять бульби земляної груші восени й навесні, але кращі результати дає ранньовесняне садіння. Осіннє садіння забезпечує добрий урожай лише в районах з достатнім сніговим покривом.

Для садіння топінамбуру використовують картоплесаджалки. Спосіб садіння – гребеневий або безгребеневий з шириною міжрядь 60-70 см. Відстань між гніздами в ряді коливається від 35 до 90 см.

Густота насадження в районах достатнього зволоження 60 тис/га бульб, недостатнього – до 35 тис./га.

На легких ґрунтах бульби садять на глибину 8-10 см, а на важких – 5-7 см (при садінні під зиму – на 2-3 см глибше). Восени для захисту від промерзання глибину закладання трохи збільшують.

Для створення оптимальних умов із середньою масою бульб 50-60 г за схеми посадки 70х50 см кількість гнізд на гектарі становитиме 28 570, для чого буде потрібно 14,3-17,0 ц посадкового матеріалу. При густоті посадки 70х35 см і таких же розмірах бульб їхня витрата збільшиться до 20,4-24,5 ц/га.

Догляд за посівами. Догляд за рослинами у перший рік вирощування зводиться переважно до боротьби з бур'янами за допомогою до- та підсясходових боронувань і 2-3 міжрядних розпушувань, які починають при висоті рослин до 15 см і закінчують до зімкнення рослинами міжрядь.

Для одержання високого врожаю бульб у районах достатнього зволоження, земляну грушу підгортають за висоти стебел 25-30 см.

Практично у всіх зонах вирощування топінамбура у нього немає шкідників і хвороб (за винятком невеликих вогнищ склеротинії), що дозволяє обходитись без пестицидів. Бульби топінамбура мають низький коефіцієнт накопичення нітратів та радіонуклідів.

Скошують земляну грушу на зелену масу і силос пізно восени, але до настання осінніх заморозків, використовуючи силосні комбайни. Для кращого зберігання бульб у ґрунті, скошувати зелену масу на силос слід на висоті 25-30 см, тоді краще затримується сніг на площі і бульби не

вимерзають.

Загущені сходи земляної груші проріджують культиваторами або підгортачами за висоти рослин 15-20 см, відновлюючи міжряддя до ширини 45-60 см. Дальший догляд за земляною грушею такий самий, як і в перший рік її вирощування.

При вирощуванні топінамбура в сівозміні, відрослі його рослини, які з'являються після викопування бульб або випасання свиней, знищують, висіваючи на площі ячмінь або овес, із застосуванням гербіцидів (амінної солі 2,4 Д в дозі 1,5-2,5 кг/га за препаратом) або протягом 1-2 років вико-вівсяну кормову суміш та збираючи зелену масу до початку утворення в топінамбура стolonів.

Збирання врожаю. Техніка збирання бульб земляної груші така сама, як і картоплі. Викопані бульби згодують переважно свиням, але добрі результати дає також випасання свиней на полі. Щороку навесні, після випасання на насадженнях земляної груші свиней або викопування бульб із землі, ділянки орють на глибину не менше 22 см і боронують. За рахунок наявної у ґрунті великої кількості дуже дрібних бульб, відбувається природне відновлення плантації земляної груші.

7.24. Інтенсивна технологія вирощування соняшнику

Біологічні особливості. Україна є одним з найпотужніших світових виробників та експортерів соняшnikової олії. Соняшник має специфічні вимоги до умов вирощування (табл. 90). Врахування даних вимог у технології вирощування дасть змогу скоротити розрив між виробничою та потенційною продуктивністю.

Соняшник добре росте на родючих аерованих ґрунтах. Найбільш придатні для соняшнику різні типи чорноземів, каштанові та сірі опідзолені ґрунти, непридатні – піщані, засолені і дуже кислі ґрунти. На важких безструктурних ґрунтах соняшник росте дуже повільно, особливо в перший (ювенільний) період.

У розвитку соняшнику від сівби до повної стиглості розрізняють такі **фази**: сходів, першої пари справжніх листків, утворення кошика, цвітіння, досягання (табл. 91).

90. Біологічні особливості соняшнику

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С	+4+6

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
	- оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період (вище +5 °С), °С	+17+20 +7+8 -8-11 +20+23 1600-2300
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість води в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	65-75 20-30 58-60 450-570 (700) - утворення кошиків-цвітіння
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P₂O₅ - K₂O	6,0-6,5 2,6-2,7 8,6-15,5
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 6,0-7,5
5.	Відношення до світла (довжина дня)	короткого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25 - на чорноземах; 1,2-1,3 на сірих лісових
7.	Індекс листкової поверхні Оптимальна площа листкової поверхні на 1 га, тис. м ²	6,0-7,5 60-75
8.	Тип кореневої системи	стрижневий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	2,0-3,0 0,8-0,9
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	перехресний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	80-140

Тривалість міжфазних періодів у найпоширенішій середньостиглої групи сортів (гібридів) соняшнику становить: від сівби до сходів 14-16 днів, від сходів до початку утворення кошика – 37-43, від початку утворення кошика до цвітіння – 27-30, а від цвітіння до досягання – 44-50 днів.

Технологія вирощування

Сучасні сорти та гібриди. При вирощуванні соняшнику за інтенсивною технологією необхідно використовувати гібриди а не

сортів, хоча олійність більша саме у сортів. Потенціал врожайності гібридів першого покоління складає 5,0-6,0 т/га.

91. Стадії розвитку соняшнику (*Helianthus annuus* L.), за шкалою Задокса Zadoks scale

Код	Стадії
МАКРОСТАДІЯ 0: ПРОРОСТАННЯ	
00	Суха насінина
01	Початок бубнявіння насінини
03	Повне бубнявіння насіння
05	Вихід зародкового корінця з насінини
06	Зародковий корінець подовжений, формування кореневих волосків
07	Гіпокотиль і сім'ядолі пробili насіннєву оболонку
08	Гіпокотиль пробиває поверхню ґрунту
09	Сходи: сім'ядолі пробивають поверхню ґрунту
МАКРОСТАДІЯ 1: ФОРМУВАННЯ ЛИСТКІВ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)¹	
10	Сім'ядолі повністю розпустилися
12	2 справжніх листка (1 пара справжніх листків) розпустилося
14	4 справжніх листка (2 пара справжніх листків) розпустилося
15	5 справжніх листків розпустилося
16	6 справжніх листків розпустилося
17	7 справжніх листків розпустилося
18	8 справжніх листків розпустилося
19	9 справжніх листків розпустилося
МАКРОСТАДІЯ 2-3: РІСТ СТЕБЛА	
30	Початок росту в довжину
31	1-е розтягнуте міжвузля видно
32	2-е розтягнуте міжвузля видно
33	3-е розтягнуте міжвузля видно
3...	Стадії продовжується до...
39	9 і більше розтягнутих міжвузлів видно
МАКРОСТАДІЯ 4-5: РОЗВИТОК КВІТКОВИХ ЗАЧАТКІВ	
51	Бутон суцвіття між молодими листками видно (стадія зірочки)
53	Суцвіття відокремлюється від верхніх листків, приквітники ясно відрізняються від справжніх листків
55	Суцвіття відокремлене від верхнього справжнього листка
57	Суцвіття чітко відокремлене від верхнього справжнього листка
59	Суцвіття ще закрите. Язичкові квіти видно між приквітниками
МАКРОСТАДІЯ 6: ЦВІТІННЯ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
61	Початок цвітіння. Язичкові квіти вертикально на диску, трубчасті квіти помітні в зовнішній третині кошика
63	Трубчасті квіти в зовнішній третині кошика цвітуть, пиляки і приймочки вільні

Код	Стадії
65	Повне цвітіння. Трубочасті квітки в середній третині кошика цвітуть, пиляки і приймочки вільні
67	Цвітіння, що закінчується. Трубочасті квіти у внутрішній третині кошика цвітуть, пиляки і приймочки вільні
69	Кінець цвітіння. Всі трубочасті квіти відцвіли. В зовнішній і середній третині кошика помітні формування плодів. Язичкові квіти висохли або відпали.
МАКРОСТАДІЯ 7: УТВОРЕННЯ ПЛОДІВ	
71	Насіння на краю кошика має сірий колір і видо- або сортотипового розміру
73	Насіння в зовнішній третині кошика має сірий колір і видо- або сортотипового розміру
75	Насіння в середній третині кошика має сірий колір і видо- або сортотипового розміру
79	Насіння в внутрішній частині кошика має сірий колір і видо- або сортотипового розміру
МАКРОСТАДІЯ 8: ДОЗРІВАННЯ ПЛОДІВ І НАСІННЯ	
80	Початок дозрівання. Насіння на краю кошика чорне, насінна шкірка тверда, задня сторона кошика ще зелена
81	Насіння в зовнішній третині кошика чорне і тверде. Задня сторона кошика ще зелена
83	«Лимонна» стиглість: задня сторона кошика жовтувато-зелена. Приквітники ще зелені. Вологість насіння близько 50 %
85	Дозрівання насіння, ще продовжується. Насіння в середній третині кошика чорне. Краї приквітників коричневі. Задня сторона кошика жовта. Вологість насіння близько 40 %
87	Фізіологічна стиглість. Задня сторона кошика жовта, приквітники на $\frac{3}{4}$ листової поверхні коричневі. Вологість насіння близько 15 %
89	Повна стиглість. Насіння у внутрішній третині кошика чорне, приквітники бурі. Задня сторона кошика буро мармурова. Вологість насіння близько 15%
МАКРОСТАДІЯ 9: ВІДМИРАННЯ	
92	Повна стиглість. Вологість насіння близько 10%
97	Рослина суха, відмерла
99	Збирання

¹При чітко вираженому рості в довжину (розтягнуті міжвузля) потрібно переходити до кодів макростадії 3

За тривалістю **вегетаційного періоду** сорти та гібриди соняшнику поділяють на скоростиглі (80-100 днів), ранньостиглі (100-120), середньоранні (110-130), середньостиглі (120-140 днів) і середньопізні (більше 140 днів). За кордоном гібриди соняшнику розділяють на групи стиглості за тривалістю періоду цвітіння – досягання. Сьогодні впроваджені у виробництво гібриди соняшнику, в яких тривалість періоду цвітіння – досягання становить 20-24 дні, що і вплинуло на

розширення ареалу вирощування соняшнику в північних районах нашої держави.

Скоростиглі: МАС 805А, СХ 2321, Політ 2, Регіон, СХ 5220, СХ 2563, М96С33, ЕС ЮРАСИК СУ, СХ 2264, Кімера СТ, Камелот, ЕС ЕЛЕКТРИК КЛП, Латітуда ОР та ін.; **ранньостиглі гібриди:** ІМІТОП, АН20ЛМ03, АН20ЛЕ01, Хелесан СУ, СХ 2314, КАМПБЕЛЛ, ДРАКАРІС КЛП, Аламбра КС, Балун, Марвін, СИ Експерто та ін.; **середньоранні гібриди:** АН20ЛМ02, СУЛКО 777, САКСЕСС, Бар'єр, ЛГ50521 КЛП, ЕС Альфа, ЕС Саксон, ЕС КОЛОРИС КЛ, ЕС АРМОНІКА, ЛС ГЛОБСАН, САБВЕЙ, СУЛФОНОР та ін.; **середньостиглі гібриди:** Тібо, КАЛІКС, Хайсан 228, Тріполі, АПСФ 32, Хайсан 218, НОУМЕА та ін.; **середньопізні гібриди:** НК Камен, НК Армані, Мелдімі, ЛГ 56.69КП та ін.

Місце культури в сівозміні. Соняшник сильно уражується вовчком тому його потрібно вирощувати обов'язково в сівозміні. Насіння вовчка в ґрунті зберігає схожість упродовж 6-8, а за сприятливих умов – 10-13 років. Крім соняшнику, вовчок уражує сафлор, перилу, тютюн, махорку, томати. Через це період повернення соняшнику на попереднє місце 7-8, а то й 8-10 років. Для боротьби з вовчком у полях сівозміни необхідно систематично знищувати бур'яни, і насамперед ті, на яких він може паразитувати (блекота, полин, дикий салат, нетреба).

Кращими **попередниками** для соняшнику є пшениця озима, кукурудза, зернобобові. Недоцільно висівати соняшник після культур з глибокою кореневою системою, які використовують вологу з глибоких шарів ґрунту: багаторічних трав, особливо люцерни, суданської трави, цукрових буряків, гороху, ріпаку, сої, а в Степу – після ячменю та вівса. Після цих культур доцільно висівати соняшник лише через 2-3 роки.

Обробіток ґрунту. Система обробітку ґрунту передбачає лушення стерні та глибоку оранку за традиційної технології. Для вирощування соняшнику можна застосовувати **мінімальну технологію** (Mini-till). Звичайно, кожна з них має недоліки та переваги, тому добирається для умов кожного господарства з урахуванням зони вирощування (ґрунтово-кліматичних умов), а також наявності тієї або іншої лінійки машин. Для соняшнику важливо створити сприятливі умови для розвитку кореневої системи, тому визначення щільності орного та підорного шарів ґрунту є важливою умовою, прийняття рішення: потрібна для даного конкретного поля оранка, або достатньо обійтися мінімальним обробітком.

На полях, засмічених однорічними бур'янами, проводять 2-3 дискових лушення на глибину 6-8, або 8-10 см (Sunflower або Wil-

Rich 7600), а потім оранку (ПЛН-5-35, KUHN MANAGER та ін.). Перше лушення проводять слідом за збиранням попередника, наступні – в міру появи бур'янів. Після озимих і ярих колосових культур на ґрунтах, де не поширена вітрова ерозія, використовують напівпаровий обробіток. При цьому, після лушення на глибину 6-8 см, проводять оранку в ранні строки (липень-серпень) з одночасним загортанням стерні та коткуванням. Бур'яни у міру появи знищують культивацією на глибину 8-10 см з одночасним боронуванням.

За **мінімальної технології** вирощування, восени обмежуються проведенням лушення стерні на глибину 6-8 см і обробітком на глибину 14-16 см. Дисковий культиватор Wil-Rich DC-III дає можливість провести ці заходи одночасно.

Глибина основного обробітку на ґрунтах, які не ущільнюються і не запливають, становить 20-22, на важких ґрунтах – 25-27 см. На ґрунтах з неглибоким гумусним горизонтом ефективно поглиблення орного шару без вивертання нижніх пластів на поверхню.

Після кукурудзи на зерно і силос, поля обробляють у двох напрямках (уздовж і впоперек) дисковими лушильниками, а вслід за цим проводять оранку на глибину 27-30 см. Соняшник добре реагує на глибоку оранку (до 30-32 см) під попередні культури за 3-4 роки до нього.

За засмічення поля багаторічними коренепаростковими бур'янами (осотом, будяком, латуком татарським, берізкою польовою та ін.), після збирання колосових проводять пошаровий обробіток (дискування на 10-12 см + дві-три культивації або плоскорізний обробіток на глибину 8-12 см + глибока оранка на 30-32 см наприкінці вересня – на початку жовтня) або виснажують бур'яни мілкою оранкою на 16-18 см та двома-трьома дискуваннями на 10-12 см, після чого проводять глибоку оранку на 30-32 см.

Для боротьби з багаторічними коренепаростковими бур'янами вносять гербіциди, зокрема групи 2,4-Д вносять після лушення стерні, за масового відростання сходів бур'янів. Оранку після внесення гербіцидів проводять через 10-15 днів, щоб гербіциди проникли у кореневу систему бур'янів.

У районах поширення вітрової ерозії ефективно безполіцеве розпушування ґрунту плоскорізами, із залишенням стерні на поверхні поля. Ця система складається з неглибоких (8-10 або 10-12 см) лушень культиваторами-плоскорізами КПЕ-3,8, КПШ-9, КПП-2,2, безполіцевого розпушування на глибину 22-25 см культиваторами-глибокорозпушувачами КПГ-250 або КПГ-2-150.

Передпосівний обробіток ґрунту полягає у ранньому закритті вологи й проведенні 1-2 культивацій. Під передпосівну культивацію вносять ґрунтові гербіциди Харнес (2–3 л/га), Дуал голд (1,3 л/га), Фронт'єр Оптіма (0,8-1,4 л/га), Гезагард (2 л/га), Трефлан (1,2-1,5 кг/га). Передпосівну культивацію проводять на глибину загортання насіння.

З огляду на зростаючу посушливість клімату і економічну доцільність, передпосівний обробіток ґрунту має бути мінімальним. За високоякісної оранки обмежуються лише однією передпосівною культивацією (без ранньовесняного боронування), з внесенням гербіцидів ґрунтової дії, наприклад, екстрем у дозі 2-3 л/га, що дасть змогу максимально знищити бур'яни, зменшити кількість або повністю виключити розпушення ґрунту.

Удобрення. Мінеральні добрива суттєво впливають на якість насіння та жирнокислотний склад олії високоолеїнових гібридів. Азотні добрива сприяють зростанню урожайності, однак їх надлишок обумовлює зниження вмісту олії, і збільшує до 10 % вміст лінолевої кислоти, що є небажаним для вирощування високоолеїнових фом. Фосфорні та калійні добрива збільшують вміст олії в насінні та вміст олеїнової кислоти.

Соняшник добре реагує на внесення під зяблеву оранку повних мінеральних добрив. При цьому доцільніше фосфорні й калійні добрива внести під зяблеву оранку, а азотні – під передпосівну культивацію.

Соняшник має розтягнутий період засвоєння поживних речовин, тому він потребує їх значно більше (особливо калію) ніж зернові культури. Для формування 1 ц насіння соняшник засвоює 6 кг д. р. азоту, 2,5 кг д. р. фосфору і 18 кг д. р. калію.

Органічні добрива краще вносити під попередник у нормі 30-40 т/га. У Степу і Лісостепу України на чорноземних і темно-каштанових ґрунтах найвищі врожаї одержують за внесення азотно-фосфорних добрив. За низької забезпеченості ґрунту поживними речовинами (менше 5 мг на 100 г ґрунту) вносять азоту 60 і фосфору 90 кг/га, за середньої забезпеченості (5-10 мг на 100 г ґрунту) вносять $N_{45-60}P_{90}$ і високій (більше 10 мг на 100 г ґрунту) – $N_{20-30}P_{30}$. Норми добрив мають корегуватися на кожному конкретному полі.

Соняшник дуже чутливий до нестачі **бору**, особливо за дефіциту вологи і на карбонатних ґрунтах. Для забезпечення рослин бором та іншими мікроелементами рекомендується застосовувати мікродобрива з підвищеним вмістом бору: Нановіт Моно Бор, Розабор та інші.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Готують

насіння до сівби відразу після збирання насінневих посівів. Його очищують, сушать, сортують і лише після цього зсипають на зберігання. Для сівби використовують насіння масою 1000 насінин для сортів 80-90 г, а для гібридів – не менше 50 г, чистотою – 98,0-99,9 %, панцирністю – 96,0-99,0 %, схожістю – 87,0-92,0 %.

Насіння соняшнику може пошкоджуватися широким спектром ґрунтових шкідників (дротяники, личинки хрущів, несправжні дротяники). Проти них насіння обробляють Круїзером (0,6 л/т), Космос (4 л/т), але потрібно враховувати і те, що сходи пошкоджуються буряковим довгоносом, чорнишами, мідляками, а тому витрати препаратів можуть збільшувати.

Проти комплексу хвороб (пліснявіння насіння, фузаріозна коренева гниль, біла гниль, переноспороз) насіння слід обробити препаратом Максим XL (6 л/т). Якщо фон збудника переноспорозу дуже високий, слід застосувати суміш Апруну (1 л/т) та Максима XL (3 л/т).

Сіють соняшник пунктирним способом з шириною міжрядь 70 см, сівалками точного висіву на глибину 6-8 см для сортів і на глибину 4-6 см для гібридів. Оптимальний **строк сівби**, коли ґрунт прогріється на глибині 4-6 см до +10-12 °С. Кожне окреме поле соняшнику потрібно засівати за 1-2 дні, в господарстві сівбу закінчувати впродовж 4-6 днів..

Певний господарський інтерес викликає використання **осіннього (підзимового) строку сівби** соняшнику, за якого створюються сприятливі умови для надранняного отримання повноцінних сходів, крім того, знижується напруга весняно-польових робіт.

Підзимові посіви соняшнику базуються на біологічних особливостях культури. Щороку можна спостерігати падалицю соняшнику, яка чудово зимує в ґрунті, навесні інтенсивно проростає та дає врожай раніше, ніж за весняної сівби. Соняшник має коротку стадію яровизації та проходить її за широкої амплітуди температур. Порівняно з традиційним весняним висівом, рослини на підзимових посівах ростуть і розвиваються значно інтенсивніше, цвітіння настає раніше, дозрівання соняшнику прискорюється.

Для посіву під зиму слід використовувати насіння ранніх сортів, що було зібране за три-п'ять днів до сівби (кінець жовтня – початок листопада), з вологістю 12-15 % та має підвищену лушпинність, що також попереджує його проростання восени. Після збирання насіння необхідно відразу очищати, калібрувати та протруювати.

Таке насіння знаходиться у стані біологічного спокою і не проростає восени навіть за температури +5 °С. У разі висіву вологішого насіння

або за затяжної теплої осені воно нерівномірно проростає, уражується хворобами і, в результаті, навесні сходи зріджуються на 30-35 %.

Необхідно також відмітити, що **такі посіви** мають низку значних **недоліків**, а саме:

1) необхідність проведення посіву за декілька днів до стійкого замерзання ґрунту (за температури ґрунту нижче +2 °С (у листопаді), щоб унеможливити проростання насіння, що дуже рідко вдається зробити через неможливість вірно встановити час настання стійкого похолодання;

2) осінні сходи соняшнику гинуть від заморозків або сильно пошкоджуються ними;

3) рано отримані сходи навесні також гинуть від заморозків або пошкоджуються ними, рослини дуже хворіють, гілкуються і в результаті дають знижену урожайність;

4) підвищене ущільнення ґрунту навесні сповільнює з'явлення сходів, а в подальшому обумовлює повільний ріст рослин;

5) необхідність збільшення норми висіву насіння (у 1,5-3 рази), що значно ускладнює формування нормальної густоти рослин навесні;

6) додаткові ускладнення за проведення польових робіт, коли підзимовий посів співпадає з незавершеними роботами із збирання урожаю;

7) складнощі з якісною передпосівною підготовкою ґрунту за посушливої осені;

8) обов'язковість перевірки насіння на зараженість хворобами, оскільки уражене насіння призводить до значного випадання рослин і ураження нового урожаю.

Проте, попри все, у виробництві такі посіви практикують. Але без належної наукової підтримки вони неефективні. Їх часто сприймають як екзотику та дивацтва певних людей, а не як альтернативу або доповнення звичайним технологіям.

Згідно даних С. І. Мельника, Ю. І. Буряка, Ю. Є. Огурцова (2010) промислові площі підзимового соняшнику в Україні незначні (в 2006 р. – 5,5 тис. га). Підзимова сівба за рахунок використання зимових запасів ґрунтової вологи дає можливість одержати надранні сходи та прискорити настання збиральної стиглості на 9-28 днів залежно від строку весняної сівби та гібрида, збільшити урожайність на 0,2-0,5 т/га, підвищити олійність сім'янок.

Норма висіву залежить від рекомендованої густоти стояння рослин. При визначенні норми висіву слід враховувати те, що більшість

сучасних високопродуктивних гібридів соняшнику добре переносять загущення посівів, оскільки рослини відносно низькорослі і оптимальний урожай насіння забезпечують за такої густоти стояння у період вегетації:

Зона вирощування	Кількість рослин, тис. шт./га
Полісся	60-65
Зволожений Лісостеп	55-65 (для сортів 45-50)
Центральний Лісостеп і Північний Степ	50-55 (для сортів 40-45)
Напівпосушливий Степ	40-45
Посушливий Степ	35-40

Норма висіву збільшується за застосування гербіцидів на 15-20 %, без гербіцидів – на 25-30 % (страхова надбавка). Ранньостиглі та низькорослі сорти й гібриди не знижують урожайність за загущення до 80 тис./га. За таких норм на 1 м рядка висівають від 3,2 до 6,8 насінин. Вагова норма висіву насіння соняшнику становить – 3,5-8 кг/га.

Догляд за посівами. Після сівби поле обов'язково коткують кільчасто-шпоровими котками.

На посівах, де спрацювали гербіцидним захистом, можна відмовитися від до- і післясходових боронувань та міжрядних обробітків. Якщо ж після сівби випадають рясні дощі, які сприятимуть утворенню ґрунтової кірки, масовому проростанню бур'янів або сходи будуть загущені, то догляд за посівами має включити до- і післясходові боронування середніми або легкими боролами впоперек напрямку сівби, а також проводиться культивація міжрядь у фазі 5-7 листків на глибину 7-8 см, при висоті рослин 30-40 см не глибше – 5-6 см. При необхідності у боротьбі з бур'янами в захисній зоні рядка застосовують підгортачі.

На нових гібридах соняшнику, стійких до Експресу або Євролайтнингу, однорічні та багаторічні дводольні бур'яни можна контролювати по сходах культури. Для боротьби із злаковими бур'янами застосовують грамініциди в рекомендованих нормах (Зелек Супер, Фуроре Супер, Селект та ін.).

Урожай соняшнику підвищується за розміщення на його посівах пасік. Крім того, запилення рослин бджолами зменшує самозапилення квіток у кошиках, пустозерність тощо. Пасіку вивозять на посіви з розрахунку 1-2 бджолосім'ї на гектар.

Збирання врожаю. У посівах соняшнику рослини досягають

нерівномірно. Через 20-25 днів після цвітіння вміст олії в насінні досягає максимуму, але накопичення її закінчується на 35-40 день після цвітіння (фаза фізіологічної стиглості). Далі відбувається фізичне випаровування води із сім'янок і настає фаза повної стиглості. Для прискорення досягання насіння і зменшення шкодочинності білої і сірої гнилей, посіви через 40-45 днів після цвітіння обробляють **десикантами**: Реглон (2-3 л/га), Гліфоган (3 л/га), Раундап (3 л/га). Вологість насіння після десикації зменшується до 12-16 %. Десикація дає змогу прискорити збирання на 7-8 днів. Через 10 днів після десикації на насінні вже немає залишків хлорату магнію і воно придатне для переробки.

Збирають соняшник у фазі господарської стиглості, коли рослин з жовтими і жовто-бурими кошиками в посівах 12-16 %, а з бурими й сухими – 85-88 %. У Степу розпочинають збирати соняшник за вологості насіння 12-14 %, у Лісостепу – 16-18 %, а у вологу осінь – 20-22 %.

Гібриди досягають дружно, особливо після обробки рослин десикантами. За 2-3 дні до початку збиральних робіт поле обкошують і розбивають на загінки, прокладають транспортні й розвантажувальні магістралі.

Збирають соняшник зернозбиральними комбайнами «Джон-Дір», «Лан», «Славутич» та іншими. Такі комбайни збирають насіння, кошики, зрізують та подрібнюють стебла, розкидають їх на полі. Ворох відразу очищають на зерноочисних агрегатах ЗАВ-20, ЗАВ-40. Насіння соняшнику підсушують до 12, а те, що зберігатимуть – до 7-8 %.

7.25. Інтенсивна технологія вирощування ріпаку озимого

Інтенсивна технологія вирощування передбачає своєчасне виконання основних технологічних прийомів в оптимальні строки з врахуванням **біологічних вимог культури** (табл. 92).

92. Біологічні особливості ріпаку озимого

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1	2	3
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С	+1+3 +17+20 +5+6 -6-10

	- оптимальна температура росту і розвитку, °C - температура відновлення вегетації, °C - сума активних температур за вегетаційний період (> +5 °C), °C	+18+25 +3+5 1900-2100
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - кількість вологи в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм	65-75 20-30
2.	- потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	50-60 750 бутонізація- цвітіння
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	5,4-7,0 2,2-4,0 5,0-8,0
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 5,8-6,5
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25 - на чорноземах; 1,2-1,3 на сірих лісових
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	6,0-7,0 60-70
8.	Тип кореневої системи	стрижневий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	1,5-3,0 до 0,8
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	перехресний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	220-280 (310)

Для вирощування ріпаку важливе значення має вирощування високопродуктивних низькоерукових і низькоглюкозинолатних сортів.

Озимий ріпак покращує фітосанітарний стан і рано звільняє поле, тому є добрим попередником для озимих і ярих зернових культур. Кореневі рештки ріпаку після мінералізації залишають у ґрунті на 1 га 60-65 кг азоту, 32-36 кг фосфорної кислоти і 55-60 кг калію. Проте слід ураховувати, що він може засмічувати поля падалицею.

В озимого ріпаку виділяють такі фази розвитку: бубнявіння насіння й формування сім'ядольних листків; утворення справжніх листків, розетки, стебла; бутонізація, цвітіння рослин і утворення стручків; фази

стиглості насіння (зелена, технічна й повна) (табл. 93).

93. Стадії розвитку ріпаку за класифікацією ВВСН Задокса Zadoks scale

Код	Стадії
МАКРОСТАДІЯ 0: ПРОРОСТАННЯ	
00	Суха насінина
01	Початок набрякання насінини
03	Кінець набрякання насінини
05	Вихід зародкового корінця з насінини
07	Гіпокотиль і сім'ядолі пробили насінневу оболонку
08	Гіпокотиль і сім'ядолі ростуть на поверхні ґрунту
09	Сходи: сім'ядолі з'являються над поверхнею ґрунту
МАКРОСТАДІЯ 1: РОЗВИТОК ЛИСТКІВ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
10	Сім'ядолі повністю розпустилися
11	Перший справжній листок розпустився
12	Другий справжній листок розпустився
13	Третій справжній листок розпустився
1...	Стадії продовжуються до розпускання
19	Дев'ять і більше справжніх листків (міжвузля ще не розтягнуті)
МАКРОСТАДІЯ 2: РОЗВИТОК ПОБІЧНИХ ПАГОНІВ	
20	Бічні пагони відсутні
21	Початок розвитку бічних пагонів, видно перший побічний пагін
22	Другий бічний пагін видно
23	Третій бічний пагін видно
2...	Стадії продовжуються до бічних пагонів
29	Дев'ять чи більше пагонів видно
МАКРОСТАДІЯ 3: РІСТ В ДОВЖИНУ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
30	Початок росту в довжину
31	Видно перше розтягнуте міжвузля
32	Видно друге розтягнуте міжвузля
33	Видно третє розтягнуте міжвузля
3...	Стадії продовжуються до ...
39	Видно дев'ять і більше розтягнутих міжвузль
МАКРОСТАДІЯ 4-5: РОЗВИТОК ЗАКЛАДАННЯ КВІТОК (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
50	З'являється первинний квітконос, який ще щільно закритий верхніми листками
51	Первинний квітконос видно серед верхніх листків зверху
52	Квітконос головного пагона вільний, в рівному положенні з верхніми листками

Код	Стадії
53	Квітконос над верхніми листками
55	Квітки первинного квітконоса видно (закриті)
57	Квітки вторинних квітконосів видно (закриті)
59	Перші пелюстки видно, квітки ще закриті
МАКРОСТАДІЯ 6: ЦВІТІННЯ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)	
60	Перші відкриті квітки
61	Десять відсотків відкритих квіток на головному пагоні, квітконос подовжений
62	Двадцять відсотків квіток на головному пагоні
63	Тридцять відсотків квіток на головному пагоні
64	Сорок відсотків квіток на головному пагоні
65	Повне цвітіння – п’ятдесят відсотків відкритих квіток на головному пагоні, перші пелюстки відпадають
67	Цвітіння закінчується – більшість пелюсток відпало
69	Кінець цвітіння
МАКРОСТАДІЯ 7: РОЗВИТОК ПЛОДІВ	
71	Десять відсотків стручків досягли видо- або сортотипового розміру
72	Двадцять відсотків стручків досягли видо- або сортотипового розміру
73	Тридцять відсотків стручків досягли видо- або сортотипового розміру
74	Сорок відсотків стручків досягли видо- або сортотипового розміру
75	П’ятдесят відсотків стручків досягли видо- або сортотипового розміру
76	Шістдесят відсотків стручків досягли видо- або сортотипового розміру
77	Сімдесят відсотків стручків досягли видо- або сортотипового розміру
78	Вісімдесят відсотків стручків досягли видо- або сортотипового розміру
79	Майже всі стручки досягли видо- або сортотиповості
МАКРОСТАДІЯ 8: ДОСТИГАННЯ	
80	Початок дозрівання – насіння зелене
81	Десять відсотків стручків дозріли – насіння тверде і чорне
82	Двадцять відсотків стручків дозріли – насіння тверде і чорне
83	Тридцять відсотків стручків дозріли – насіння тверде і чорне
84	Сорок відсотків стручків дозріли – насіння тверде і чорне
85	П’ятдесят відсотків стручків дозріли – насіння тверде і чорне
86	Шістдесят відсотків стручків дозріли – насіння тверде і чорне
87	Сімдесят відсотків стручків дозріли – насіння тверде і чорне
88	Вісімдесят відсотків стручків дозріли – насіння тверде і чорне
89	Повна стиглість. Майже все насіння на рослині тверде і чорне
МАКРОСТАДІЯ 9: ВІДМИРАННЯ	
97	Рослина відмерла
99	Збирання врожаю

Перші три фази рослина проходить до перезимівлі, а останні – після перезимівлі, у весняно-літній період. Структура врожайності ріпаку повинна бути такою таблиця 94.

94. Структура врожайності ріпаку (В. В. Сахненко, 2007)

Показники	Ріпак	
	ярий	озимий
Кількість рослин на 1 м ² , шт.	80	50
Кількість бічних пагонів на 1 рослині, шт.	3-4	6-7
Кількість стручків на 1 рослині, шт.	60-65	120
Кількість насінин у 1 стручку, шт.	16	18
Кількість насінин на 1 м ² , шт.	8000	10800
Маса 1000 насінин, г	4,5	5,0
Урожайність, т/га	3,6	5,4

За зимостійкістю ріпак поступається озимій пшениці, а тому посіви його розміщують у районах з м'якими зимами і достатнім сніговим покривом.

Технологія вирощування

Сучасні гібриди ріпаку: Фінікс КЛ, Кларус, Параллак, Далтон, АРАЗЗО, КРІСТІАНО КВС, ДК Плюріел, Плуракс КЛ, Домінік, Міранда, Меморі КС, Блекстоун, Редстоун, Ренді, Берні, Домінатор, ДК Іммершн КЛ, Акапулько, ЕС Ритмо, ДК Плиска, Даріо та ін.

Місце культури в сівозміні. Ріпак добре реагує на вирощування в сівозміні. Не бажано вирощувати ріпак на площах, де вирощувався цукровий буряк, так як виникає небезпека поширення нематоди, оскільки вона є шкідником і для ріпаку. Вирощування ж ріпаку і зернових культур в одній сівозміні поліпшує фітосанітарний стан ґрунту, зводить до мінімуму ураження зернових кореневими гнилями. Період повернення ріпаку на попереднє місце 4-5 років.

Попередники ріпаку повинні рано звільняти площі, сприяти знищенню бур'янів, створенню доброї структури з достатньою кількістю поживних речовин. **Найкращі попередники** для нього – багаторічні трави на 1 укіс, однорічні трави, зернобобові. У правобережному Лісостепу кращими попередниками для нього є горох та конюшина. У західних областях України з достатньою кількістю опадів і тривалою осінню, високі врожаї його вирощують також після кормових бобів та кукурудзи на силос. **Задовільні передники** – зернові культури, проте овес і яра пшениця – несприятливі попередники для озимого ріпаку.

Обробіток ґрунту. Після стерньових попередників обробіток починається з лущення дисковими знаряддями, під який вносять мінеральні добрива. Потім орють на глибину 20-22 см обов'язково в агрегаті з котками й боролами. Доводять поле до посівної готовності за

допомогою комбінованих агрегатів «Європак», АГ-6, «Компактомат» та ін.. При вирощуванні ріпаку можливе застосування поверхневого обробітку дисковими знаряддями (БДТ-7, БДВ-6,3), із наступним доведенням ґрунту до стану готовності до сівби за допомогою комплексних агрегатів.

Передпосівний обробіток ґрунту краще проводити комбінованими агрегатами типу «Європак», ЛК-4, АРП-3, АКГ-4 «Борекс» та ін., на глибину загортання насіння.

Застосування мілкого обробітку ґрунту або сівби по стерні (нульовий обробіток ґрунту) не забезпечує доброго розвитку рослин та кореневої системи ріпаку. Коренева система формується, переважно, у верхніх шарах ґрунту, швидше реагує на дефіцит вологи, оскільки не засвоює води з глибоких шарів ґрунту, знижується рівень засвоєння елементів живлення.

На неущільнених ґрунтах, в умовах посухи, можна обмежитись неглибоким розпушенням ґрунту (на 10-15 см), або використати пряму сівбу. Проте, для таких технологій необхідно підбирати гібриди, які придатні для вирощування за No-till.

Удобрення. Ріпак потребує більшої кількості добрив, ніж зернові. Близько 20-25 % від потреби в елементах живлення, він використовує з ґрунтових запасів, а решту необхідно вносити у вигляді органічних (30-40 т/га) та мінеральних добрив (45-60 кг/га діючої речовини), особливо коли планується врожайність у межах 4,0-6,0 т/га.

На ґрунтах середнього рівня родючості необхідно вносити $N_{120}P_{60}K_{60}$. Фосфор, калій та N_{60} вносять під основний обробіток ґрунту, а решту азоту N_{60} вносять у підживлення на початку відновлення вегетації.

При вирощуванні ріпаку досить важливе значення має забезпечення рослин **магнієм** та **сіркою**. На формування 1,0 т/га насіння, ріпак споживає 8-15 кг магнію та 15-30 кг сірки. Для забезпечення рослин ріпаку магнієм та сіркою рекомендується під оранку вносити Калімагнезію, Калімаг, Кізерит, Епсоміт. Навесні найкраще вносити сірку у вигляді сульфату амонію. Поряд з цим, слід враховувати те, що внесення сірки більше 60 кг/га д. р. може підвищувати вміст глюकोзинолатів.

Ріпак добре реагує на внесення як макроелементів, так і мікроелементів, особливо **бору**, марганцю, молібдену, цинку та ін. Високоєфективним є застосування мікродобрив на хелатній основі: Нановіт, Вуксал, Розасоль, Нутривант та ін. При внесенні мікродобрив

доцільно додавати карбамід (6-12 кг на 100 л води) та сірчанокислій магній (5 кг на 100 л води). Проводять два-три обприскування: на початку вегетації, за висоти рослин 10-15 см та у фазі бутонізації.

Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми). Для насіння ріпаку не потрібен період післязбирального дозрівання. Його можна використовувати для сівби відразу ж після очистки і просушування. Кращі результати за урожайністю насіння отримують за сівби минулорічним насінням. З метою захисту посівів на початкових етапах росту від хвороб і шкідників, насіння обов'язково протруюють: Круїзер, Максим XL, Офтанол Т, Ровраль Фло та ін.

Для озимого ріпаку строк сівби має вирішальне значення для перезимівлі й збереження рослин. Практика підтвердила, що оптимальні строки сівби ріпаку настають за 15-20 днів раніше оптимальних строків сівби пшениці озимої. Встановлено, що ранні посіви в наступному році швидше проходять фази свого розвитку і менше пошкоджуються ріпаковим трачем. Проте, за надто рання сівба, ріпаку сприяє переростанню, що викликає зниження його зимостійкості.

Для нормального розвитку рослинам ріпаку перед входженням у зиму потрібно 60-80 днів осінньої вегетації і набрана сума температур 600-800 °С, що дає змогу загартуватися рослинам, досягти висоти 10-15 см, утворити розетку 6-10 листків, сформувати точку росту над поверхнею ґрунту на висоті 1 см та діаметр кореневої шийки 0,6-1,0 см.

Оптимальні строки сівби озимого ріпаку з 15 по 30 серпня, допустимі – з 10 серпня по 10 вересня. При цьому, слід зазначити, що для гібридів, які мають швидший початковий ріст порівняно із сортами, допустимий строк сівби є до 15 вересня.

Зимостійкість у озимого ріпаку залежить від величини кореневої шийки, оптимальною є 10-15 мм. Коли точка росту у озимого ріпаку до 35 мм, вона легко вимерзає. Ступінь вимерзання озимих ріпаків має циклічний характер, вимерзання спостерігається через кожні 3-4 роки, але при цьому є шанс зберегти озимий ріпак за рахунок бокових пагонів. Це досягається за рахунок припинення загнивання центрального пагона шляхом внесення фунгіцидів та мікроелементів. Зокрема представники фірми Лемке «Німеччина», вносять в таких ситуаціях дерозал + мікроелементи, зокрема борні + Карамбула РР, які впливають на ростові процеси і стійкість до стресових умов. Зокрема переростання ріпаку озимого (35 мм величина кореневої шийки) спостерігається за строків сівби 8-10 серпня.

Ріпак сіють звичайним рядковим способом за допомогою зерно-

трав'яних сівалок (СЗТ-3,6А), лляних (СЗЛ-3,6), бурякових (ССТ-12Б). Добре зарекомендували себе сівалки «Містраль 6000», СПУ-6Д, «Акорд», «Амазоне» та ін. Залежно від типу сівалки відстань між рядками становить 7,5 см; 12 см; 15 см. Широкорядний спосіб сівби (45 см) застосовують для насінницьких посівів, використовуючи спеціалізовану пневматичну сівалку СПР-6 або овочеву СО-4,2.

Оптимальна густота рослин в осінній період повинна становити 40-80 шт./м² (40-60 шт./м² для гібридів та 60-80 шт./м² для сортів). Для формування такої густоти рослин **норма висіву** для гібридів повинна становити в межах 0,5-1,0 млн. шт./га, або 3-6 кг/га, для сортів 4-6 кг/га.

Треба мати на увазі, що головною умовою вирощування ріпаку є одержання своєчасних і дружних сходів, а це можливо лише за загортанні насіння у вологий ґрунт на глибину 1,5-3,0 см.

Догляд за посівами. Одразу ж після сівби посіви коткують кільчасто-шпоровими котками ЗККШ-6. Після появи сходів у фазі розетки посіви боронують. На широкорядних посівах в осінній та весняний періоди ґрунт розпушують культиваторами.

Ріпак має низьку конкурентоспроможність в боротьбі з бур'янами на початкових етапах росту і розвитку. Забур'янення посівів на початку вегетації знижує урожайність насіння на 25-30 %. Тому для передпосівного внесення використовують гербіциди Бутізан, 40 % к.е. (1,75-2,5 л/га), Трефлан, 24 % к.е. (2,4 л/га). Проти падалиці зернових культур, багаторічних та однорічних злакових бур'янів застосовують: Арамо 50, к.е. (1,0-2,0 л/га), Зелек Супер, к.е. (0,4-1,0 л/га), Селект 120, к.е. (0,4-1,8 л/га), Центуріон, к.е. (0,4-0,8 л/га) та інші грамініциди.

Навесні для боротьби із ромашкою, підмаренником, осотом, волошкою застосовують Лонтрел Гранд, 75 % в. р. (0,12-0,20 л/га) та Галера, в. р. (0,3-0,35 л/га).

На посівах ріпаку сильної шкоди завдають **шкідники**: ріпаківий квіткоїд, прихованохоботники, хрестоцвіті блішки, пильщик, попелиця, трач та ін.. За перевищення порогу шкодочинності вносять інсектициди: Біскайя (0,25-0,40 л/га), Фастак, 10 % к.е. (0,1-0,15 л/га), Золон, 35 % к.е. (1,5-2,0 л/га), Штефесін, 2,5 % к.е. (0,3 л/га) та ін..

Серед хвороб ріпаку найбільш небезпечними є склеротиніоз та фомоз. Для осіннього внесення фунгіцидів використовують препарати Фолікур (0,5-1,0 л/га), Карамба (0,75-1,25 л/га) та ін. Поряд з цим, внесення фунгіциду Карамба восени (у фазі 4-6 листків культури) забезпечує обмеження росту ріпаку, сприяє розвитку кореневої системи, покращує гілкування, суттєво підвищує зимостійкість рослин, захищає

посіви від ураження хворобами. Також рекомендується вносити Карамбу навесні (у фазі перших бутонів) для захисту від фомозу, пероноспорозу, сірої гнилі, циліндроспоріозу та ін. Крім цього, він діє як регулятор росту, за рахунок чого відпадає необхідність вносити регулятори росту (ретардантів) для захисту посівів від вилягання.

Ріпак досягає нерівномірно, стручки розтріскуються, що призводить до значних втрат врожаю. Тому для зменшення втрат насіння посіви обприскують склеювачами (еластиками): Нью Фіlm 17 (0,7 л/га), Еластiк (1,0-1,3 л/га), Спондам, (0,6-1,0 л/га) та ін.. Розчин даних препаратів на стручках, створює полімерну мембрану, яка регулює водний баланс і запобігає розтріскуванню та висипанню. Склеювачі застосовують за 2-3 тижні до збирання врожаю, за пожовтіння 70-75 % стручків, але до утворення пергаментної структури.

Збирання врожаю. Збирання врожаю проводять як прямим комбайнуванням, так і двофазним способом.

Пряме комбайнування застосовується на полях чистих від бур'янів, за рівномірного достигання рослин, або коли вже пройшли строки роздільного збирання. **Скошування рослин** у валки починають у фазі жовто-зеленої стиглості, коли нижні листки опадають, 50 % стручків стали лимонно-жовтого кольору, насіння має світло-вишневий колір, а вологість насіння становить близько 30 %.

Скошують ріпак широкозахватними жатками ЖВН-6, ЖРБ-4,2, ЖБА-3,5. Через 3-6 днів після скошування, коли вологість насіння становитиме 10-12 %, валки обмолочують комбайнами Джон Дір, КЛААС, Лан, Славутич. Для зменшення втрат насіння обмолот доцільно проводити вранці, увечері та вночі.

Пряме комбайнування розпочинають за настання технологічної стиглості та вологість насіння 11-15 %. Перестиглі насінини (вологістю 9 % і нижче) сильно обсіпаються від контакту мотовила. Для запобігання втратам насіння комбайн обладнують подовженим ріжучим апаратом («ріпаковий стіл»).

Ранні строки збирання, за даними Німецьких фермерів, сприяють зниженню врожайності на 940 кг/га (за рахунок недозрілих стручків), а оптимальні всього на 270 кг/га.

За зелених стручків вологість насіння підвищується на 5 %, порівняно із іншими періодами стиглості. Крім того **вологість насіння** істотно змінюється в залежності від **ярусу листків**: верхні стручки мають 6 %; середні стручки 9 %; нижні стручки 14 %.

Валки обмолочують із частотою обертання барабану 600 об./хв., а за

прямого комбайнування число – 800 об./хв. Ворох насіння ріпаку, що надходить від комбайна, містить істотну кількість насіння бур'янів, рослинних решток, високу вологість і потребує термінової очистки, для запобігання самозігріванню. Слід пам'ятати, що навіть короточасне зігрівання вороху призводить до різкого зниження посівних і товарних якостей насіння.

Для прискорення і одночасного дозрівання посівів проводять **десикацію** за 7-14 днів до збирання Реглоном (2-3 л/га), а за 12-14 днів – використовують Басту (1,5 л/га). На запирієних площах доцільно використати за побуріння 70 % стручків у ріпаку, або за 2 тижні до збирання, гербіциди Раундап (3,0 л/га), Домінатор (3 л/га), Гліфоган (3,0 л/га). Вони знищують бур'яни і підсушують рослини.

7.26. Інтенсивна технологія вирощування ріпаку ярого

Біологічні особливості. Ярий ріпак (кольза) менш вибагливий до умов вирощування ніж ріпак озимий (табл. 95).

Не дуже вибагливий ріпак ярий до **ґрунтів**, для не нього придатні лише легкі піщані та солонцюваті ґрунти. Високий та сталий врожай ріпаку одержують, за розміщення його на ґрунтах з такою агрохімічною характеристикою:

вміст гумусу, %	– не менше 1,1
кислотність ґрунту, рН	– 5,8-6,5
фосфор, мг на 100 г ґрунту	– 6,0-7,5
магній, мг на 100 г ґрунту	– 5,0-7,0
сірка, мг на 1 кг ґрунту	– 30,0-60,0
марганець, мг на 1 кг ґрунту	– 15,0

95. Біологічні особливості ріпаку ярого

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
1.	Тепло: - мінімальна температура проростання насіння, °С - оптимальна температура проростання насіння, °С - мінімальна температура з'явлення сходів - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С - оптимальна температура росту і розвитку, °С - сума активних температур за вегетаційний період (> +5 °С), °С	+1+3 +17+20 +5+6 -6-10 +18+25 1700-2100
2.	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, %	65-75

№ з/п	Абіотичні фактори і біологічні особливості	Показники
	- кількість вологи в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм - потрібно для набухання і проростання насіння, % - транспіраційний коефіцієнт - критичний період за вологістю	20-30 50-60 500-650 бутонізація-цвітіння
3.	Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	5,4-6,2 2,2-4,0 5,0-8,0
4.	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	pH 5,8-6,5
5.	Відношення до світла (довжина дня)	довгого дня
6.	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,25
7.	Індекс листової поверхні Оптимальна площа листової поверхні на 1 га, тис. м ²	5,0-6,0 50-60
8.	Тип кореневої системи	стрижневий
9.	Заглиблення коренів у ґрунт, м Горизонтальне розростання кореневої системи, м	2,0-3,0 0,8-0,9
10.	Використання ФАР, %	1,0-1,5 (задовільне) 3,0-4,0 (добре)
11.	Спосіб запилення	перехресний
12.	Тривалість вегетаційного періоду, днів	80-110

Технологія вирощування

Сучасні гібриди ріпаку ярого повинні мати низький вміст ерукової кислоти і глюкозинолатів, до них належать: Чеві, Перформер, ЦЕБРА КЛ, ЛАГОНДА, ЛАНЦЯ, Білдер, КЛІК КЛ, Хіола 474 КЛ, Караміно КЛ, Лакріц, Хіола 571 КЛ, Клауд КЛ, Колет КЛ, Золар КЛ, ІНВ110 КЛ, ПС304 2019 та інші.

Місце культури в сівозміні. Ярий ріпак висівають у полі, призначеному під ярі зернові культури. Найкращими попередниками для нього є: картопля, кукурудза, буряки, озима і яра пшениці, ячмінь, зернобобові культури і багаторічних трави. Часто ярим ріпаком підсівають озимий, коли той гине через несприятливі умови перезимівлі.

Обробіток ґрунту. Після стерньових попередників проводять 2-3 луцення дисковими луцильниками на глибину 6-8 і 8-10 см. Під зяб проводять оранку у кінці вересня – на початку жовтня на глибиною 20-22 см, а на важких ґрунтах – 25-27 см.

Весною застосовують систему мінімального обробітку ґрунту. На

вирівняних полях обмежуються однією передпосівною культивуацією на глибину 3-5 см.

Удобрення. Ярий ріпак досить добре реагує на внесення органічних і мінеральних добрив за вирощування як на насіння, так і на зелений корм. Під нього вносять 25-30 т/га органічних добрив, він добре використовує післядію органічних добрив внесених під попередник.

У залежності від попередників, наявності поживних решток, під ярий ріпак вносять $N_{60-120}P_{60-120}K_{80-120}$. У зоні Полісся найвищу врожайність зеленої маси ріпаку забезпечує внесення мінеральних добрив у нормі $N_{150}P_{90}K_{120}$. У прифермських сівозмінах під ярий ріпак застосовують рідкий гній з нормою внесення 50-100 м³/га.

Фосфорні і калійні добрива вносять під оранку, азотні – під передпосівну культивуацію (50-75 % від повної норми), решту – у період 5-6 листків – бутонізація. За внесення фосфору і калію навесні під культивуацію норма не повинна перевищувати 300 кг нітроамофоски.

Ріпак ярий досить вимогливий до забезпечення сіркою та добре реагує на внесення борвмісних мікродобрив. Внесення мікродобрив (Нановіт, Вуксал, Нутрівант) поєднують із внесенням інсектицидів, регуляторів росту тощо.

Підготовка насіння до сівби. Насіння ріпаку очищають, сортують і протрують інсектицидно-фунгіцидними протруйниками. Для підвищення стійкості рослин до хвороб та продуктивності одночасно із протруєнням використовують регулятори росту рослин: Біотрансформатор, (8 гранул/т); Вермістим (3-10 л/т); Емістим С (10 мл/т); Реастим (5-8 л/т); Трептолем (20 мл/т).

96. Залежність урожайності ріпаку ярого від строків сівби

Характеристика посіву (залежно від температури ґрунту)	Строки сівби	Урожайність (% від раннього посіву)	Імовірність одержання високого врожаю, %	Олійність (% олії, у порівнянні з ріннім посівом)
Ранній посів > 5°C	12-14 днів до стандартного	100	70	100 %
Стандартний посів ~10°C	одночасно з посівом ярих зернових	94,5	30	на 0,25 % менше, ніж при ранньому
Пізній посів	10-12 днів після стандартного	88,4	0	на 0,9 % менше, ніж при ранньому

Сіють ріпак ярий звичайним рядковим або вузькорядним способом з нормою висіву 4-6 кг/га. Така норма висіву забезпечує 120-140 схожих насінин на 1 м². За ранніх строків сівби оптимальною густотою є 100 рослин на 1 м², за пізніх – 150 рослин/м² (табл. 96).

Рівномірність посіву залежить від індивідуального регулювання висівних котушок, розміщення сошників, дотримання стикових міжрядь, тиску пружин на сошники та швидкості руху агрегату.

Глибина загортання насіння ріпаку залежить від механічного складу ґрунту, так на легких ґрунтах вона становить 2,5-3,0 см, на важких – 1,5-2,0 см. Сіють ріпак ярий одночасно із ячменем ярим.

Вплив ширини міжрядь на продуктивність ріпаку ярого приведена в таблиці 97.

97. Вплив ширини міжрядь на врожайність ріпаку ярого

Ширина міжрядь	Урожайність	
	т/га	співвідношення, %
см		
12,5	1,89	100
20,8	1,81	96
31,2	1,55	82

Догляд за посівами і збирання ріпаку ярого такі ж самі, як і озимого.

7.27. Інтенсивна технологія вирощування маку олійного

Біологічні особливості. Мак дуже вибагливий до ґрунтово-кліматичних факторів. Рослина не витримує значного затінення, потребує набагато більше вологи, ніж інші зернові культури. Тому висівають його переважно в Поліссі, Лісостепу та в окремих підзонах Степу.

Відношення до світла, мак – рослина довгого світлового дня. Сходи з'являються через 12-15 днів після сівби, цвітіння настає на 50-65-й день. Від запліднення до досягання коробочки минає 30-45 днів. Найкраще росте і розвивається мак за доброго освітлення, тоді на значній кількості рослин утворюється по 5-8 головок (за загущених посівів – 1-2 головки).

Відношення до тепла. Мак олійний – холодостійка рослина, насіння його починає проростати за температури ґрунту 2-3 °С, сходи витримують заморозки мінус 3-4 °С і навіть до -5 °С. Сприятлива температура для росту вегетативної маси +15 °С, у період цвітіння -

достигання насіння +20-25 °С.

Досить вимогливий до **вологи**, особливо в період проростання насіння. Насіння при набуханні й проростанні поглинає води у кількості 100-110 % своєї сухої маси. Найбільша потреба у воді спостерігається в період цвітіння. Після цвітіння сприятлива для формування урожаю маку помірно суха й тепла погода. Негативний вплив під час цвітіння та утворення насіння має підвищена вологість, яка призводить до проростання насіння в коробочках.

Відношення до родючості ґрунту. Важливою біологічною особливістю маку є висока потреба в елементах живлення. За рахунок низької засвоювальної здатності кореневої системи мак вибагливий до родючості ґрунтів. Найбільш придатними ґрунтами для вирощування маку олійного є чорноземи звичайні та каштанові, проте його можна вирощувати і на підзолистих ґрунтах піщаного та супіщаного механічного складу. Непридатними є заболочені, торф'яні ґрунти з близьким заляганням підґрунтових вод, важкі глинисті ґрунти, що запливають, а також солонцюваті.

Запилюється мак здебільшого перехресно комахами, але спостерігаються і випадки самозапилення, коли пилок на приймочках маточки проростає до розкривання пелюсток.

Технологія вирощування

В Україні вирощуються такі **сорти** маку олійного: Розетт, Європейський, Альмадін, Мія, Беркут, Вікторія, Волинський, Герлах, Маліка, Грей, Жар, Камея, Галіна, Колорит, Корал, Коруанд, Кривотульський, Кристал, Марс, Меркурій, Мрія, Нефрит, Поділля, Сатурн.

Попередники. Для умов Полісся та Лісостепу найкращими попередниками є озимі зернові та зернобобові, цукровий буряк, картопля, ріпак, гірчиця. У ґрунтово-кліматичних умовах Степової зони найкращими попередниками є пар, зайнятий пар та озимина, яка йде по чистому пару.

Не рекомендовано розміщувати посіви маку після соняшнику, багаторічних трав, кукурудзи та інших культур, коренева система яких проникає глибоко і за вегетаційний період зневоднює ґрунт. Беззмінні посіви маку недопустимі, висівають мак на попереднє місце не раніше, ніж через 3-4 роки. Сам же мак олійний є добрим попередником для багатьох сільськогосподарських культур.

Обробіток ґрунту. Найважливішим етапом у вирощуванні маку є

основний та передпосівний обробіток ґрунту. Після зернових, зернобобових, ріпаку необхідно провести лушення та боронування, що створює сприятливі умови для проростання насіння бур'янів, прискорює розкладання поживних решток, гальмує розвиток хвороб, знижує втрати вологи з орного шару. Після цього вносять гербіциди та орють на глибину 20-25 см.

Передпосівний обробіток проводять в оптимальні строки, що збігаються з фізичною стиглістю ґрунту, він включає ранньовесняне боронування чи культивацію з наступним вирівнюванням ґрунту. За потреби ущільнення нижніх шарів та створення дрібно грудочкуватої структури ґрунту слід провести передпосівне коткування або обробіток комбінованим агрегатом типу «Європак», «Компактор», АГ-6 та інші.

Після культивації ґрунт прикочують кільчасто-шпоровими котками. Можна замість коткування проводити шлейфування ребристими шлейфами, після цього поле має рівну поверхню і досить ущільнений верхній шар ґрунту.

Удобрення. Мак на формування 1 т насіння і відповідної кількості побічної продукції мак виносить із ґрунту 55 азоту, 22 кг фосфору, 53 кг калію і 56 кг кальцію.

Органічні добрива (20-25 т/га) краще вносити під попередник маку. При удобренні маку необхідно дотримуватися співвідношення N:P:K – 1:1:1. Основну частину добрив – 80-85 % вносять під основний обробіток ґрунту, 15-20 % – перед сівбою. Фосфорні та калійні добрива вносять під основний обробіток ґрунту з розрахунку 45-60 кг/га кожного елемента. Під передпосівну культивацію вносять 60 кг/га азоту, а під час сівби – суперфосфат у рядки (15-20 кг/га). Азотні добрива під час сівби вносити не рекомендується, оскільки можна підпалити кореневу систему. Тому азот вносять у підживлення.

Внесення великих доз азоту в підживлення збільшує вміст морфіну, гілкування рослин, а тим самим збільшує кількість дрібних маківок на рослині. Перегноєні поля маку сильно вилягають, нерівномірно і довго цвітуть та дозрівають.

Для нормального забезпечення маку поживними речовинами в основне удобрення необхідно вносити $N_{40-80}P_{30-80}K_{80-100}$. Мак потребує також мікроелементів, зокрема бору і молібдену. Залежно від вмісту їх у ґрунті в середньому можна внести: бор – 100 г/га, молібден – 30 г/га.

Кислі ґрунти необхідно вапнувати.

Підготовка насіння до сівби. Для сівби використовують кондиційне насіння з високою чистотою та схожістю.

Строки сівби. Норма висіву насіння. Мак необхідно висівати у ранні строки (одночасно із ранніми зерновими культурами за температури ґрунту на глибині 10 см вище +3 °С) тому, що рання сівба дає дружні сходи і рослини менше ушкоджуються шкідниками. Пізні строки сівби олійного маку сприяють випаданню сходів. Оптимальними строками сівби в зоні Степу є третя декада лютого – перша декада березня за умови, що ґрунт вже добре дозрів, Лісостепу – друга-третья декада березня та Поліссі – це третя декада березня.

Останніми роками через теплі зими практикують осінні посіви маку (Чехія), які дають кращі результати. Проте тут існує певна доля ризику, пов'язана з перезимівлею. Пересівання маку, як правило, не вдається, і тому поле засівають пізніми культурами.

Добре підготовлений ґрунт сприяє рівномірному загортанню насіння на однакову глибину, яка для маку олійного становить від 1,5 до 2 см. За загортання насіння глибше 2,5 см, сходи можуть не пробитися на поверхню ґрунту.

Кращий спосіб сівби – широкорядний з міжряддями 45-60 см. За високої культури землеробства можна сіяти його звичайним рядковим способом. Для сівби маку використовують сівалки точного висіву, овочеві сівалки та сівалки типу «Містраль», зернові сівалки, бурякові, овочеві та трав'яні сівалки.

Норма висіву насіння 1,5-2 кг/га, в господарствах часто практикується 3,0-4,0 кг/га, що є нераціональним, кількісна – 6-7 млн. шт./га. За запізнення із сівбою маку олійного норму висіву насіння збільшують на 10-20 %. Для якісного посіву насіння маку змішують з баластом у співвідношенні 1:5. В якості баласту використовують просяне лушпиння, тирсу та інше. Також до насіння маку домішують маячні культури (овес, гречка, ячмінь) у межах 5 кг/га.

Догляд за посівами. Насіння маку практично не сходить, якщо пройшли дощі й утворилась ґрунтова кірка. Для її знищення використовують борони, котки або ротаційні мотики.

Забур'яненість посіву впливає на ріст і розвиток рослин маку. На початкових етапах мак росте повільно, тому потрібно контролювати бур'яни. За появи сходів проводять перше міжрядне розпушування (шаровку) на глибину 2-4 см. У міру потреби проводять ще 3-4 розпушування міжрядь на глибину 6-8 см. Якщо дозволяє густота сходів, посіви боронують впоперек рядків. Найбільш ефективним є

боронування, коли бур'яни перебувають у фазі білої ниточки.

У західних країнах за хімічного захисту посівів маку від бур'янів використовують як досходові, так і післясходові гербіциди. Для захисту посівів від бур'янів можна у фазу 6-8 листків маку, вносити гербіциди Дікуран (2,5-3,0 кг/га), Старане (0,6-0,8 кг/га). За рахунок застосування гербіцидів чисельність бур'янів знижується на 66-89 %, кількість утворених коробочок підвищується удвічі порівняно з забур'яненими посівами, а урожайність маку зростає на 0,22-0,35 т/га.

У фазі 2-3 справжніх листків формують густоту рослин, на 1 м² 60-70 шт., або 25 рослин на 1 погонний метр. Допускається стояння рослин разом по 2-4 штуки з відстанню між ними 15 см. Після формування густоти на 1 м рядка може бути від 7-10 до 20-25 рослин, залежно від ширини міжрядь. На 1 га має бути 350-500 тис. рослин. В подальшому догляд за посівами полягає в проведенні міжрядних обробітків.

Одним із резервів підвищення виробництва маку є захист його посівів від **шкідників**. На посівах маку олійного в Україні зустрічається 62 види комах, з яких значної шкоди завдає 18 видів.

У фазі сходи-розетка найбільшої шкоди завдають дротяники, личинки малого та піщаного мідляків. Надземну частину пошкоджують сірий буряковий та інші довгоносики, личинки червневого хруща. Ґрунтові шкідники можуть знищувати до 9-25 % сходів, у тому числі дротяники 5-7 %. У період стеблування зростає шкодочинність хрущів – 15 % (2 рослини від однієї личинки). Шкодочинність дротяників у цей період зменшується, але вони знаходяться всередині стебел, викликаючи пригнічення маку і сприяють поширенню грибкових і вірусних інфекцій.

Для боротьби зі шкідниками (прихованохоботниками, попелицями) використовують Золон у дозі 1,2-1,8 л/га.

Серед **хвороб** можна виділити **непаразитичні** (знебарвлення коробочок маку дощем, новоутворення у коробочках, проростання всередині коробочок, запал маку, серцевинна гниль маку, градобій), **вірусні** (вірусна жовтуха та мозаїка), **бактеріальні** (бактеріальна плямистість листя маку і бактеріоз стебел) і п'ять **грибкових хвороб**: біла гниль, сіра гниль, чорнота, пероноспороз, гельмінтоспоріоз. Наприклад гельмінтоспоріоз знижує урожай насіння та сировини на 50-70 %, а вміст біологічно активних речовин – на 30-40 %. Вірусні хвороби зустрічаються рідко й суттєвого значення не мають.

Для боротьби з хворобами посіви обробляють Бордоською рідиною (3-5 кг/га).

Для попередження ураження маку хворобами і шкідниками необхідно дотримуватись сівозміни; застосовувати агротехнічні заходи, що забезпечують одночасну появу сходів і добрий розвиток рослин; систематично знищувати бур'яни на полях маку і навколо них; збирати і спалювати рослинні рештки; якісно проводити зяблевий і передпосівний обробіток ґрунту.

Збирання. Ознаками технічної стиглості маку є побуріння листя на стеблах і коробочок. Достигле насіння за струшування коробочок пересипається, створюючи характерний шум. Мак потрібно збирати в суху погоду після того, як спаде роса, зерновими комбайнами, обладнаними пристроями для обмолоту дрібнонасінних культур.

Забур'янені посіви маку перед збиранням урожаю необхідно обробити десикантами Раундап, Реглон та інші препарати.

Мак можна збирати як прямим комбайнуванням, так і двофазним способом. Спосіб збирання маку визначається залежно від забур'яненості та стиглості посівів. Скошують мак на високому зрізі, щоб коробочки маку не лежали на землі і насіння під час обмолоту не забруднювалося.

Одразу після збирання, насіння маку досушують до вологості не більше 10 % та доочищують. Зберігають насіння маку в сховищах з дерев'яною підлогою або в коробках. Очищення, досушування (вологість насіння має бути до 6-10 %), доведення насіння до товарних та посівних кондицій проводиться на машинах типу ОС-4,5, «Петкус-Селектра», «Петкус-Гігант», ОПС-2 та інших.

Питання для самоконтролю:

1. Охарактеризуйте інтенсивні технології вирощування зернових культур.
2. Біологізовані інтенсивні технології, їх значення та використання.
3. Фактори інтенсифікації технологій вирощування зернових культур.
4. Ефект агрофітоценології та його використання.
5. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування пшениці озимої.
6. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування жита озимого.
7. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування ячменю озимого.
8. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування

пшениці ярої.

9. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування ячменю ярого.

10. Вкажіть відмінності елементів інтенсивної, інтегрованої та екстенсивної технології вирощування ячменю ярого?

11. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування кукурудзи на зерно.

12. Охарактеризуйте інтенсивну технологію вирощування моркви.

13. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування проса.

14. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування сорго.

15. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування гречки.

16. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування гороху.

17. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування сої.

18. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування бобів кормових.

19. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування квасолі.

20. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування чини та нуту.

21. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування люпину.

22. Біологічні особливості та інтенсивна (індустріальна) технологія вирощування цукрових буряків.

23. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування картоплі.

24. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування соняшнику.

25. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування ріпаку ярого та озимого.

26. Біологічні особливості та інтенсивна технологія вирощування топінамбуру.

27. Охарактеризуйте інтенсивну технологію вирощування маку.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. До космічних факторів життя рослин належать:

- а) повітря;
- б) світло;
- в) поживні речовини;
- г) волога.

2. Які культури сильно знижують урожай за беззмінних посівів?

- а) кукурудза, гречка, просо;
- б) люпин, горох, пшениця;
- в) соняшник, кукурудза, пшениця, цукрові буряки;
- г) соняшник, льон, цукрові буряки.

3. Який вид обробітку застосовують для підтягування вологи до верхніх шарів ґрунту?

- а) шлейфування;
- б) оранка;
- в) щілювання;
- г) коткування.

4. Назвіть для Лісостепу норми висіву та глибину загортання насіння кукурудзи:

Норми висіву насіння, кг/га

- а) 12-15;
- б) 20-25;
- в) 40-50;
- г) 60-80.

Глибина загортання насіння, см

- а) 2-4;
- б) 4-6;
- в) 7-12;
- г) 12-20 см.

5. Виберіть оптимальну, для більшості сільськогосподарських культур, площу листової поверхні для найкращого поглинання сонячної енергії:

- а) 25-35 тис./га;
- б) 40-60 тис./га;
- в) 80-120 тис./га;
- г) 150-180 тис. /га.

6. Вкажіть, як впливають на ростові процеси рослин ретарданти:

- а) прискорюють;
- б) сприяють повній загибелі рослинного організму;
- в) сповільнюють;
- г) забезпечують каскадність ростових процесів.

7. Вкажіть коли у гречки та деяких бобових культур спостерігається явище «жирування»:

- а) за внесення безпосередню під гречку великої кількості фосфорних добрив;
- б) за внесення безпосередню під гречку органічних добрив;

- в) за використання інтенсивних сортів та гібридів;
- г) за застосування мікродобрих та регуляторів росту рослин.

8. Вкажіть параметри оптимальної вологості орного шару ґрунту для посіву більшості польових культур:

- а) 5-10 мм;
- б) 10-20 мм;
- в) 20-30 мм;
- г) 35-45 мм.

9. Вкажіть яку мінусову температуру може витримувати озимий ріпак без наявності снігового покриву:

- а) -5-10°C;
- б) -10-12°C;
- в) -18-20°C;
- г) -22-28°C.

10. Вкажіть що передбачають енерго- та ресурсо-ощадні технології вирощування кукурудзи:

- а) використання лише органічних добрив;
- б) економію енергоресурсів при використанні нових інтенсивних гібридів;
- в) використанні лише рядкового удобрення;
- г) застосування половинної норми внесення мінеральних добрив.

11. Вкажіть кількісну норму висіву гречки:

- а) 250-500 тис. сх. нас./га;
- б) 2,5-3,5 млн. сх. нас./га;
- в) 500-700 тис. сх. нас./га;
- г) 4,5-5,5 млн. сх. нас./га.

12. Вкажіть основну роль прапорцевого листка у злакових культур:

- а) утримує рослину у вертикальному положенні;
- б) формує 20-25 % врожаю;
- в) основний орган транспірації;
- г) формує 30-50 % врожаю.

13. Тривалість проростання більшості польових культур становить:

- а) 3-4 дні;
- б) 9-25 днів;
- в) 25-35 днів;
- г) 35-50 днів.

14. Виберіть яких сортів не існує:

- а) інтенсивних;
- б) сортів едифікаторів;
- в) напівінтенсивних;
- г) АЕС сортів.

15. Виберіть культуру яка найкраще відгукується на поглиблення орного шару ґрунту:

- а) горох;
- б) кукурудза;
- в) ячмінь;
- г) гречка.

16. Безгербіцидні технології вирощування польових культур передбачають:

- а) збільшення кількості обробок полів альтернативними добривами;
- б) заміну гербіцидів на ретарданти;
- в) проведення до та післясходових боронувань;
- г) використання комбінованих агрегатів.

17. Які види обробітку ґрунту використовують для провокування, проростання насінні бур'янів?

- а) коткування;
- б) дискування;
- в) оранка;
- г) щільювання.

18. До якої біогрупи відносяться рослини з коротким циклом розвитку 1,5 -2 місяці:

- а) малорічні (ефемери);
- б) кореневі;
- в) ранні ярі;
- г) пізні ярі.

19. Із названих біологічних особливостей виберіть ті, що характерні для гороху:

Тривалість вегетаційного періоду:

- а) 50-60 днів;
- б) 75-115 днів;
- в) 120-130 днів;
- г) 135-155 днів.

Температурні умови:

- а) насіння починає проростати при температурі +8+10°C;
- б) сходи добре витримують короточасні заморозки – 5-7°C;
- в) насіння починає проростати при температурі – +1+2°C.
- г) насіння починає проростати при температурі – -1 та 0°C.

20. Вкажіть що таке мікориза для злакових культур:

- а) ураження рослин хворобами, яке веде до повної загибелі перших;
- б) поєднання міцелію грибів з листовою поверхнею рослин;
- в) поєднання міцелію грибів з корінням вищих рослин;
- г) транспортування поживних речовин від листків до коренів.

21. Вкажіть в який термін вноситься основна частина (60-70 %) мінеральних добрив:

- а) при посіві добрив;
- б) позакореневе удобрення;
- в) підживлення;
- г) основне удобрення.

22. Вкажіть який мікроелемент найбільше використовується рослинами цукрового буряку:

- а) молібден;
- б) бор;
- в) цинк;
- г) залізо.

23. Вкажіть який мікроелемент найбільше використовується рослинами кукурудзи:

- а) молібден;
- б) бор;
- в) цинк;
- г) залізо.

24. Вкажіть який мікроелемент найбільше використовується рослинами гороху та сої:

- | | |
|--------------|------------|
| а) молібден; | в) цинк; |
| б) бор; | г) залізо. |

25. Найбільшу морозостійкість серед озимих культур має:

- | | |
|-------------------|-----------------|
| а) ячмінь озимий; | в) жито озиме; |
| б) пшениця озима; | г) ріпак озимий |

26. Вкажіть що передбачає застосування інтенсивної технології вирощування польових культур:

а) максимальне використання комбінованих агрегатів та значне використання ручної праці;

б) максимальне використання засобів інтенсифікації та відмовлення від ручної праці;

в) застосування засобів інтенсифікації, потужних машин та до 25 % ручної праці в технології.

г) максимальне використання сучасних сортів, використання альтернативних видів органічних добрив та в окремих випадках ручної праці.

27. Оліготрофні рослини це:

а) рослини вимогливі до умов зволоження;

б) рослини бідних ґрунтів із невеликою вологістю;

в) рослини не вимогливі до родючості ґрунтів;

г) рослини вимогливі до температурних режимів.

28. Критичною для вимерзання озимих культур вважають температуру, за якої гине:

- | | |
|--------------------|--------------------------|
| а) 15-25 % рослин; | в) 50 % рослин і більше; |
| б) 30-40 % рослин; | г) 88,5-99,0 % рослин. |

29. При якому типі розміщення листків на рослині можна проводити загушення посівів:

- | | |
|--------------------|-------------------|
| а) еліпсоїдному; | в) вертикальному; |
| б) хронологічному; | г) еректоїдному. |

30. Чиста продуктивність фотосинтезу більшості культур знаходиться в межах:

- | | |
|-------------------|--------------------|
| а) 2-4 г за добу; | в) 6-8 г за добу; |
| б) 4-6 г за добу; | г) 8-12 г за добу. |

31. Яку частину потенційної урожайності сільськогосподарських культур використовують у виробничих посівах:

- | | |
|----------|---------|
| а) 1/12; | в) 1/5; |
| б) 1/10; | г) 1/8. |

32. Вкажіть, як в польових умовах на посівах злакових культур можна визначити настання фази кущення:

- а) підрахувати кількість бічних пагонів та пасинків;
- б) за появою генеративних органів;
- в) за утворенням первинної кореневої системи;
- г) за утворенням вторинної кореневої системи;
- д) за формуванням куща у злакових культур.

33. Вкажіть яка коренева система злакових культур має кращу засвоювальну здатність:

- а) первинна;
- б) периферійна;
- в) едафічна;
- г) вторинна.

34. Вкажіть від чого залежить глибина загортання насіння:

- а) крутизни схилу поля;
- б) глибини орного горизонту;
- в) механічного складу ґрунту;
- г) показника родючості ґрунту.

35. Вкажіть що передбачає нульова технологія (No-Till):

- а) залишення на поверхні ґрунту рослинних залишків;
- б) використання комбінованих агрегатів;
- в) зяблевий обробіток ґрунту;
- г) використання глибокорозрихлюючих агрегатів.

36. Найкращим способом збирання гречки є:

- а) пряме комбайнування;
- б) двофазне збирання;
- в) збирання за допомогою платформ;
- г) потоково-перевалочний.

37. Вкажіть що необхідно дотримуватись для якісного виконання польових робіт у системі вирощування та збирання культур:

- а) технологічних параметрів проведення збирання;
- б) чіткого розпорядку дня та економії енергоресурсів;
- в) прямолінійності руху та розбивки поля на загінки;
- г) технологічної карти вирощування культури.

38. Вкажіть для яких культур встановлені конкретні календарні строки посіву:

- а) ранні ярі;
- б) пізні ярі;
- в) озимі;
- г) зимуючі.

39. Горох, ячмінь ярий та овес відносяться за строками посіву до:

- а) ранніх ярих;
- б) пізніх ярих;
- в) озимих;
- г) підсівних.

40. Вкажіть кількісну норму висіву квасолі:

- а) 250-500 тис. сх.. нас./га;
- б) 500-700 тис. сх.. нас./га;
- в) 1,0-1,3 млн. сх.. нас./га;
- г) 2,5-3,5 млн. сх.. нас./га.

41. Інокуляція це:

- а) проведення підживлення бобових культур інгібіторами росту рослин;
- б) обробка насіння бобових культур бактеріальними препаратами;
- в) використання інокулянтів після збирання врожаю для покращення якісних показників бобових культур;
- г) покривання насіння плівкою, яка містить фунгіциди та регулятори росту.

42. Норма внесення органічних добрив при вирощуванні гречки становить:

- а) 12-15 т/га;
- б) 20-25 т/га;
- в) 30-40 т/га;
- г) взагалі не вносять.

43. Вкажіть тривалість осінньої вегетації озимих культур для якісної перезимівлі:

- а) 20-40 днів;
- б) 45-60 днів;
- в) 60-90 днів;
- г) 90-110 днів.

44. Найбільшу холодостійкість серед підвидів кукурудзи має:

- а) зубоподібний;
- б) кременистий;
- в) карамельний;
- г) напівкарамельний.

45. Вкажіть основні частини технологічної карти вирощування польових культур:

- а) комплексної;
- б) адаптивна;
- в) керована;
- г) економічна.

46. Вкажіть причину яка впливає на різноякісність насіннєвого матеріалу:

- а) матрикальна;
- б) зональна;
- в) модифікації;
- г) екструзивна.

47. Вкажіть захід боротьби з притертою льодяною кіркою:

- а) скарифікація;
- б) ремонтантність;
- в) механічне руйнування;
- г) розсіювання попелу, перегною.

48. Вкажіть від чого покращується перезимівля озимих культур:

- а) внесення азотних добрив;
- б) внесення фосфорно-калійних добрив
- в) ранній строк сівби озимих культур;

г) проведення глибокої оранки.

49. Які елементи живлення відносяться до макроелементів?

- а) азот, фосфор, бор, сірка, цинк, залізо;
- б) магній, кальцій, фосфор, калій, молібден;
- в) магній, кальцій, цинк, калій, молібден;
- г) магній, кальцій, азот, фосфор, сірка.

50. Який видається документ після аналізів в контрольно-насіньовій інспекції, що дозволяє використовувати насіння як посівне?

- а) сертифікат насіння;
- б) атестат на насіння;
- в) посвідчення про кондиційність насіння;
- г) результат аналізу насіння.

51. Вкажіть що собою являє еректоїдне розміщення листків:

- а) розміщення листків під кутом менше 45° до основи стебла;
- б) розміщення листків під кутом більше 45° але менше 90° до основи стебла;
- в) розміщення листків під кутом 90° до основи стебла;
- г) розміщення листків під кутом 95° до основи стебла.

52. Застосування дефоліантів веде до:

- а) збільшення дефляції рослин;
- б) загальмування росту (дефоліації);
- в) прискорення росту;
- г) знелистення рослин.

53. Вкажіть в які строки необхідно застосовувати регулятори та стимулятори росту при вирощування польових культур:

- а) перед збиранням врожаю;
- б) під час доробки насіння;
- в) під час проведення передпосівної культивуації і в фазу кущення;
- г) під час підготовки насіння до сівби.

54. Які показники враховують при осінньому обстеженні посівів озимих культур для якісної перезимівлі:

- а) кількість колоній мишовидних гризунів;
- б) висота рослин і кількість пагонів;
- в) череззерницю та отавність;
- г) ремонтантність та отавність.

55. Strip-till технології передбачають:

- а) відмову від основного обробітку ґрунту;
- б) обробіток ґрунту тільки в рядках;

- в) обробіток ґрунту впоперек схилу;
- г) обробіток поля певними схематичними комбінаціями.

56. Ксерофіти це:

- а) рослини достатнього зволоження;
- б) рослини боліт та торфовищ зволоження;
- в) рослини пустель та напівпустель зволоження.
- г) рослини поліморфних умов із основами ксенійності.

57. С4 тип фотосинтезу характерний:

- а) проса, цукрових буряків, пшениці, гороху;
- б) проса, сорго, кукурудзи;
- в) сої, люпину, гороху;
- г) проса, люпину, кукурудзи.

58. Вкажіть до якої довжини хвилі відноситься ФАР:

- а) 140-280 нм.;
- б) 280-350 нм.;
- в) 350-750 нм.;
- г) 750-3000 нм.

59. Підгін це:

- а) утворення непродуктивних пагонів з неозерненими суцвіттями;
- б) утворення продуктивних пагонів з розвиненими суцвіттями;
- в) відсутність суцвіть та утворення плодів у пазухах листків;
- г) утворення непродуктивних пагонів без суцвіть.

60. Підсід це:

- а) утворення непродуктивних пагонів з неозерненими суцвіттями;
- б) утворення продуктивних пагонів з розвиненими суцвіттями;
- в) відсутність суцвіть та утворення плодів у пазухах листків;
- г) утворення непродуктивних пагонів без суцвіть.

61. Виберіть яка культура серед злакових характеризується низькою засвою-вальною здатністю кореневої системи:

- а) пшениця;
- б) ячмінь;
- в) жито;
- г) овес.

62. Виберіть яка культура серед злакових характеризується найвищою засвою-вальною здатністю кореневої системи:

- а) пшениця;
- б) ячмінь;
- в) жито;
- г) овес.

63. Вкажіть найнижчий рівень температури ґрунту при якому фосфор стає доступним для сходів кукурудзи:

- а) 3-5°C;
- б) 5-7°C;
- в) 8-12°C;
- г) 13-25°C.

64. Вермикомпости це:

- а) органи розмноження вищих рослин;

- б) компости сидератів та вермикулітів;
- в) міцелій грибів із мікоризними утвореннями;
- г) біологічне добриво із корисними мікроорганізмами.

65. Вкажіть що характеризує гідротермічний коефіцієнт (ГТК):

- а) відношення вологості повітря до суми температур;
- б) відношення суми опадів до суми активних температур;
- в) відношення температури до кількості води витраченої на транспірацію;
- г) відношення суми опадів до температури транспірації рослин.

66. Другий період загартування озимих зернових культур настає при пониженні середньодобових температур до:

- а) -1-2°C;
- б) -5-10°C;
- в) -10-12°C;
- г) 0+5°C.

67. Недоліками екстенсивних технологій є:

- а) збільшення посівних площ основних культур;
- б) зменшення трудомісткості виробничого процесу;
- в) використання природної родючості;
- г) використання низьковрожайних сортів.

68. Яких етапів не включає точне землеробство:

- а) збір інформації про господарство, поле, культуру, регіон;
- б) нагромадження інформації про проведення агротехнологічних операцій;
- в) аналіз інформації та прийняття рішень;
- г) прийняття рішень.

69. Яких видів сигналів не існує:

- а) безкоштовні;
- б) базові станції та РТК;
- в) комфортабельні;
- г) платні.

70. Контроль за станом перезимівлі озимих зернових культур проводять шляхом:

- а) щотижневих розкопок по діагоналі поля;
- б) відбору монолітів із двох суміжних рядків 30×30×15;
- в) спостерігаючи в польових умовах за рослинами через кожні 2-3 дні;
- г) відбору пробних снопів для визначення морозостійкості.

71. Вкажіть що передбачає застосування екстенсивної технології вирощування польових культур:

- а) мінімальне використання засобів інтенсифікації та не значне використання ручної праці;
- б) мінімальне використання засобів інтенсифікації та значне

використання ручної праці;

в) максимальне використання засобів інтенсифікації та відмовлення від ручної праці;

г) застосування засобів інтенсифікації та до 25 % ручної праці в технології.

72. Явище «захвату» під час наливу зерна можна пояснити:

а) збором посіву за короткий проміжок часу;

б) дефіцитом вологи в ґрунті;

в) тривалими періодами із суховіями;

г) роздільним способом збирання культури.

73. Вкажіть що передбачає застосування інтегрованої технології вирощування польових культур:

а) мінімальне використання засобів інтенсифікації та значне використання ручної праці;

б) максимальне використання засобів інтенсифікації та відмовлення від ручної праці;

в) застосування засобів інтенсифікації та до 25 % комбінованих агрегатів в технології;

г) застосування засобів інтенсифікації та до 25 % інсектицидів та гербіцидів в технології;

д) застосування засобів інтенсифікації та до 25 % ручної праці в технології.

74. Перший клас точності ($\pm$) супутникових сигналів має:

а) 1-3 см;

в) 15-20 см;

б) 3-5 см;

г) 100 см і більше.

75. Другий клас точності ($\pm$) супутникових сигналів має:

а) 3-5 см;

в) 15-30 см;

б) 15-20 см;

г) 100 см і більше.

76. Четвертий клас точності ($\pm$) супутникових сигналів має:

а) 3-5 см;

в) 15-30 см;

б) 15-20 см;

г) 100 см і більше.

77. Вкажіть скільки навколо землі рухається штучних супутників землі (активних):

а) 12 шт.;

в) 86 шт.;

б) 24 шт.;

г) 32 шт.

78. Швидкість сигналу, що надсилає супутник становить (тис. км/с):

а) 100;

в) 300;

б) 200;

г) 400.

79. При вирощуванні кукурудзи норма органічних добрив становить:

- | | |
|----------------|----------------|
| а) 20-25 т/га; | в) 45-60 т/га; |
| б) 30-45 т/га; | г) 60-80 т/га. |

80. Вкажіть, що характеризує стадія яровизації озимих культур:

- а) вплив низьких температур та формування вегетативних органів;
- б) вплив низьких температур та формування генеративних органів;
- в) вплив ранніх строків сівби на урожайність озимих культур.
- г) вплив низьких температур на забезпечення фотосинтетичної діяльності рослин.

90. Критичний період за вологістю для більшості зернових культур настає в фазу:

- а) сходи – кущення рослин;
- б) молочна-повна стиглість зерна.
- в) цвітіння – молочної стиглості зерна;
- г) воскова стиглість – фізіологічна стиглість зерна.

91. Фоторедукція відбувається в:

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| а) в аеробних умовах; | в) в стерильних умовах; |
| б) в анаеробних умовах; | г) в автохтонних умовах. |

92. Фасційовані сорти гороху відрізняються від звичайних:

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| а) будовою кореневої системи; | в) будовою листків; |
| б) будовою стебла; | г) будовою плодів. |

93. Вкажіть кількісну норму висіву насіння зернового сорго, при звичайному способі сівби:

- | | |
|-----------------|-----------------|
| а) 5-10 кг/га; | в) 45-60 кг/га; |
| б) 18-30 кг/га; | г) 60-85 кг/га. |

94. Яка культура, коли ґрунт пересихає впадає у своєрідну «сплячку» (анабіоз), а після дощів відновлює ріст і розвиток:

- | | |
|-----------|--------------|
| а) сорго; | в) рис; |
| б) просо; | г) сочевиця. |

95. Для південних районів Вінницької області оптимальні строки сівби озимої пшениці настають:

- | | |
|-------------------|----------------------------|
| а) 5-10 вересня; | в) 18-30 вересня; |
| б) 10-15 вересня; | г) 29 вересня - 10 жовтня. |

96. Явище «застуженість» рослин характерне для:

- | | |
|--------------------|--------------------|
| а) пшениці озимої; | в) ячменю озимого; |
| б) пшениці ярої; | г) ячменю ярого. |

97. Насіння ячменю ярого яке висівається в інтенсивній технології повинне мати масу 1000 насінин:

а) 25-35 г;

в) 60-65 г;

б) 40-45 г;

г) 100-150 г.

98. Гібриди кукурудзи які вирощуються у Вінницькій області на зернові цілі мають період вегетації:

а) 300-399 (ФАО) або 121-130 днів;

б) 400-499 (ФАО) або 131-140 днів;

в) 500-599 (ФАО) або 141-150 днів;

г) 600 і більше (ФАО) або понад 150 днів;

99. Епіфітотії – це різке поширення:

а) хвороб;

в) вірусів;

б) шкідників;

г) бур'янів.

100. Згідно вимог стандарту схожість насіння зернових культур, яке використовується для посіву за інтенсивною технологією повинна становити:

а) 89 % і вище;

в) 96 % і вище;

б) 92 % і вище;

г) 98 і вище.

101. Едафічні фактори життя діють на рослини через:

а) повітря;

в) воду;

б) ґрунт;

г) космос.

102. Запізнення із проведенням збиральних робіт при вирощуванні кукурудзи дозволяється для:

а) товарних посівів;

б) насінницьких посівів;

в) елітних селекційних посівів;

г) силосної кукурудзи.

103. Вкажіть форму азоту яка міститься в сечовині:

а) NH_2 ;

в) NH_4 ;

б) NH_3 ;

г) NH_5 .

104. Період розкладу соломи злакових культур в оптимальних умовах триває:

а) 10-20 днів;

в) 30-60 днів;

б) 25-30 днів;

г) 70-100 днів.

105. Назвіть представників карантинних шкідників сільськогосподарських культур на території України:

а) каліфорнійський вусач;

б) тайванський полосатий трипс;

в) західний кукурудзяний жук;

г) колорадський жук.

106. Основною проблемою застосування КАС в Україні є:

- а) висока вартість добрива;
- б) висока агресивність діючої речовини щодо металів;
- в) складна технологія внесення;
- г) висока концентрація діючої речовини.

107. Яка повинна бути відстань між рослинами кукурудзи в рядку, при широкорядному способі сівби (0,70 м) і густоті 75 тис. шт. га.

- а) 12 см;
- б) 15 см;
- в) 17 см;
- г) 19 см.

108. Досходове боронування легкими боронами, як правило, на посівах зернових культур проводиться на:

- а) 3-4 день після посіву;
- б) 6-7 день після посіву;
- в) 10-12 день після посіву;
- г) на 20 день після посіву.

109. Оптимальна будова орного шару ґрунту, коли тверда фаза і пористість співвідносяться як:

- а) 20 : 80;
- б) 30 : 70;
- в) 50 : 50;
- г) 60 : 40.

110. Вкажіть теоретично можливі коефіцієнти використання енергії сонячної радіації сільськогосподарськими культурами:

- а) 1-2 %;
- б) 10-15 %;
- в) 30-40 %;
- г) 45-55 %.

111. Розпилювачі на оприскувачах класифікують за:

- а) місцем розташування та напрямом подачі препарату;
- б) інтенсивністю виливу та ступенем очистки робочої рідини;
- в) принципом дії та функціональним призначенням;
- г) розташуванням на оприскувачі та принципом дії.

112. Бленди це:

- а) сукупність гібридів та сортів однієї культури;
- б) сукупність близьких та споріднених видів;
- в) сукупність гібридів та сортів різних культур;
- г) сукупність рослин споріднених класів.

113. Дихання, як фаза фотосинтезу відбувається:

- а) без наявності видимого світла;
- б) при наявності видимого світла;
- в) при ультрафіолеті;
- г) при наявності інфрачервоного та альфа випромінення.

114. За який період (період повернення) ґрунт під дією корисної мікрофлори оздоровлюється при вирощуванні злакових культур:

- а) 2-3 роки;
- в) 8-10 років;

б) 4-6 років;

г) 12-14 років.

115. Загальний індекс урожайності сучасних сортів пшениці наближається до:

а) 0,2;

в) 0,6;

б) 0,4;

г) 0,8.

116. Які види технологій найбільш науковоємніші:

а) інтенсивні;

в) напівінтенсивні;

б) екстенсивні;

г) ресурсощадні.

117. При внесенні пестицидів за перекриття суміжних проходів 1,5 м площа поля із 100 га збільшується до

а) 101,5 га;

в) 110,5 га;

б) 107,5 га;

г) 115,5 га.

118. Яких груп мікроорганізмів у ЕМ-препаратах не існує:

а) фотосинтезуючих бактерій;

в) автохтонних бактерій;

б) молочнокислих бактерій;

г) симбіотичних мікроорганізмів.

120. Основою сучасної технології є:

а) нові високопродуктивні сільськогосподарські машини;

б) сорти та гібриди сільськогосподарських культур;

в) сучасні системи захисту від шкоди чинних об'єктів;

г) система удобрення та симбіотичні мікроорганізми.

121. Застосування ЕМ технологій у аграрному секторі пов'язують із іменем такого науковця, як:

а) Ернест Геккель;

в) Леслі Андерсон;

б) Теруо Хіга;

г) Луї Пастер.

122. Який розмір елементарної ділянки з якої відбирають одну пробу для проведення агрохімічного обстеження полів (точне землеробство) становить:

а) 1-3 га;

в) 5-7 га;

б) 2-5 га;

г) 7-9 га.

123. Система Grop-meter це:

а) датчик змінної норми внесення добрив та пестицидів;

б) датчик рівня вологості в при механізованому збиранні;

в) інноваційний датчик біомаси;

г) датчик контролю бур'янів на основі вмісту хлорофілу.

124. GreenSeeker це:

а) датчик змінної норми внесення добрив та пестицидів;

б) датчик рівня вологості в при механізованому збиранні;

в) інноваційний датчик біомаси;

г) датчик контролю бур'янів на основі вмісту хлорофілу.

125. Другий клас точності сигналів для ГІС технологій забезпечується системами:

- а) EGNOS;
- б) Omnistar;
- в) Waas;
- г) E-dif.

126. Третій клас точності сигналів для ГІС технологій забезпечується системами:

- а) EGNOS;
- б) Global positioning system
- в) Omnistar;
- г) VERGER.;

127. Вкажіть фактори, які впливають на точність сигналу під час роботи в полі і використанні ГІС-технологій:

- а) розміри полів та господарства;
- б) лінії електропередач;
- в) тип ґрунтів та механічний склад;
- г) наявність водоймищ.

128. Точне землеробство передбачає:

- а) чітке дотримання площі конкретного поля 90-120 га;
- б) детальне картографування поля за основними агротехнічними параметрами;
- в) обов'язкове використання комбінованих агрегатів та широкозахватних машин.
- г) використання розрихлювачів ґрунту.

129. Збільшення оброблюваної площі при перекритті 30 см суміжних проходів становить:

- а) 1,5 га;
- б) 7,5 га;
- в) 10,5 га;
- г) 15,5 га.

130. Вкажіть основні ознаки біологічного рослинництва:

- а) правильне використання сівозміни;
- б) удобрення за сучасних синтетичних добрив та регуляторів росту рослин;
- в) висока інтенсивність застосування засобів інтенсифікації;
- г) використання меліорантів та меліорації в цілому при регулювання волого забезпечення.

131. В який період найбільш інтенсивно почали використовувати інтенсивні технології:

- а) «мануфактурного капіталізму»;
- б) «зеленої революції»;
- в) «феодалного ладу»;
- г) «після винайдення плуга».

132. Сучасні технології базуються на таких принципах:

а) науковому підході до визначення елементів технології;
б) екологізація технологій вирощування сільськогосподарських культур, диференціація їх відповідно до конкретних категорій агроландшафтів;

в) адаптування технологій стосовно політичного устрою країни;

г) використанні карти полів та їх історії;

д) знаннях технічних характеристик техніки.

133. Характер технології визначається:

а) наявності високопродуктивних широкозахватних с.-г. машин;

б) конфігурацією землекористування господарства;

в) характером соціально-економічних відносин у суспільстві;

г) рівнем інтенсифікації виробництва господарства.

134. Щорічний енергетичний потенціал зернових культур (соломи) України за ресурсами біомаси складає:

а) 1,19 млн. тон;

в) 2,31 млн. тон;

б) 2,21 млн. тон;

г) 2,41 млн. тон.

135. При Strip tillage технологіях вирощування польових культур обробляється (%) поверхні ґрунту:

а) 10-20;

в) 30-40;

б) 20-30;

г) 50-60.

136. Вкажіть недолік в застосування смугового і нульового обробітку ґрунту (strip till - no till):

а) важкість проведення посіву в оброблені смуги;

б) відсутність можливості смугового обробітку ґрунту при появі ранніх заморозків;

в) погіршення водного балансу верхніх горизонтів ґрунтового профілю;

г) використання тракторів будь-якого тягового класу.

137. Що не входить до обладнання для strip-till:

а) різальний пристрій;

б) секція для внесення пестицидів;

в) секція для сівби сільськогосподарських культур;

г) секція для вирівнювання ґрунту.

138. Для визначення місця розташування об'єкта потрібно сигнал:

а) 1-2 супутників;

в) 8-10 супутників;

б) 3-6 супутників;

г) 12-18 супутників.

139. Вкажіть які рівні точності забезпечує супутник Omnistar:

а) KVS;

в) IT/XP;

б) BVS;

г) HP/XP.

140. Які переваги надає використання пристроїв паралельного водіння:

а) максимально використовується ширина агрегату, перекриття рядків зводиться до мінімуму;

б) зменшується навантаження на техніку та зношування робочих органів;

в) обмежує перевитрати робочого часу, особливо в нічний період;

г) підвищує культуру землеробства.

141. Що таке VRT:

а) віртуальна базова станція;

б) технологія змінних норм внесення добрив;

в) технологія безвідвального обробітку ґрунту;

г) новітній датчик контролю якості виконаних робіт.

142. Вкажіть що не входить у систему диференційованого внесення добрив:

а) бортовий комп'ютер;

б) переносна радіостанція;

в) інтегрований приймач DGPS із антеною;

г) чіп-карти та програмне забезпечення для персонального комп'ютера.

143. Що необхідно знати для формування карти врожайності сільськогосподарської культури:

а) конфігурацію полів; в) відстань від точки А до точки Б;

б) ширину загонки комбайнів; г) швидкість руху комбайна.

144. Вкажіть основні напрями розвитку біотехнології в рослинництві:

а) підвищення вмісту органічних речовин у ґрунті;

б) покращення родючості ґрунтів в умовах скорочення вмісту гумусу;

в) отримання бактеріальних добрив (азотфіксуючих бактерій), біопестицидів;

г) створення синтетиків та гібридних популяцій.

145. Які компанії мають значні досягнення у біотехнологічних дослідженнях:

а) «Кернел»;

в) «Басф»;

б) «Байєр»;

г) «Рон-Пуленк».

146. Вкажіть найбільш великі груп мікроорганізмів, які входять до складу ЕМ - препарату:

- а) стрептококові бактерії;
- б) мозаїчні бактерії;
- в) актиноміцети;
- г) фузаріозні сапрофіти;

а) 147. Яких ЕМ-препаратів рідинного типу не існує:

- б) ЕМ-А – основний препарат багатоцільового використання;
- в) ЕМ-Б – допоміжний препарат багатоцільового використання;
- г) ЕМ-5 – засіб боротьби зі шкідниками та хворобами рослин;
- д) ЕМ – ферментований рослинний екстракт.

148. Гомеостаз це:

а) процес цілеспрямованої само зміни системи, що дозволяє досягти їй кращого або, принаймі, прийнятного функціонування за таких умов середовища, що змінюються;

б) цілісна система реакцій організмів, популяцій, видів, екологічних систем, яка визначає динамічну рівновагу в тих або інших умовах середовища

в) збереження загального напрямку процесів, генетичної програми і еволюцій за зміни середовища;

г) ознака, властивість, якість, стан, явище, або процес які відбивають закономірності збереження та розвитку будь-яких систем на фоні взаємодії внутрішніх і зовнішніх факторів їхнього існування.

149. Гомеорез це:

а) процес цілеспрямованої само зміни системи, що дозволяє досягти їй кращого або, принаймі, прийнятного функціонування за таких умов середовища, що змінюються;

б) цілісна система реакцій організмів, популяцій, видів, екологічних систем, яка визначає динамічну рівновагу в тих або інших умовах середовища

в) збереження загального напрямку процесів, генетичної програми і еволюцій за зміни середовища;

г) ознака, властивість, якість, стан, явище, або процес які відбивають закономірності збереження та розвитку будь-яких систем на фоні взаємодії внутрішніх і зовнішніх факторів їхнього існування.

150. Початком наукового застосування технологій є:

- а) капіталістичне суспільство;
- б) феодалістичне суспільство;
- в) рабовласницько-античне суспільство;
- г) демократичне суспільство.

151. Що не передбачають індустриальні та інтенсивні технології:

а) використання широкозахватних комбінованих агрегатів та ручної праці;

б) концентрацію енергетичних, матеріальних і фінансових вкладень на одиниці площі;

в) застосування ефективних засобів виробництва – нові сорти, гібриди, агрохімікати, машини і механізми;

г) використання більш ефективних технологічних процесів та застосування передових методів організації праці, новітніх досягнень науки і техніки.

152. Вкажіть недоліки екстенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур:

а) зниження продуктивності культур у 2-3 рази;

б) збереження механічного складу та родючості ґрунту;

в) значна залежність від політичного устрою держави;

г) необхідність використання лише відповідних сортів та гібридів.

153. Вкажіть яку мінусову температуру може витримувати озиме жито при наявності 5 см снігового покриву:

а) 10-12 °С;

в) 28-30 °С;

б) 18-20 °С;

г) 35-45 °С.

154. Вкажіть форму азоту яка міститься в аміаку:

а) NH_2 ;

в) NH_4 ;

б) NH_3 ;

г) NH_5 .

155. Флавобактерин це:

а) регулятор росту рослин;

б) фунгіцид інсектицидної дії;

в) препарат асоціативних мікроорганізмів;

г) десикант суцільної дії.

156. Термін «зелена революція» у рослинництві це:

а) використання екосистем у сучасних технологія вирощування с.-г. культур;

б) використання проміжних, післяукісних та ущільнюючих культур у сівозмінах;

в) використання зелених насаджень для протидії вітровій ерозії;

г) використання нових сортів та гібридів у сучасних технологіях вирощування.

157. Для яких культур, за типом розвитку, для формування генеративних органів необхідна тривала стадія яровизації:

а) ранні ярі;

в) ксерофіти;

б) пізні ярі;

г) озимі.

158. Рівень внесення агрохімікатів в Україні за останні 10-15 років становить:

- а) 12 кг/га;
- б) 21 кг/га;
- в) 69 кг/га;
- г) 177 кг/га.

159. Вкажіть, що не входить до елементів продуктивності рослин ячменю:

- а) маса зерна з колоса;
- б) кількість колосків у колосі;
- в) кількість пагонів у кущі;
- г) кількість суцвіть на одній рослині.

160. Вкажіть чи існує фаза кушення у кукурудзи:

«так»

«ні»

161. Для вирощування озимої пшениці за інтенсивною технологією, норма органічних добрив знаходиться в межах:

- а) 10-15 т/га;
- б) 20-25 т/га;
- в) 30-40 т/га;
- г) 40-60 т/га.

162. При вирощуванні АЕС сортів скорочується застосування:

- а) агрохімікатів та пестицидів;
- б) азотних добрив;
- в) регуляторів росту рослин;
- г) органічних добрив.

163. При проведенні до сходових та після сходових боронуваль допускається пошкодження рослин у межах:

- а) 1-3%;
- б) 5-10%;
- в) 10-15%;
- г) 15-20%.

164. Біодинамічна система землеробства передбачає:

- а) врахування земних та космічних факторів;
- б) використання природної родючості ґрунтів;
- в) використання комбінованих агрегатів;
- г) бездефіцитний баланс елементів живлення.

165. В осінній період на посівах озимої пшениці обов'язково перевіряють наявність:

- а) вогнищ збудників хвороб, особливо фузаріозних;
- б) мишовидних гризунів;
- в) карантинних мікроорганізмів;
- г) розвиток кореневої системи.

166. Еутотрофні рослини це:

- а) рослини не вимогливі до родючості ґрунтів;
- б) рослини вимогливі до родючості ґрунтів;
- в) рослини вимогливі до умов зволоження;

г) рослини вимогливі оріховидності та олужнення ґрунту.

167. Вкажіть що означає термін «сорт дворучки»:

а) сорт, що вирощується при застосуванні інтенсивної технології;

б) сорт, які формують два продуктивних пагони;

в) сорт, які можуть вирощуватися як ярі так і озимі форми;

г) сорт, які формують урожай раз у два роки.

168. Вкажіть які польові культури для проростання насіння використовують найбільше вологи:

а) хліби першої групи;

в) бобові культури;

б) хліби другої групи;

г) хрестоцвіті.

169. Пластичні сорти це:

а) інтенсивні;

в) ресурсощадні сорти;

б) напівінтенсивні;

г) екстенсивні.

170. Вкажіть фактичні коефіцієнти використання енергії сонячної радіації сільськогосподарськими культурами, які вирощуються за інтенсивними технологіями:

а) 1-2 %;

в) 10-15 %;

б) 3-6 %;

г) 20-25 %.

171. Багаторазовий обробіток ґрунту на одну і ту ж саму глибину викликає утворення «підшви» з об'ємною масою:

а) 0,5-0,8 г/см³;

в) 1,8-2,1 г/см³;

б) 0,9-1,1 г/см³;

г) 2,2-3,6 г/см³.

172. До земних факторів життя рослин належать:

а) поживні речовини;

в) сонячна енергія;

б) світло;

г) тепло.

173. Виберіть існуючі види посухи:

а) гігроскопічна;

в) ґрунтова;

б) потенційна;

г) локальна.

174. Вкажіть, що розуміють під терміном «трофічні зв'язки»:

а) зв'язок між тропосферою і літосферою;

б) харчові ланцюги живлення;

в) зв'язок між тропосферою та гідросферою;

г) використання торфосумішей для удобрення польових культур.

175. Мезофіти це рослини:

а) пустель та напівпустель;

в) достатнього зволоження;

б) посушливих умов;

г) боліт та торфовищ.

176. Вкажіть густоту стояння пізньостиглих гібридів кукурудзи:

а) 30-35 тис. шт./га;

в) 50-75 тис. шт./га;

б) 40-45 тис. шт./га;

г) 75-85 тис. шт./га.

177. Вкажіть густоту стояння ранньостиглих гібридів кукурудзи:

- а) 30-35 тис. шт./га;
- б) 40-45 тис. шт./га;
- в) 50-75 тис. шт./га;
- г) 75-85 тис. шт./га.

178. Скільки існує видів вбирної здатності (за Гедройцом)?

- а) два;
- б) три;
- в) чотири;
- г) п'ять.

179. До якої біологічної групи відноситься такий бур'ян, як осот польовий:

- а) повзучі;
- б) зимуючі;
- в) кореневищні;
- г) коренепаросткові.

180. Спеціальні сівозміни це:

- а) впровадження для вирощування в сівозмінах екзотичних культур;
- б) впровадження для вирощування культур, що потребують спеціальних умов та агротехніки;
- в) особливий вид сівозмін, які мають незначну площу ріллі;
- г) впровадження для вирощування культур, що потребують спеціальних умов.

181. Через який проміжок часу дозволяється повернення соняшнику на те саме поле:

- а) 4-5 років;
- б) 6-7 років;
- в) 7-8 років;
- г) 9-12 років.

182. Кращими попередниками для цукрових буряків є:

- а) озимі, які висівались після багаторічних трав;
- б) картопля та соняшник;
- в) ярі зернові;
- г) пізні ярі культури.

183. Яких форм азоту в складі мінеральних азотних добривах не існує:

- а) аміачної ;
- б) амонійно-нітратної;
- в) лігнінової;
- г) амонійної.

184. Скільки азоту (%) міститься у безводному аміаку:

- а) 34,6 % ;
- б) 52 %;
- в) 60 %;
- г) 82 %.

185. Томасшлак та фосфатшлак за ступеню розчинності відносяться до групи:

- а) легкорозчинної у воді;
- б) концентрованих добрив;
- в) розчинної у слабких кислотах;
- г) важкорозчинної.

186. Які показники не використовують при розрахунку норми висіву:

- а) силу росту;
- б) схожість;
- в) масу 1000 зерен;
- г) кількісну норму висіву.

187. Яка ширина міжрядь при вузькорядному способі посіву:

- а) 4,8 см;
- б) 7,5 см;
- в) 12 см;
- г) 15 см.

188. Який захід покращує схожість насіння при ранньому терміні сівби:

- а) інокуляція;
- б) інкрустація;
- в) дражування;
- г) скарифікація.

189. Оптимальні строки збиранні цукрових буряків у фазі технічної стиглості становлять:

- а) 10-15 діб;
- б) 20-25 діб;
- в) 45-50 діб;
- г) 80-95 діб.

190. Яка середня урожайність цукрових буряків в Європі?

- а) 150-242 ц/га;
- б) 245-300 ц/га;
- в) 350-500 ц/га;
- г) 500-700 ц/га.

191. З якого середнього зразка визначається вологість насіння:

- а) першого;
- б) другого;
- в) четвертого.
- г) третього;

192. Інженерна ензимологія, як напрямок біотехнології займається:

- а) отриманням стійких форм до шкідників та хвороб;
- б) створенням сучасних транс генних сортів та гібридів;
- в) отриманням біоінсектицидів та біогербіцидів;
- г) отриманням та застосуванням ферментних препаратів.

193. Червона біотехнологія це:

- а) розробка та впровадження у культуру геномодифікованих рослин;
- б) виробництво біопалива, ферментів та бактеріальних біоматеріалів;
- в) вилуження металів за допомогою мікроорганізмів;
- г) виготовлення біофармацевтичних препаратів для людини.

194. Виберіть фактори, що не впливають на фотосинтез:

- а) фумігація;
- б) адаптивні властивості сорту;
- в) адаптивні властивості гібриду;
- г) густота рослин.

195. Які показники відносяться до посівних якостей насіння:

- а) натура зерна, вологість, маса 1000 шт. насінин, запах;
- б) вологість, маса 1000 шт. насінин, чистота, схожість, енергія проростання;
- в) запах, забарвлення, вологість, чистота, вміст білка;
- г) вологість, маса 1000 шт. насінин, колір, схожість, енергія

проростання.

196. Який з видів обробітку ґрунту застосовують в умовах розвитку вітрової ерозії:

- а) оранка відвальна;
- б) фрезкування;
- в) культурна оранка;
- г) безвідвальна оранка.

197. Ознаки ґрунтозахисної системи землеробства:

- а) інтенсивне застосування агрохімікатів, насичення структури посівних площ просапними культурами інтенсивної технології;
- б) диференціація використання ріллі за технологічними групами, ресурсозберігальні технології, контурно-меліоративна організація території, мінімізація обробітку ґрунту та застосування агрохімікатів;
- в) широке застосування сидеральних культур, посівів багаторічних трав для відтворення органічної речовини в ґрунті.

198. За яких умов виникає явище ґрунтовтоми:

- а) неправильний обробіток ґрунту
- б) повторне вирощування с.-г. культур на одному полі
- в) у разі погіршення поживного режиму ґрунту
- г) у разі надлишкового зрошення с.-г. культур

199. Точне землеробство це:

- а) стратегія управління яка використовує інформаційні технології, обробітку даних отриманих із різних джерел, для прийняття рішень щодо запровадження технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур;
- б) система землеробства на основі скорегованих, збалансованих систем обробітку ґрунту та вирощування с.-г. культур;
- в) обробіток даних отриманих із різних джерел, для прийняття рішень щодо запровадження технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур;
- г) прийняття рішень щодо запровадження технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур.

200. Середньочутливі до повторних посівів культури:

- а) озима пшениця, овес
- б) льон-довгунець, соняшник
- в) коноплі, тютюн
- г) цукровий буряк, кукурудза

201. Основою ґрунтозахисної системи землеробства є:

- а) плантажна оранка;
- б) безполицевий обробіток із зберіганням стерні;
- в) луцення стерні з подальшою глибокою оранкою;
- г) боронування зябу.

202. Основною проблемою застосування КАС (карбамідно-

аміачна суміш) в Україні є:

- а) висока вартість діючої речовини;
- б) висока агресивність діючої речовини щодо металів;
- в) висока концентрація діючої речовини;
- г) низька вартість.

203. Вкажіть заходи боротьби з притертою льодяною кіркою:

- а) скарифікація;
- б) ремонтантність;
- в) розсіювання попелу;
- г) внесення бактеріальних препаратів.

204. Вкажіть захід боротьби із висячою льодяною кіркою:

- а) використання попелу та торфу;
- б) механічне руйнування;
- в) використання хімічних адсорбентів;
- г) використання стійких гібридів та сортів.

205. До якої групи за тривалістю світлового дня відноситься вика волохата:

- а) короткого світлового дня;
- б) довгого світлового дня;
- в) нейтрального світлового дня;
- г) тропічного світлового дня.

206. Обов'язковою умовою формування генеративних органів у озимих культур є:

- а) проходження усіх етапів органогенезу за один рік;
- б) утворення вторинної кореневої системи та бічних пагонів;
- в) проходження стадії яровизації;
- г) проходження стадії фоторедукції.

207. Найбільшу кількість калію засвоює:

- а) пшениця;
- б) картопля;
- в) буряки цукрові;
- г) жито.

208. Внесення азотних добрив за один прийом не повинна перевищувати:

- а) 20-30кг/га д. р.;
- б) 30-90кг/га д. р.;
- в) 90-140кг/га д. р.;
- г) 140-160кг/га д. р.

209. До зольних елементів не відноситься:

- а) водень;
- б) фосфор;
- в) марганець;
- г) бор.

210. Біологічні препарати на основі відселекціонованих мікроорганізмів поліміксобактерин та альбобактерин застосовується на посівах:

- а) зернових бобових;
- б) кукурудзи і гречки;
- в) цукрового буряка;
- г) картоплі та топінамбуру.

211. Обов'язковою умовою застосування органічних добрив є:

а) ретельне дотримання норм внесення добрив;
б) використання їх лише для культур, які позитивно реагують на їх внесення;

в) загортання їх в ґрунт після внесення;

г) використання для їх внесення комбінованих агрегатів.

212. Які компоненти середовища відносяться до фітогенних:

а) рослини;

в) людина;

б) тварини;

г) мегаполіси.

213. Яка кількість мікроорганізмів міститься в 1 см³ чорноземного ґрунту:

а) 50-100млн.;

в) 2,5-3,5млр.;

б) 200-300млн.;

г) 4,5-5,5млр.

214. Яка кількість мікроорганізмів міститься в 1 см³ сірому лісовому ґрунті:

а) 50-100млн.;

в) 2,5-3,5млр.;

б) 200-300млн.;

г) 4,5-5,5млр.

215. Вкажіть, яка кількість населення (%) занята в сільському господарстві в західних (індустріально розвинених) країнах:

а) 15-20;

в) 50-60;

б) 35-50;

г) 60-80.

216. Якого напрямку міжнародної міграції робочої сили не існує:

а) міграція з промислово розвинутих країн до країн, що розвиваються;

б) міграція в межах промислово розвинутих країн;

в) міграція робочої сили між країнами, що розвиваються;

г) міграція наукових працівників, кваліфікованих спеціалістів із промислово розвинутих країн у країни, що розвиваються.

217. Найкращими попередниками для вирощування озимої пшениці за інтенсивною технологією є:

а) горох, соняшник, багаторічні трави, сорго;

б) горох, ріпак, багаторічні трави, сочевиця;

в) горох, суданська трава, багаторічні трави, кукурудза;

г) соя, квасоля, багаторічні трави, суданська трава.

218. Розрив між основним обробітком і посівом озимих культур повинен становити:

а) від 5 до 10 днів;

в) від 40 до 50 днів;

б) від 20 до 30 днів;

г) від 50 до 60 днів.

219. При посіві пшениці озимої в більш пізні ніж оптимальні строки норму висіву потрібно:

220. Яка культура формує 2-3 вузла кущення:

- а) пшениця; в) жито;
б) ячмінь; г) овес.

221. Якого сорту кукурудзи не існує:

- а) Харківська 195; в) Дніпровська 298;
б) Закарпатська жовта; г) Одеська 10.

222. Виберіть причини нестабільної врожайності гречки:

- а) диспропорція між площею листків та кількістю квіток на користь останніх;
- б) погано розвинена не активна коренева система;
- в) тривалий період вегетації та висока вимогливість до вологи;
- г) висока вимогливість до температурних показників.

223. Яка культура в якості попередника для цукрових буряків забезпечує збільшення шкодо чинності нематода:

- а) ріпак; в) пшениця озима;
б) соняшник; г) соя.

224. Проведення інокуляції насіння бобів кормових проводиться:

- а) одночасно із протруєнням;
б) за 2-3 тижні до сівби;
в) за місяць до сівби;
г) в день проведення сівби.

225. Оптимальна густота стояння стеблостою картоплі становить:

- а) 55-65 тис. шт. га; в) 155-165 тис. шт. га;
б) 75-85 тис. шт. га; г) 300-370 тис. шт./га.

226. Вкажіть в якій фазі росту та розвитку відбувається утворення первинної кореневої системи:

- а) сходи; в) бутонізація та цвітіння;
б) вихід у трубку; г) кушення;

227. Вкажіть один із недоліків екстенсивних технологій:

- а) значна залежність від факторів зовнішнього середовища;
- б) використання великої кількості органічних добрив;
- в) використання значної кількості ручної праці та пестицидів;
- г) значна залежність даних технологій від біодинамічних систем.

228. Яка площа у світі обробляється за системою прямого посіву:

- а) близько 45 млн. га; в) близько 155 млн. га;
б) близько 95 млн. га; г) близько 200 млн. га.

229. В скільки разів поверхневі рослинні залишки за своєю

масою перевищують кореневі:

а) в 1,5-2 рази;

б) в 2-3 рази;

в) в 4-5 рази;

г) в 8-10 разів.

230. Солома є також джерелом:

а) вуглецю;

б) азоту;

в) цинку;

г) водню.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Агроландшафт 37, 40, 103, 199, 400,
Агростимулін 472, 522
Адсорбенти 49
АЕС 407
Аерація 69, 108, 122, 124, 242, 417, 419, 559, 630, 634, 635
Азоризин 463, 465
Азотофіт 465
Азотфіксатори 463, 465
Акбітур 430, 432
Активатори 314, 470, 471
Актиноміцети 32, 190, 466, 505
Алелопатія 83, 156, 550
Альбе́до 290
Аміакати 457
Анабіоз 566
Антибіотики 85, 190, 430, 434, 440
Антиоксиданти 193, 475

Б

Базова станція 259, 260, 261, 264
Бактороденцид 430, 432
Басфоліари 642
Біоетика 105
Біологічний годинник 59
Біомаг 465, 466
Біополіцид 430, 432
Біосферне мислення 105
Біотехнологія 156, 157
Бітоксібацилін 203, 430, 434, 435
Бленди 408

В

Важкі метали 38, 47, 179
Виродження 539,
Вегетаційний індекс 295, 299, 301, 302, 303, 339, 340, 346, 351
Вермісол 408
Водний потенціал 309

Г

Гаупсин 430, 431, 432, 437
Генерики 437
Гербіфаги 430
Гербигація 554
Гетерогенні посіви 408, 500
Гідрофобізація 411
Гомеорез 198
Гомойогідричні 91
Грунтозберігаючі технології 121
Гумісол 522
Гутація 64

Д

Дворучки 55, 532, 533
Демографічна політика 92, 97
Денітрифікація 123, 458, 520
Дефоліація 471, 476, 479, 480, 604, 606, 612
Діазофіт 432, 463, 464
Діджиталізація 11, 17, 18, 163, 306, 317
Дискування 128, 131, 193, 200
Дражування 411
Дріжджі 189, 190, 440

Е

Едафічні фактори 24, 31, 32
ЕМ-технології 12, 187, 188, 192
Екстенсивні технології 84, 149
Екстенсивні сорти 407
Епіфітотії 88, 196, 318, 462
ЕПШ 88, 423, 537
Ерозія 36, 37, 38, 39, 422, 652

Ж

Жирування 572

З

Земельні ресурси 24, 25, 26, 27
Земельний фонд 27, 28, 33
Земні фактори 23
Зооценоз 415

І

Ідеамодел ь 490
Ідеатип 490, 491
Інгібітори 89, 314, 408, 470, 471
Індустріальні технології 10, 148, 149
Інкрустація 151, 412, 554, 556
Інтегровані технології 150
Інтенсивні технології 10, 11, 12
Інтенсивні сорти 407
Інокуляція 191, 412, 462, 582

К

Калібрування 177, 240, 291, 371, 374
Карантинні організми 551
Карбогідрати 71
Картографування 71, 215, 237, 244, 278, 280
КАС 437, 457, 459, 460, 461
Крезацин 471
Комплексонати 49, 554
Космічні фактори 202
Кріопротектори 474, 475
Ксенобіотики 184

Л

Лепідоцид 430, 432, 433
Ліпосам 467

М

Макрорельєф 33
Мануфактурний капіталізм 9
Мівал 157, 471
Міграція 45, 99, 100, 101
Мізорин 463, 465
Мікрорельєф 32, 414
Мікориза 78, 466
Мікробіота 87, 462
Мікропроцесор 311, 353, 370
Мікрохвильові технології 370, 196, 197
Мезорельєф 33
Метеорадар 252, 253, 254
Модель сорту 81

Н

Навігатор 285, 361, 365, 366
Нанотехнології 12, 152, 153
Нітрифікація 458
Нейронні мережі 219, 220, 380
Нульові технології 117, 121
Нутрівант 662, 668

О

Онтогенез 86, 324, 5777
Оптимальна щільність 107, 108, 109, 116
Орії 8

П

Паразитизм 77
Планриз 430, 434, 465
Піксель 277
Пенетрація 244
Пентафаг-С 430, 434
Пойкілогідричні 63
Полікультура 408
Продуценти 21, 87, 157, 466

Р

Редуценти 21, 87
Ретарданти 180, 341, 471
Репелент 193
Ризоагрин 463, 465
Ризобофіт 432, 463, 589
Ризоторфін 194, 412, 463, 465, 581
Ризоентерин 465
Рівноважна щільність 107, 108
Різоплан 203, 430, 433
Розасоль 662

С

Сигмоїд 221
Сидерати 417, 439
Симбіоз 77, 78, 188
Синергетична 317, 490
Склеювачі 665
Сортооновлення 640
Смугова оранка 740
Стронцій 38, 40, 41, 42, 43

SMART-технології 162, 163, 165, 166, 176, 177

Т

Температурний стрес 54, 61, 74, 455

Теплоємність 61, 242

Термоперіодизм 58

Технологія MAS tech 155

Трипілля 8

Трихограма 201, 390, 435

Торфовіт 431

Ф

Фаготерапія 434

Феромонні пастки 332

Фітогенні організми (флора) 77

Фітогормони 157, 158, 183, 447, 462

Фітосейулюс 201

Фітоцид 465

Флавобактерин 463, 465

Фосфорбактерин 467

Фосфорентерин 467

Фотоперіодизм 52, 293

Х

Хемотрофні організми 87

Хелати 457, 468, 469, 642

Хлормекватхлорид 341, 471, 473, 474, 510, 511

Ц

Цінні сорти 511, 518

Цитокініни 471

Цифрові технології 5, 11, 12, 216, 217

Цезій 39, 40, 48

Ю

Ювеноїди 430

Я

Яровизація 54, 55, 74, 506

Ш

Штучний інтелект 163, 217, 218

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анішин Л. Для розвитку та урожайності. *Агроперспектива*. 2007. №4(88). С. 44-45.
2. Білоног А. І., Бромот Д. І., Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. Задача та нейромережна модель оптимізації структури посівних площ фермерського господарства. *Енергетика і автоматика*. 2022. С. 23-36.
3. Волкодав В. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові). К.: 2001. 64 с.
4. Волошина Н. М. Ефективність біопрепаратів нового покоління для захисту польових культур. Сучасні інтенсивні технології в рослинництві в умовах Північного степу України (матеріали конференції присвяченої 10-й річниці заснування кафедри загального землеробства КНТУ). Кіровоград, 2007. С. 23-26.
5. Гадзало Я. М., Балян А. В., Вергунов В. А. Каталог інноваційних розробок НААН, рекомендованих для впровадження в агропромислове виробництво. Київ: Аграр. наука, 2018. 228 с.
6. Гарам В. П., Пашко А. О. Сучасне управління агротехнологічним процесом у рослинництві. *Наука та інновації*. 2005. С. 110-116.
7. Гнатієнко Г. М., Домрачев В. М., Сайко В. Г. Застосування інтелектуальних технологій для цифрового моніторингу стану сільськогосподарських посівів. *Міжнародний науковий симпозіум «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РІШЕННЯ-С». Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи). Теорія прийняття рішень: праці міжнар. наук, симпозіуму, 29 вересня 2021 р., Київ - Ужгород. 2021. С. 35-37.*
8. Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. Експертні технологи прийняття рішень: Монографія. К.: ТОВ «Маклаут», 2008. 444 с.
9. Дацько Л. В. Розрахунок балансу поживних речовин у землеробстві України. *Посібник українського хлібороба*. 2008. С. 1-4.
10. Звіт про міжнародні добровільні та обов'язкові вуглецеві ринки з особливим акцентом на механізми, які застосовуються у випадку низьковуглецевого сільського господарства та потенційні можливості для українських розробників. Міжнародний консультант Фортунато КОСТАНТИНО (Fortunato COSTANTINO). 2022. 217 с.
<https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-11/FINAL%20REPORT%20UNDP%20LH%20CARBON%20FARMING%20UKR.pdf>

11. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво: Підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
12. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин: Підручник. Суми: Університетська книга, 2004. 463 с.
13. Зозуля О. Л., Гнатієнко Г. М., Домрачев В. М., Сайко В. Г., Філіппов О. Використання патернів зображення для оцінки ступеня пошкодження врожаю шкідниками. / *Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві: зб. тез доповідей і наук, повідомл. учасників V Міжнародної науково-практичної конференції* (Київ, 30 вересня 2021 р.). 2021. С. 80-83.
14. Зозуля О. Л., Михальська Л. М., Ковель О. Л., Швартау В. В. Цифрові технології у рослинництві: монографія. К.: ІФРГ НАН України та ТОВ «Сингента», 2020. 72 с.
15. Зозуля О. Л., Швартау В. В., Михальська Л. М., Ковель О. Л., Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є., Домрачев В. М., Тменова Н. П. Сучасні методи цифрового моніторингу в рослинництві: монографія. К.: 2023. 254 с.
16. Калетнік Г. М., Паламарчук В. Д., Гончарук І. В., Ємчик Т. В., Телекало Н. В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ФОП Кушнір Ю. В., 2021. 260 с.
<http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=31069>
17. Козубенко Л. В., Костромітін В. М., Чупіков М. М. та ін. Каталог гібридів кукурудзи інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Видання п'яте (перероблене та доповнене). Харків, 2006. 39 с.
18. Кулешов А. В., Білик М. Фітосанітарний моніторинг і прогноз: навчальний посібник. Харків: Еспада, 2008. 512 с.
19. Куценко М. Точне землеробство – це нова, технічно вдосконалена технологія виробництва сільгосппродукції. *Farmer*. 2009. № 9-10. С. 56-62.
20. Лебідь Є. М., Дзюбецький Б. В., Циков В. С. та ін. Енергозбережні і ресурсощадні технології вирощування кукурудзи. Дніпропетровськ, 2006. 33 с.
21. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ «Українські технології» 2006. 730 с.
22. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. Національний аграрний університет. Київ: Видавничий Центр НАУ, 2001. 246 с.
23. Лісовий М. П., Лісова Г. М. Наукові основи генетичного захисту

рослин в Україні. *Захист і карантин рослин*. 2013. Вип. 59. С. 168-175.

24. Любович О. А., Лебідь Є. М., Шемавньов В. І. та ін. Система ведення сільського господарства Дніпропетровської області. Дніпропетровськ, 2005. 432 с.

25. Манько Ю. П., Веселовский І. В., Орел Л. В., Танчик С. П. Бур'яни та заходи боротьби з ними. Київ, Учбово-методичний центр Мінагропрому України, 1998. 240 с.

26. Мельник С. І., Буряк Ю.І., Огурцов Ю. Є. Підзимові посіви соняшнику та їх перспективи в Україні. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2010. Вип. 8. С. 71-78.

27. Моргун В. В., Шватару В. В., Коновалов Д. В., Михальський Л. М., Скрипльов В. О. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти та системи живлення захисту пшениці озимої. Київ: Логос, 2022. 106 с.

28. Паламарчук В. Д., Климчук О. В., Поліщук І. С., Колісник О.М., Борівський А. Ф. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур. Вінниця: ФОП Данилюк, 2010. 636 с.

29. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 372 с. <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=31508>.

30. Паламарчук В. Д., Мазур В. А., Зозуля О. Л. Кукурудза селекція та вирощування гібридів: монографія. Вінниця, 2009. 199 с.

31. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Венедіктов О. М. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. 432 с.

32. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Єрмакова Л. М., Каленська С. М. Системи сучасних інтенсивних технологій (2-ге видання виправ. та допов.). Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2012. 370 с.

33. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Єрмакова Л. М., Каленська С. М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця: ФОП Данилюк, 2013. 636 с.

34. Пальчун О. Електронний поводител для трактора. *Газета «2000 ЗЕМЛЯ»*. 2007. № 47 (56). 37 с.

35. Пастернак В. Елементи мінерального живлення рослин. 2015, УкрАгроРесурс. 30 с.

36. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи: монографія. Д.: АРТ-ПРЕС, 2009. 224 с.

37. Піковська О. Щільність ґрунту за різних систем його обробітку.

Пропозиція. 2017. 15 серпня. URL:<https://propozitsia.com/ua/shchilnist-gruntu-za-raznyh-system-yogo-obrobitku>

38. Покозій Й. Т., Писаренко В. М., Довгань С. В. та ін. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур. Аграрна освіта, 2010. 223 с.

39. Прокопенко О. Статистичний збірник «Сільське господарство України» за 2021 рік. К.: Державна служба статистики України. 2022. 222 с.

40. Просунко В. Наслідки глобального потепління клімату в землеробстві. *Пропозиція*. 2008. <https://propozitsiya.com/ua/naslidki-globalnogo-poteplinnya-klimatu-v-zemlerobstvi>

41. Рослинна сировина в харчовій промисловості: наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. Т. П. Фесун]; Національний університет харчових технологій, Наук.-техн. б-ка. Київ, 2022. 235 с.

42. Смаглій О. Ф., Кардашов А.Т., Литвак П. В. та ін. Агроєкологія. К.: «Вища освіта», 2006. 662 с.

43. Сахненко В.В. Агроєкологічне обґрунтування інтегрованої системи захисту ріпаку. Вінниця, 2007. 184 с.

44. Тараріко О. Г., Сиротенко О. В., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Агроєкологічний супутниковий моніторинг. К.: Аграр. наука, 2019. 204 с.

45. Тімоніна М. Чисельність наявного населення України на 1 січня 2022 р. К.: Держстат України. 2022. 84 с. http://db.ukrcensus.gov.ua/PXWEB2007/ukr/publ_new1/2022/zb_%D0%A1h uselnist.pdf

46. Тофан М. С. Система заходів направлених проти дії водної та вітрової ерозії. *Науково-виробничий журнал: Бізнес-навігатор. Серія: Економіка природокористування*. 2014. № 1 (33). С. 303-306.

47. Цицюра Я. Г., Поліщук М. І., Броннікова Л. Ф. Ґрунтознавство з основами геології. Частина II. Генезис, класифікація та властивості ґрунтів. Навчальний посібник. Вінниця, ТОВ «Друк плюс», 2020. 676 с.

48. Черлінка В.Р. та ін. Виклики та можливості моделювання потенціалу секвестрування вуглекислого газу в ґрунтах України. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. № 92. С. 62-70. doi:10.31073/acss92-07

49. Шевніков М. Я. Земельні ресурси їх раціональне використання. «Актуальні проблеми сільського господарства Полтавщини». *Матеріали обласної науково-практичної конференції Присвяченої 110 річниці з дня заснування коледжу*. Полтава, 2006. С. 4-19.

50. Шикула М.К. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні. / За ред. проф. М. К. Шикули. Оранта, 2000. 390 с.

51. Шкуренко Л. В. Залежність ефективності виробництва пшениці озимої від ступеня інтенсивності сорту. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2012. № 2. С. 56-57.

52. Шпаар Д., Захаренко А., Каленська С., Якушев В. Точне сільське господарство: монографія. 2009. 397 с.

53. Arorra G., Chilberto J. Hands-on desing patterns with C# and NET Core write clean and maintainable code by using reusable solutions to common software design problems. Packt Publishing, 2019. 385 p.

54. Ayeneh A., van Ginkel M., Reynolds M.P., and Ammar K. Comparison of leaf, spike, peduncle and capony temperature depression in wheat under heat stress. *Field Crops Research*. 2002. 79(2-3). P. 173-184.

55. Balota M., Payne W. A., Evett S. R., and Peters T. R. Morphological and physiological traits associated with canopy temperature depression in the three closely related wheat lines. *Crop Science*. 2008. 48(5). P. 1897-1910.

56. Bishop C. M. Pattern recognition and machine learning. Springer, 2006. 738 p.

57. Braga-Neto U. Fundamentals of pattern recognition and machine learning. Springer, 2020. 357 p.

58. Cohen Y. & Alchanatis V. Spectral and spatial methods for hyperspectral and thermal image analysis to estimate biophysical and biochemical properties of agricultural crops. In P.S. Thenkabail G.J., Lyon & A. Huete (Eds.), *Hyperspectral remote sensing of vegetation*. (2 ed.). Boca Raton, London, New York CRC Press-Taylor and Francis group. Four-volume-set, 2019. P. 546-550.

59. Dammer K. H., Wollny J., Giebel A. Ermittlung des blattflächenindex (LAI) in getreideschlagen zur festlegung der aufwandmenge bei der sensorgestutzten fungizidapplikation. *Mitteilungen aus der biolgischen bundesanstalt fur Land-und Forstwirtschaft, Heft 400*. 2006. P. 69-79.

60. Dennerley C., Huang J., Nielson R., Sefton M. & Triantafilis J. Identifying soil management zones in a sugarcane field using proximal sensed electromagnetic induction and gamma-ray spectrometry data. *Soil use and management*. 2018. 34. P. 219-235.

61. Fadamiro H.Y., and Cibrowski J. Calendar of orchard events in Minnesota. Integrated Pest Management Manual for Minnesota Apple. 2003. 285 p.

62. Gastrignano A., Wong M. T. F., Stelluti M., De Benedetto D., & Sollitto D. Use of EMI, gamma-ray emission and GPS height as multi-sensor data for soil characterization. *Geodema*, 2012. P. 78-89.

63. Gozalez-Dugo V., Zarco-Tejada P., Berni J.A.J., Suarez L.,

Goldhamer D., & Fereres E. Almond tree canopy temperature reveals intra-crow variability that is water stress-dependent. *Agricultural and forest meteorology*. 2012. № 5. P. 156-165.

64. Gozalez-Dugo V., Zarco-Tejada P., Nicolas E., Nortes P. A., Alarcon J. J., Intrigliolo D. S., et. al. Using high resolution UAV thermal imagery to assess the variability in the water status of five fruit tree species within a commercial orchard. *Precision Agriculture*. 2013. № 14. P. 660-678.

65. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The elements of statistical learning Data Mining, Inference, and prediction, Second edition, Springer, 2021. 662 p.

66. Hnatienko H., Domrachev V., Saiko V. Monitoring the condition of agricultural crops based on the use of clustering methods // 15th International Conference *Monitoring of geological processes and ecological condition of the environment, Monitoring 2021*. Nov. 2021, Vol. 2021. pp. 1-5, <https://doi.org/103997/2214-4609.202115K2049>

67. Hnatienko H. M., Snytyuk V. Y., Suprun O. O. Application of decision-making methods for evaluation of complex information system functioning quality. *Selected papers of the XVIII International scientific and practical conference Information Technologies and Security (ITS 2018)*. Kyiv, Ukraine, November 27, 2018. P. 56-65.

68. Hnatienko H., Tmienova N., Kruglov A. Methods for Determining the Group Ranking of alternatives for incomplete expert rankings. In. Shkarlet S., Morozov A., Palagin A. (eds) Mathematical modeling and simulation of systems (MODS 2020). MODS 2020. *Advances in intelligent systems and computing*. 2020. Vol. 1265. Springer, Cham. URL:https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_21

69. Hwang Y. H. #Machine learning projects Nine real-world projects to build robust and high-performing machine learning models with C#, Packt Publishing, 2018. 350 p.

70. Kolodiaznyi K. Hands-on machine learning with C++. Packt Publishing, 2020. 501 p.

71. Kussul N., Shelestov A., Yailymov B., Yailymova H., Lavreniuk M., Shumilo L., and Biokonska Y.. Crop monitoring technology based on time series of satellite imagery. *IEEE 11th International conference on dependable systems, Services and Technologies*, 2020. P. 346-350. <https://doi.org/10.1109/DESSERT50317.2020.9125031>

72. Lakhno V., Kasatkin D., Buriachok V., Palekha Y., Saiko V., Domrachev V. Its support in decision-making with regard to infra-red grain drying management. *Journal of theoretical and applied information*

technology. 2018. Vol. 96. 22. P. 7587-7598.

73. Liu H., Lee S. and Saunders C. Development of a machine vision system for weed detection during both of off-season and in season in broadacre no-tillage cropping lands. *American journal of agricultural and biological science*. 2014. Vol. 9. P. 174-193.

74. McCaffrey J. Neural networks using C#. Syncfusion Inc. 2014. 128 p.

75. Muirhead-Thompson R. Trap response of flying insects the influence of trap design on capture efficiency. Academic Press., 2012. 304 p.

76. Norkin V.I., Domrachev V. M., Kirilyuk V.S. A nonparametric index approach for estimating subjects of financial market by profitability-risk criterion by example of commercial banks. *Journal of automation and information sciences*. 2002. V. 34. P. 120-131.

77. Olivares-Villegas J.J., Reynolds M.P., and McDonald G.K. Drought-adaptive attributes in the Seri / Babax hexaploid population. *Functional Plant Biology*. 2007. 34. P. 189-203.

78. Pantazi X. E., Moshou D. & Bravo C. Active learning system for weed species recognition based on hyperspectral sensing. *Biosystems Engineering*. 2016. 146. P. 193-202.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.01.014>

79. Pikus F.G. Hands-on design patterns with C++ Solve common C++ problems with modern design patterns and build robust applications. Packt Publishing, 2019. 486 p.

80. Reynolds M. P., Pask A J D. and Mulan D. M. Physiological breeding i interdisciplinary approaches to improve crop adaptation. Mexico, 2012. D.F. CIMMYT.

81. Robson A., Rahman M. & Muir J. Using worldview satellite imagery to Map Yield in Avocado (Persea Americana) A case study in Bundaberg, Australia. *Remote Sensing*, 2017. 9(12).1223. 20 p.

82. Rosyara U. R., Vromman D., and Duveiller E. Canopy temperature depression as an indication of correlative measure of spot blotch resistance and heat stress tolerance in spring wheat. *Journal of plant pathology*. 2008. 90(1). P. 103-107.

83. Saint Pierre C., Crossa J., Manes Y., and Reynold M.P. Gene action of canopy temperature in bread wheat under diverse environments. *Theoretical and Applied Genetics*. 2010. 120(6). P. 1107-1117.

84. Shirzadifar A., Bajwa S., Mireel S.A., Howatt K & Nowatzki J. Weed species discrimination based on SIMCA analysis of plant canopy spectral data. *Biosystems Engineering*. 2018. 171, P. 143-154.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.04.019>.

85. Thomasson J.A., Wang T., Wang X., Collett R., Yang C. & Nichols R.L. Disease detection and mitigation in a cotton crop with UAV remote sensing. In Proc. SPIE, 10664. 106640L. 2018. P. 567-581. <https://doi.org/10.1117/12.2307018>.

86. Tmienova N., Snytyuk V. Method of deformed stars for global optimization, in Proceeding of the 2020. *IEEE 2nd International conference on system analysis & Intelligent computing (SAIC)*, Kyiv. Ukraine, 2020. P. 1-4. <https://doi.org/10.1109/SAIC51296.2020.9239208>

87. Voloshin A.F., Gnatenko G.N., Drobot E.V. The method for indirect determination of intervals of weight coefficients of parameters for metrized relations between objects (Article). *Problemy upravleniya I informatiki (Avtomatika)*, Issue 2, 2003. P. 34-41.

ДОДАТКИ

Основні індекси для оцінки стану рослинного покриву (О.Л. Зозуля та ін., 2023)
(важливі для дистанційної оцінки рослин індекси)

№ з/П	Індекс		Формула	Характеристики	Посилання на автора
1	ARI1	Індекс відбиття антоціанину 1	$ARI = (1 / R550) - (1 / R700)$ $ARI = (1 / B03) - (1 / B05) \text{ (Sentinel-2)}$	Антоціани – пігменти вищих рослин, які викликають червоне, синє та фіолетове забарвлення. Вони містять цінну інформацію про фізіологічний стан рослин, тому що вважаються індикаторами різних видів стресів рослин. Відбивна здатність антоціану найвища за довжини хвилі 550 нм. Однак таку саму довжину хвиль відбиває і хлорофіл. Для виділення антоціанів віднімають спектральну смугу 700 нм, яка відображає лише хлорофіл, а не антоціани. Антоціани містяться не лише в молодих листках, а і в	Gitelson A. A., Merzlyak M. N., Zur Y., Stark P., Gritz U. (2001). Non-destructive and remote sensing techniques for estimation of vegetation status. Third European Conference on Precision Agriculture. Vol. 1. Pp. 301-306. Gitelson A. (2004). Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. Journal of Plant Physiology. No. 2. pp. 165-173.

				старіючих. Збільшення ARI1 вказує на зміну кількості листків за рахунок наростання або всихання. Значення ARI для досліджуваних дерев у літературі коливалися в межах від 0 до 0,2. ARI дозволяє точно оцінити накопичення антоціанів навіть у невеликих кількостях (в межах 3,9 нмоль/см²), в ослаблених листках при дії стресу або старінні	
2	ARI2	Індекс відбиття антоціаніну 2	$ARI\ 2 = R800 (1 / R550 - 1 / R700)$	Модифікація ARI1, яка визначає вищі концентрації антоціанів у рослинах	Daughtry C., Hunt E., Jr., Doraiswamy P., and McMurtrey J. III. (2005). Remote sensing the spatial distribution of crop residues. Agronomy Journal. No. 97. pp. 864-871.
	ARVI	Стійкий до атмосферного впливу вегетаційний індекс	$ARVI = p800 - (p680 - \gamma(p450 + p680)) / p800 + (p680 - \gamma(p450 + p680))$, де p450 – кількість пікселів смуги довжиною хвилі 450 нм; p680 – кількість пікселів смуги довжиною хвилі 680 нм; p800 – кількість пікселів смуги довжиною хвилі 800 нм	Стійкий до атмосферних чинників (наприклад, аерозолі). Використовує синю відбивну здатність для корекції червоної відбивної здатності атмосферного розсіювання.	

				Найкраще використувувати у регіонах з високим вмістом аерозолю в атмосфері. Значення коливається від -1 до +1; при цьому вищі значення відповідають здоровій і зеленій рослині	
3	BGI/ BRI/ RGI	Blue/Green та Blue/Red пігментні індекси (RGI, BGI, BRI)	$RGI = R690 / R550$ $BGI1 = R400 / R550$ $BGI2 = R450 / R550$ $BRI1 = R400 / R690$ $BRI2 = R450 / R690$	Визначення пігментів у рослинах	Zarco-Tejada P. J., Berjon A., Lopez-lozano R., Miller J. R., Martin P., Cachorro V., Gonzalez M. R., de Frutos A. (2005). Assessing vineyard condition with hyperspectral indices Leaf and canopy reflectance simulation in a row-structured discontinuous canopy. Remote Sensing of Environment. 99(3). pp. 271-287. https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.09.002
4	CAI	Інтеграл поглинання хлорофілу, або Chlorophyll absorption integral	$CAI = \{ \int 760nm550nmR550 + (i R760 - R550i760) \} - \int 760nm550nmRi / \int 760nm550nmR550 + (i R760 - R550i760)$	Статистичний аналіз проводився з використанням інтегралу поглинання хлорофілу (CAI) порівняно зі встановленими показниками: оптимізованим індексом рослинності, скоригованим на ґрунт, (OSAVI) та гіперспектральним нормалізованим	Oppelt N., Mauser W. (2004). Hyperspectral monitoring of physiological parameters of wheat during a vegetation period using AVIS data. International Journal of Remote Sensing. 25. 145-159. https://doi.org/10.1080/0143116031000115300

				індексом різниці рослинності (hNDVI). Вміст хлорофілу й азоту в листках показав добру кореляцію із CAI в середньому по полю. Інтеграл поглинання (абсорбції) хлорофілу, а також двовимірні дані про параметри дають інформацію про просторову неоднорідність у межах поля	
5	CAI	Індекс поглинання целюлози / Cellulose absorption index	$CAI = 0.5 \times (R_{2015} + R_{2195}) - R_{2106}$ або $CAI (0.5 (R_{2,0} + R_{2,2}) - R_{2,1})$	Позитивні значення CAI свідчать про наявність целюлози. Вказує на відкриті поверхні, що містять висохлий рослинний матеріал. Сума показників поглинання целюлози й лігніну — близько 2100 та 2300 нм. Поглинання відбувається в діапазоні від 2000 нм до 2200 нм, чутливому до целюлози. Значення коливається від -3 до	Nagler P.L., Inoue Y., Glenn E.P., Russ A.L., C.S.T Daughtry (2003). Cellulose absorption index (CAI) to quantify mixed soil-plant litter scenes. Remote Sensing of Environment. Vol. 87, Issues 2-3, pp. 310-325. https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.06.001 Haboudane D. (2004). Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. Remote Sensing of Environment. no. 90, pp. 337-352.

				понад 4 за загального діапазону; для зеленої рослинності – від 2 до 4. Середнє значення САІ ґрунтів становило -2,0 тоді як середнє значення САІ рослинної підстилки становило 5,2. Значення САІ лінійно зростало для кожного виду рослинної підстилки зі збільшенням кількості рослинної підстилки у полі від 0 % (чистий ґрунт) до 100 % вкритий. Значення САІ для змішаних ділянок з більш ніж 10 % рослинної підстилки були набагато більшими, ніж значення САІ для ґрунтів. САІ корисний для кількісної оцінки рослинного покриву навіть за низького відсотку покриття.	
	CCCI	Індекс вмісту хлорофілу в	$((\text{NIR} - \text{Rededge}) / (\text{NIR} + \text{Rededge})) / ((\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red}))$	У рослинництві; точному	Barnes E. M., Clarke T. R., Richards S. E., Colaizzi P. D., Haberland J.,

		рослинах / Canopy Chlorophyll Content Index	Довжини хвиль: 690:730, 780:1400	землеробстві; двизначення вмісту хлорофілу	Kostrzewski M., Waller P., Choi C., Riley E., Thompson T., Lascano R.J., Li H., Moran M.S. (2000). Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground based multispectral data. Proc. 5th Int. Conf. Precis Agric
	CARI	Chlorophyll absorption in Reflectance index	$CARI = (700/670) \times \frac{\sqrt{a \times 670 + 670nm + b^2}}{(a^2 + 1)^{0.5}}$ b = (550nm - ((700nm - 550nm)/ 150*550)), a=(700nm - 550nm)/150 Довжини хвиль: 550,670,700	У рослинництві; оцінка вегетації; детектування вмісту хлорофілу	Kim M. S., Doughtry C. S. T., Chappelle E.W., McMurtrey J.E., Walthall C.L. (1994). The use high spectral resolution bands for estimating absorbed photo synthetically active radiation (APAR). JISPRS'94. France, 17-21 January 1994, Pages 299-306.
6	CRI	Індекс відбиття каротиноїдів	CRI = 1 / R510-1 / R550	Каротиноїди беруть участь у процесах поглинання світла в рослинах, а також у захисті рослин від шкідливого впливу занадто великої кількості світла. Значення коливається від 0 до понад 15 за загального діапазону для зеленої рослинності від 1 до 12	Gitelson A. A., Zur Y., Chivkunova O. B. and Merzlyak M. N. (2002). Assessing carotenoid content in plant leaves with reflectance spectroscopy. Photochemistry and Photobiology, 75(3), 272-281. Gitelson A. (2004). Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. Journal of Plant Physiology. No. 2. pp. 165-173.
7	CRI2	Індекс відбиття каротиноїдів	CRI2 = 1 / R510 -1 / R700	Значення коливається від 0 до понад 15 за загального діапазону для зеленої рослинності від 1 до 11	
8	CSI1	Індекс стресу	CSI1 =R695 / R420	Оцінка вегетації,	Carter G. A. (1994). Rattions of leaf

		Картера, або просте співвідношення 695/420 Carter1		вмісту хлорофілу; визначення величини стресу	reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. International Journal of Remote Sensing, Vol. 15, Issue 3. pp. 697-703 https://doi.org/10.1080/01431169408954109
9	CSI2	Індекс стресу Картера, або просте співвідношення 695/760 Carter2	$CSI2 = R695 / R760$	Оцінка вегетації, вмісту хлорофілу; визначення величини стресу	Carter G. A. (1994). Rattions of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. International Journal of Remote Sensing, Vol. 15, Issue 3. pp. 697-703 https://doi.org/10.1080/01431169408954109
	CSI3	Просте співвідношення 605/760 Carter3	$CSI3 = R605 / R760$	Оцінка вегетації, визначення величини стресу	
	CSI4	Просте співвідношення 710/760 Carter4	$CSI4 = R710 / R760$	Оцінка вегетації, визначення величини стресу	Main R., Cho M., Mathieu R., O'Kennedy M., Ramoelo A., Koch S. (2011). An investigation into robuts spectral indicws for leaf chlorophyll estimation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 66. 751-761. 10.1016/j.isprsprs.2011.08.001.
	CSI5	Просте співвідношення 695/670 Carter5	$CSI5 = R695 / R670$	Оцінка вегетації, визначення величини стресу	Carter G. A. (1994). Rattions of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. International Journal of Remote Sensing, Vol. 15, Issue 3. pp. 697-703 https://doi.org/10.1080/01431169408954109
	CSI6	Просте співвідношення 550/420 Carter6	$CSI6 = R550 / R420$	Оцінка вегетації, визначення величини стресу	
10	CUR	Індекс викривлення, або Curvative index	$CUR = R675 \times R690 / R^2683$	Визначення інтенсивності фотосинтезу. У дослідженнях функції корисності при чисельній інверсії автори показали, що оптичні індекси червоного краю, які використовуються в	Zarco-Tejada P. J., Miller J. R., Noland T. L., Mohammed G. H., Sampson P. H. (2001). Scaling-up and model inversion methods with narrow-band optical indices for chlorophyll content estimation in closed forest canopies with hyperspectral data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 39, pp. 1491-1507.

				мінімізуючій функції, такі як R_{750}/R_{710} , працюють краще, ніж при використанні всіх односпектральних каналів відбиття з гіперспектральних повітряних даних CASI, крім того, мінімізується вплив тіней і варіації LAI	
11	DSWI	Індекс стресу води	$DSWI = R_{802} - R_{547} / R_{1657} + R_{682}$	Оцінка вмісту води	Galvão L. S., Formaggio A. R., Tisot D. A. (2005). Discrimination of sugarcane varieties in Southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data. Remote Sensing of Environment. Vol. 94, Issue 4, pp. 523-534. https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.11.012
	DVI	Диференційний вегетаційний індекс	$DVI = NIR - Red$, де NIR – відбивальна інфрачервона область спектра; Red – видима червона область спектра	Розрізняє фонт і рослинність, але не враховує різницю між відбивною здатністю та засвітами, спричиненими атмосферними впливами або тінями	Tucker C. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, no. 8, pp. 127-150.
12	DWSI5	Індекс водного стресу Disease water stress index	$DWSI5 = (R_{800} + R_{547}) / (R_{1657} + R_{682})$	Оцінка вмісту води	Galvão L. S., Formaggio A. R., Tisot D. A. (2005). Discrimination of sugarcane varieties in Southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data. Remote Sensing of Environment. Vol. 94, Issue 4, pp. 523-534. https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.11.012

13	G, GL	Індекс зеленості, або Simple Ratio 554/677 Greenness Index	$G = R554 / R677$	Визначення вмісту хлорофілу; >0	Smith R. C., Adams J., Stephens D. J., Hick P. T. (1995). Forecasting wheat yield in a Mediterranean-type environment from the NOAA satellite. Australian journal of Agricultural research, Vol. 46, Issue 1, pp. 113-125. https://doi.org/10.1071/AR9950113
	GEMI	Індекс глобального моніторингу довкілля (GEMI)	$GEMI = ((2(NIR^2 - Red^2) / NIR + Red + 0,5) + (1,5NIR + 0,5 Red) / (NIR + Red + 0,5)) - (Red - 0,125) / (1 - Red)$	Використовується для глобального моніторингу навколишнього середовища з усуненням атмосферного впливу, до якого менш чутливий. На нього впливає голий фунт, тому не рекомендується застосовувати в районах розрідженої рослинності	Pinty B., and Verstraete M. (1992). GEMI: a non-linear index to monitor global vegetation from satellites. Vegetation, no. 101, pp. 15-20.
14	GM1	Індекс Гітельсона і Мерзляка, або Просте співвідношення 750/550 Gitelson and Merzlyak 1	$GM1 = R750 / R550$	Оцінка вегетації; визначення вмісту хлорофілу. Дуже чутливим індикатором положення RedEdge, а також концентрації хлорофілу виявився показник відбиття біля 700 нм. Відношення відбиття при 750 нм до відбиття біля 700 нм $(R750 / R700)$ було	Gitelson A. A., Merzlyak M. N. (1997). Remote estimation of chlorophyll content in higher plant leaves. International Journal of Remote Sensing. Vol. 18. Issue 12, pp. 2691-2697. https://doi.org/10.1080/014311697217558
15	GM2	Індекс Гітельсона і Мерзляка, Або Просте співвідношення 750/700 Gitelson and Merzlyak2	$GM2 = R750 / R700$		Gitelson A. A., Merzlyak M. N., Lichtenthaler H. K. (1996). Detection of Red Edge position and chlorophyll content by reflectance measurements near 700 nm. Journal of Plant Physiology, Vol. 148, Issue 3-4, pp. 501-508

				прямо пропорційним (кореляція $r^2 > 0,95$) до концентрації хлорофілу	https://doi.org/10.1016/z0176-1617(96)80285-9
16	GNDVI	Зелений GNDVI (Green normalized difference vegetation index)	$\text{GreenNDVI} = R750 - R550 / R750 + R550$	Показник фотосинтетичної активності рослинного покриву. Найчастіше використовується під час оцінки вмісту вологи й концентрацій азоту в листках рослин. GNDVI чутливіший до концентрацій хлорофілу порівняно з індексом NDVI	Datt B. (1998). Remote sensing of chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a+b, and total carotenoid content in Eucalyptus leaves. Remote Sensing of Environment, Vol. 66, Issue 2, pp. 111-121. https://doi.org/10.1016/s0034-4257(98)00046-7 .
17	hNDVI	Гіперспектральний NDVI	$\text{hNDVI} = R827 - R668 / R827 + R668$	Аерокосмічне гіперспектральне дистанційне зондування дозволяє не тільки здійснювати просторовий моніторинг рослинного покриву, отримувати дані про окремі компоненти рослин, рослинного покриву, а й визначення окремих складників рослин, таких як вміст хлорофілу й азоту. Це важливі параметри для оптимізації управління сільським	Oppelt N. (2002). Monitoring of Plant Chlorophyll and Nitrogen Status Using the Airborne Imaging Spectrometer AVIS. Dissertation, LMU München: Faculty of Geosciences, https://edoc.ub.uni-muenchen.de/354/

				господарством шляхом просторово диференційованого внесення добрив, а також для гідрологічного і вегетаційного моделювання продуктивності	
	IPVI	Інфрачервоний відсотковий вегетаційний індекс	$IPVI = NIR / ((NIR + Red)/2) \times (NDVI + 1)$	Інфрачервоний відсотковий індекс рослинності в ближньому інфрачервоному (NIR) та червоному діапазонах, $NIR/(NIR + \text{червоний})$ функціонально і лінійно еквівалентний нормалізованому диференційному індексу рослинності $(NIR - Red)/(NIR + \text{червоний})$). Перевага цього індексу – те, що він швидший в обчисленнях і ніколи не буває від’ємним. Значення коливаються від 0 до 1	Crippen R. (1990). Calculating the Vegetation Index Faster. Remote Sensing of Enviroment, no. 34, pp. 71-73. https://doi.org/10.1016/0034-4257(90)90085-z Kooistra L., Leuven R. SE. W., Wehrens R., Nienhuis P. H., Buydens L. M. C. (2003). A comparison of relate grass reflectance to soil metal contamination. International Journal of Remote Sensing, Vol. 24, Issue 24, pp. 4995- 5010 https://doi.org/10.1080/0143116031000080769
18	LAI (MSAVI)	Індекс площі листя, або Leaf Area Index (LAI)	$LAI = 0,1663^{42731}MSAVI$	Визначення площі листової поверхні	Johnson L. F. (2003). Temporal stability of an NDVI –LAI relationship in a Napa Valley vineyard. Australian Journal of Grape and Wine Research, 9(2), 96-101.

19	LAI (MTVI2)	Індекс площі листя	$LAI = 0,2227^{3,6566MTVI2}$		Haboudane D. (2004). Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. Remote Sensing of Environment, no. 90, pp. 337-352.
20	LAI (RDVI)	Індекс площі листя, або Індекс листової поверхні (LAI)	$LAI = 0,0918^{6,0002RDVI}$		
21	LAI (TVI)	Індекс площі листя	$LAI = 0,1817^{4,1469TVI}$	Сума показників поглинання целюлози й лігніну близько 2100 і 2300 нм. За його допомогою можна контролювати формування врожаю	Haboudane D. (2004). Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. Remote Sensing of Environment, no. 90, pp. 337-352.
	LCAI	Індекс поглинання целюлози й лігніну	$LCAI = 100((R_{2185-2225} - R_{2145-2185}) + (R_{2185-2225} - R_{2295-2365}))$ де $R_{2185-2225}$ – кількість пікселів смуги в діапазоні довжин хвиль 2185-2225 нм; $R_{2145-2185}$ – кількість пікселів смуги в діапазоні довжин хвиль 2145-2185 нм; $R_{2295-2365}$ – кількість пікселів смуги в діапазоні довжин хвиль 2295-2365 нм		
22	LCI	Індекс хлорофілу листків	$LCI = (R_{850} - R_{710}) / (R_{850} + R_{680})$	Вміст хлорофілу	Datt B. (1998). Remote sensing of chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a+b, and total carotenoid content in Eucalyptus leaves. Remote Sensing of Environment, Vol. 66, Issue 2, pp. 111-121. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(98)00046-7 . Datt B. (1999). Remote sensing of water content in Eucalyptus leaves. Australian Journal of Botany. Vol. 47. Issue 6, pp. 909-923. https://doi.org/10.1071/BT98042 Pu R., Gong P., Yu Q. (2008). Comparative analysis of EO-1 ALI and Hyperion, and Landsat ETM+ Data for mapping forest crown closure and leaf area index. Sensors. Vol. 8. Issue 6, pp. 3744-3766. https://www.mdpi.com/1424-

					8220/8/6/3744/
23	LIC1 ND800/ 680	Індекс Ліхтенталера, або Normalized Difference 800/680 Pigment specific normalized Difference A2, або Lichtenthaler indices 1, або NDVIhyper	$LIC1 = (R800 - R680) / (R800 + R680)$	Визначення флуоресценції хлорофілу, визначення величини стресу в рослин	Lichtenthaler H. K. (1996). Vegetation stress an antroduction to the stress concept in plants. Journal of Plant Physiology. Vol. 148, Issue 1-2, pp. 4-14. https://doi.org/10.1016/s0176-1617(96)80287-2
24	LIC2 Lic2	Індекс Ліхтенталера, або Simple Ratio 440/690 Lichtenthaler indices 2	$LIC2 = R440 / R690$	Визначення флуоресценції хлорофілу, визначення величини стресу в рослин	Lichtenthaler H. K. (1996). Vegetation stress an antroduction to the stress concept in plants. Journal of Plant Physiology. Vol. 148, Issue 1-2, pp. 4-14. https://doi.org/10.1016/s0176-1617(96)80287-2 Main R., Cho M., Mathieu R., O'Kennedy M., Ramoelo A., Koch S. (2011). An investigation into robust spectral indices for leaf chlorophyll estimation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 66. 751-761. 10.1016/j.isprsjprs.2011.08.001.
25	LIC3	Просте співвідношення 440/740	$LIC3 = R440 / R740$	Визначення флуоресценції хлорофілу, визначення величини стресу в рослин	Lichtenthaler H. K. (1996). Vegetation stress an antroduction to the stress concept in plants. Journal of Plant Physiology. Vol. 148, Issue 1-2, pp. 4-14. https://doi.org/10.1016/s0176-1617(96)80287-2 Zarco-Tejada P. J., Miller J. R., Noland T. L., Mohammed G. H., Sampson P. H. (2001). Scaling-up and model inversion methods with narrow-band optical indices for chlorophyll content estimation in

					closed forest canopies with hyperspectral data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 39, pp. 1491-1507.
26	LWVI1	Індекс вмісту води в період вегетації, або Index: Normalized difference 1094/983 Leaf water VI 1	$LWVI1 = (R1094 - R983) / (R1094 + R983)$	Оцінка вегетації та вмісту води	Galvão L. S., Formaggio A. R., Tisot D. A. (2005). Discrimination of sugarcane varieties in Southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data. Remote Sensing of Environment. Vol. 94, Issue 4, pp. 523-534. https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.11.012
27	LWVI2	Normalized difference 1094/1205 Leaf water VI 2	$LWVI2 = (R1094 - R1205) / (R1094 + R1205)$	Визначення вмісту води	Galvão L. S., Formaggio A. R., Tisot D. A. (2005). Discrimination of sugarcane varieties in Southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data. Remote Sensing of Environment. Vol. 94, Issue 4, pp. 523-534. https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.11.012
28	MCARI	Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index	$MCARI = ((R700 - R670) - 0.2 \times (R700 - R550)) \times (R700 / R670)$	Індекс чутливий до змін вмісту хлорофілу; використовується для прогнозування LAI	Galvão L. S., Formaggio A. R., Tisot D. A. (2005). Discrimination of sugarcane varieties in Southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data. Remote Sensing of Environment. Vol. 94, Issue 4, pp. 523-534. https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.11.012
29	MSAVI	Модифікований коректований ґрунтовий індекс	$MCAB11 = 1 / 2 \times (2 \times R800 + 1 - (2 \times R800 + 1)^2 - 7 (2 \times R800 + 1)^2 - 8 \times (R800 - R670))$	Для оцінювання стану посіву, хороший LAI - оцінювач. Покращений SAVI з коефіцієнтом самоналагоджування L, або Модифікований коректований ґрунтовий індекс	Qi J., Chehbouni A., Huete A. R., Kerr Y. H., Sorooshian S. A. (1994). Modified soil adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment, Vol. 48, Issue 2, pp. 119-126. https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90134-1

30	MSI MSI2 SR833/ 1649	Індекс водного стресу, або Індекс вологості	$MSI = R1600 / R820$ Simple Ratio 1600 / 820 Moisture Stress index $MSI2 = R1599 / R819$ Simple Ratio 1600 / 820 $Moisture\ Stress\ index\ SR833 / 1649 = R833 / R1649$ Simple Ratio 833 / 1649 MSIhyper	Чутливий до збільшення вмісту води в листках. Зі збільшенням вмісту води в листках зростає поглинання при 1599 нм. На поглинання при 819 нм майже не впливає зміна вмісту води, тому воно використовується як еталон. Значення коливається від 0 до понад 3 за загального діапазону; для зеленої рослинності від 0,4 до 2	Hunt Jr., Raymond Rock, Barrett N. Detection of changes in leaf water content using Near- and Middle-Infrared reflectances Remote Sensing of Environment. 1989. Vol. 30. Issue 1, pp. 43-54. https://doi.org/10.1016/0034-4257(89)90046-1 Ceccato P., Flasse S., Tarantola S., Jacquemoud S., Gregoire J. M. (2001). Detecting vegetation leaf water content using reflectance in the optical domain. Remote Sensing of Environment. Vol. 77, Issue 1, pp. 22-33. https://doi.org/10.1016/s0034-4257(01)00191-2 Index 2 Serrano L, Ustin S. L., Roberts D. A., Gamon J. A., Penuelas J. (2000). Deriving water content of chaparral vegetation from AVIRIS data. Remote Sensing of Environment. Vol. 74, Issue 3, pp. 570-581. https://doi.org/10.1016/s0034-4257(00)00147-4 Shibayama M., Salli A., Hame T., Iso-Livari L., Heino S., Alanen M., Morinaga S., Inoue Y., Akiyama T. (1999). Detecting Phenophases of Subarctic Shrub Canopies by Using Automated Reflectance Measurements. Remote Sensing of Environment. Vol. 67, Issue 2, pp. 160-180. https://doi.org/10.1016/s0034-4257(98)00082-0
	MSR	Модифіковане	$MSR = (NIR / (Red - 1)) \div \sqrt{NIR \div Red + 1}$	Підвищена чутливість	Chen J. (1996). Evaluation of vegetation

		просте співвідношення		індексу до біофізичних параметрів рослинності	indices and modified simple ratio for boreal applications. Canadian Journal of Remote Sensing, no. 22, pp. 229-242.
	MSAVI hyper (MSAVI2)	Модифікований ґрунтовий вегетаційний індекс гіпер, або Модифікований ґрунтовий вегетаційний індекс 2	$\text{MSAVI2} = (2\text{NIR} + 1) / 2 - \sqrt{((2\text{NIR} + 1) - 2 \cdot (8(\text{NIR} - \text{Red}))) / 2}$	Зменшує шум ґрунту та збільшує динамічний діапазон сигналу від рослинності	Qi J., Chehbouni A., Huete A. R., Kerr Y. H., Sorooshian S. A. (1994). Modified soil adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment, Vol. 48, Issue 2, pp. 119-126. https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90134-1
	NDLI	Нормалізований диференційний індекс лігніну	$\text{NDLI} = (\log(1 / R1754) - \log(1 / R1680)) / (\log(1 / R1754) + \log(1 / R1680)),$ де R 1754 - кількість пікселів смуги довжиною хвилі 1754 нм $\text{NDLI} = (\log(1/R1754) \log(1/R1680)) / (\log(1/R1754) + \log(1/R1680))$	Оцінює відносну кількість лігніну, що міститься в рослинних покривах. Відбивну здатність за 1754 нм великою мірою визначає концентрація лігніну в листі	Serrano L, Penuelas J., Ustin S. L. (2002). Remote Sensing of nitrogen and lignin in Mediterranean vegetation from AVIRIS data. Decomposing biochemical from structural signals. Remote Sensing of Environment. 81, pp. 355-364 https://doi.org/10.1016/80034-4257(02)00011-1 . Herrmann I., Karnieli A., Bonfil D.J., Cohen Y., Alchanatis V. (2010). SWIR-based spectral indices for assessing nitrogen content in potato fields. International Journal of Remote Sensing. Vol. 31, Issue 19., pp. 5127-5143. https://dx.doi.org/10.1080/01431160903283892
	NDMI	Нормалізований диференційний індекс вологи, або нормалізована відмінність 820/1600	$\text{NDMI} = (820 \text{ нм} - 1600 \text{ нм}) / (820 \text{ нм} + 1600 \text{ нм})$	Для оцінки ґрунтів, у тому числі солончаків	Hardisky M. A., Klemas V., Smart R. M. (1983). The influence of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral radiance of spartina alterniflora canopies. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 49, Issue 1., pp. 77-83.

					Cibula W.G., Zetka E.F., Rickman D.L. (1992). Response of thematic mapper bands to plant water stress. International Journal of Remote Sensing. Vol. 13, Issue 10., pp. 1869-1880. https://dx.doi.org/10.1080/01431169208904236
31	NDNI	Нормалізований індекс вмісту азоту, або Нормалізований диференційний індекс азоту	$DWSI5 = \log(R1510) - 1 - \log(R1680) - 1 / \log(R1510) - 1 + \log(R1680) - 1$ $\text{Normalized difference Nitrogen Index (NDNI) = } (\log(1/R1510) \log(1/R1680)) / (\log(1/R1510) + \log(1/R1680))$	Призначений для оцінки відносної кількості азоту, що міститься в рослині. Відбивну здатність при 1510 нм визначає концентрація азоту в листі, а також загальна біомаса листя. Це порівнюється з еталонною відбивною здатністю при 1680 нм	Serrano L, Penuelas J., Ustin S. L. (2002). Remote Sensing of nitrogen and lignin in Mediterranean vegetation from AVIRIS data. Decomposing biochemical from structural signals. Remote Sensing of Environment. 81, pp. 355-364 https://doi.org/10.1016/80034-4257(02)00011-1. Melillo J., Aber J., and Muratore J. (1982). Nitrogen and lignin control of Hardwood leaf litterdecomposition dynamics. Ecology, no. 63, pp. 621-626. Merzlyak J. (1999). Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening. Physiologia Plantarum. no. 106. Pp. 135-141.
	NDRE	Нормалізований диференційний RedEdge індекс	$NDRE = (NIR - Rededge) / (NIR + Rededge)$	Використовують для гіперспектрального дистанційного зондування	Barnes E. M., Clarke T. R., Richards S. E., Colaizzi P. D., Haberiand J., Kostrzewski M., Waller P., Choi C., Riley E., Thompson T., Lascano R.J., Li H., Moran M.S. (2000). Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and capony density using ground based multispectral data. Proc. 5th Int. Conf. Precis Agric
32	NDVI	Нормалізований індекс вегетаційної	$NDVI = NIR - Red / NIR + Red$	Визначення стану посіву. Значення	Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A. and Deering D. W. (1974) Monitoring

		маси, або Нормалізований диференційний вегетаційний індекс		коливається від -1 до 1 за загального діапазону для зеленої рослинності від 0,2 до 0,8	Vegetation Systems in the Great Plains with ERST. Trird ERST-1 Symposium NASA, NASA SP-351, Washington DC, 309-317.
33	NDVI (Aparicio)	Нормалізований індекс вегетаційної маси	$NDVI_{Aparicio} = R900 - R680 \times R900 + R680$	Автори отримали два BI - нормалізований різницевий вегетаційний індекс (NDVI) і просте відношення (SR), а також оцінили їхню прогностичну цінність для TDM і LAI. Найкращим етапом для оцінки ознак були 65 та 75 етапи шкали Задокса. Потужність BI для оцінки TDM була нижчою, ніж їхня прогностична цінність для LAI. Придатність BI для оцінки ростових ознак залежала від діапазону мінливості експериментальних даних. Вегетаційні індекси точно відстежували зміни LAI, коли дані аналізувалися в широкому діапазоні	Aparicio N., Villegas D., Araus J.L., Casadesus J., Royo C. (2002). Relationship between growth traits and spectralvegetation indices in durum wheat. Crop Science. Vol. 42. Issue 5. pp. 1547-1555. https://doi.org/10.2135/cropsci2002.1547

				різних стадій росту, середовищ і генотипів. Однак їхня цінність як непрямих генотипових критеріїв відбору для TDM або LAI була обмеженою, тому що їм не вистачало прогностичної здатності для конкретних комбінацій середовища / стадії росту.	
34	NDVI (Datt)	Нормалізований індекс вегетаційної маси	$NDVIDatt = R800 - R680 / R800 + R680$	Визначення стану посіву	Datt B. (1998). Remote sensing of chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a+b, and total carotenoid content in Eucalyptus leaves. Remote Sensing of Environment, Vol. 66, Issue 2, pp. 111-121. https://doi.org/10.1016/s0034-4257(98)00046-7 .
35	NDVI (Haboudane)	Нормалізований індекс вегетаційної маси	$NDVIHaboudane = R800 - R670 / R800 + R670$	Визначення стану посіву	Haboudance D. (2004). Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. Remote Sensing of Environment, no. 90, pp. 337-352.
	NDVI	Нормалізований диференційний MIR/NIR, або Нормалізований диференційний	$NDVI = (MIR - NIR) / (MIR + NIR)$ MIR = (1300:3000), NIR = (800;10;10) Довжини хвиль: 800; 10; 10,1300:3000	Для оцінки вегетації рослин. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс	Buschmann C. (1993). Fernerkundung von Pflanzen – Ausbreitung. Gesundheitszustand and Produktivität. Naturwissenschaften. Vol. 80, pp. 439-453.

		вегетаційний індекс		використовується в разі сильних атмосферних впливів	
36	NDVI (Zarco-Tejada)	Нормалізований індекс вегетаційної маси	$NDVI_{Zarco-Tejada} = R774 - R677 / R774 + R677$	Визначення стану посіву; (-1) - (+1)	Zarco-Tejada P. J., Miller J. R., Noland T. L., Mohammed G. H., Sampson P. H. (2001). Scaling-up and model inversion methods with narrow-band optical indices for chlorophyll content estimation in closed forest canopies with hyperspectral data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 39, pp. 1491-1507.
37	NDWI	Нормалізований індекс водної маси	$NDWI = R860 - R1240 / R860 + R1240$	Визначення вмісту води; (-1) - (+1). NDWI чутливий до змін вмісту води в рослинному покриві. Ефекти атмосферного аерозольного розсіювання в області 0,86-1,24 мкм слабкі. NDWI менш чутливий до атмосферних ефектів, ніж NDVI. NDWI не повністю усуває фонові ефекти відбиття ґрунту, як NDVI. NDWI слід розглядати як незалежний індекс рослинності. Він доповнює, а не замінює NDVI.	Gao Bo-cai. (1996). NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of environment, Vol. 58, Issue 3, pp. 257-266. https://doi.org/10.1016/80034-4257(96)00067-3
38	NLI	Нелінійний індекс	$NLI = (NIR^2 - Red) / (NIR^2 + Red)$	Лінеаризує	Qi J., Chehbouni A., Huete A. R., Kerr Y.

				взаємозв'язки з поверхневими параметрами, які мають тенденцію бути нелінійними	H., Sorooshian S. A. (1994). Modifiend soil adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment, Vol. 48, Issue 2, pp. 119-126. https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90134-1
39	NPCI	Нормалізований загальний пігмент до індексу хлорофілу Normalized difference 680/430 Normalized Pigment Chlorophyll Index	$NPCI = (R680 - R430) / (R680 + R430)$	Визначення перебігу вегетації, вмісту хлорофілу; динаміки старіння	Penuelas J., Gamon J. A., Fredeen A. L., Merino J., Field C. B. (1994). Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen and water-limited sunflower leaves. Remote Sensing of Environment, Vol. 48, Issue 2, pp. 135-146. doi: 10.1016/0034-4257(94)90136-8
40	NPQI	Нормалізований індекс феофітинізації Normalized difference 415/435 Normalized Phaeophytinization Index, Normalized difference pigment index NDPI	$NPQI = (R415 - R435) / (R415 + R435)$	Визначення хлорофілу, деградації хлорофілу; (-1) – (+1)	Barnes J. D., Balaguer L., Manrique E., Elvira S., Davison A. W. (1992). A Reappraisal of the use of dmso for the extraction and determination of chlorophyllis-a and chlorophyllis-B in lichens and higher-plants. Environmental and Experimental Botany, Vol. 32, Issue 2, pp. 85-100. https://doi.org/10.1016/0098-8472(92)90034-y
41	OSAVI	Оптимізований індекс скоригованої рослинності з поправкою на ґрунт, або Оптимізований вегетаційний індекс ґрунту	$OSAVI = (1 + 0.16) \times (R800 - R670) / R800 + R670 + 0.16$ $OSAVI = (NIR - Red) / (NIR + Red + 0.16)$	Використовує стандартне значення 0,16, що забезпечує більші варіації ґрунту для низького рослинного покриття, демонструючи при цьому підвищену в більше як 50 % чутливість до рослинного покриття	Rondeaux G., Steven M., and Baret F. (1996). Optimization of Soil-Adjusted Vegetation Indices. Remote Sensing of Environment, no. 55, pp. 95-107

	PSRI	Індекс відбиття старіння рослин	$PSRI = (R680 - R500) / R750$	Максимізує чутливість індексу до відношення каротиноїдів до хлорофілу. Значення коливається від -1 до 1 за загального діапазону, для зеленої рослинності від -0,1 до 0,2	Merzlyak M.N., Gitelson A.A., Chivkunova O.B. (1999). Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening. <i>Physiologia Plantarum</i> . no. 106. pp. 135-141.
42	RDVI	Ренормалізований індекс вегетації рослинності, або ренормалізований диференційний вегетаційний індекс	$RDVI = R800 - R670 / \sqrt{(R800 + R670)}$	Використовує різницю між ближньою інфрачервоною та червоною довжинами хвиль для виділення здорової рослинності. Нечутливий до впливу ґрунту й сонця	Roujean J., and Breon F. (1995). Estimating PAR Absorbed by Vegetation from Bidirectional Reflectance Measurements. <i>Remote Sensing of Environment</i> , no. 51, pp. 375-384.
	ReCI NDRE	Хлорофільний RedEdge індекс Normalized difference 790/720 Normalized difference red edge index	$NDRE = (790 \text{ нм} - 720 \text{ нм}) / (790 \text{ нм} + 720 \text{ нм})$	Індекси, які використовують червоний край спектральної смуги, а саме Clred edge, MTCI, VARirededge та Red edge NDVI, може бути використано для супутникових систем зі спектральною смугою в області червоного (MERIS, Hyperion та/або перспективні системи EnMap, HyspIRI, HISUI).	Barnes E. M., Clarke T. R., Richards S. E., Colaizzi P. D., Haberland J., Kostrzewski M., Waller P., Choi C., Riley E., Thompson T., Lascano R.J., Li H., Moran M.S. (2000). Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground based multispectral data. <i>Proc. 5th Int. Conf. Precis Agric.</i> Daughtry C. S. (2001). Discriminating crop residues from soil by shortwave infrared reflectance. <i>Agronomy journal</i> , Vol. 1, Issue 93, pp. 125-131. https://doi.org/10.2134/AGRONJ2001.931125X
43	RGI	Червоно-зелений індекс пігменту	$RGI = R690 / R550$	Індекси, які використовують	Ceccato P., Flasse S., Tarantola S., Jacquemoud S., Gregoire J. M. (2001).

		Відносний індекс зеленого		зелений діапазон спектра, а саме зелений NDVI, VARIGreen та CIGreen, може бути використано в супутникових системах зі спектральним діапазоном, спектральними смугами в зеленій області (наприклад, Landast, Hyperion, MODIS з просторовою роздільною здатністю 500 м та 1 км, MODIS з просторовою роздільною здатністю 1 км просторової роздільної здатності та MERIS). Індeksi, які використовують лише червоний та інфрачервоний спектральні діапазони, а саме NDVI, EVI2 та WDRVI, може бути використано для моніторингу посівів такими супутниковими системами, як AVHRR, Landast, MODIS (просторова роздільна здатність 250 м) та	Detecting vegetation leaf water content using reflectance in the optical domain. Remote Sensing of Environment. Vol. 77, Issue 1, pp. 22-33. https://doi.org/10.1016/s0034-4257(01)00191-2 Miura T., Yoshioka H., Fujiwara K., Yamamoto H. (2008). Inter-Comparison of ASTER and MODIS Surface Reflectance and Vegetation Index Products for Synergistic Applications to Natural Resource Monitoring. Sensors, Vol. 8, pp. 2480-2499
--	--	---------------------------	--	---	--

				MERIS	
44	SAVI	Індекс скоригованої рослинності та ґрунту, або Вегетаційний індекс ґрунту	$SAVI = (1+L) - (R800 - R670) / (R800 + R670 + L) \times (Lin(0.1))$ $L = 0,5$ $L = 0,5$ (між -0,9 та 1,6)	Послаблює вплив пікселів, які відповідають ґрунту, і використовується в районах/ділянках з відносно рідкою рослинністю, де ґрунт проглядає крізь покрив рослин	Huete A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, Vol. 25, Issue 3, pp. 295-309 https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-x Huete A. R., Jackson R. D. (1988). Soil and atmosphere influences on the spectra of partial canopies. Remote Sensing of Environment. Vol. 25. Issue 1, pp. 89-105 https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90043-0 Qi J., Chehbouni A., Huete A. R., Kerr Y. H., Sorooshian S. A. (1994). Modifying soil adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment, Vol. 48, Issue 2, pp. 119-126. https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90134-1 Daughtry C. S. T., Walthall C.L., Kim M.S., Brown de Colstoun E., and McMurtrey J.E. (2000). Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. Remote Sensing of Environment, 74, pp. 229-239.
45	SAVI2	Індекс скоригованої рослинності та ґрунту	$SAVI2 = R800 / (R670 + a2/b2)$	Використовується для визначення стану посіву	Major D. J., Baret F., Guyot G. (1990). A ratio vegetation index adjusted for soil brightness. International Journal of Remote Sensing, Vol. 11, Issue 5, pp. 727-740. https://doi.org/10.1080/01431169008955053 Baret F., Guyot G., Major D. J. (1989).

					TSAVI: a vegetation index which minimizes soil brightness effect on LAI and APAR estimation. Proceedings of 12th Canadian Symposium on Remote Sensing and IGARSS 89. pp. 1355-1358. Richardson A. J., Everitt J. H. (1992). Using spectral vegetation indices to estimate rangeland productivity. Geocartogr Int., Vol. 1, pp. 63-69.
SAVI3	Ґрунтова й атмосферно резистентний індекс 3, або Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index 3	$SAVI3 = (1 + 0,5) \frac{(833 \text{ нм} - 658 \text{ нм})}{(833 \text{ нм} + 658 \text{ нм} + 0,5)}$	Середньодобові значення коефіцієнтів відбиття у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах мають згладжені сезонні тренди, незважаючи на варіації сонячного випромінювання під час збору даних. Дати переломних моментів у трендах сезонних коефіцієнтів відбиття ближньої інфрачервоної (765-900 нм) та червоної (630-690 нм) зон можуть свідчити про завершення вегетації і початок осінніх змін відповідно. Проте точнішим є диференційний вегетаційний індекс та	Shibayama M., Salli A., Hame T., Iso-Livari L., Heino S., Alanen M., Morinaga S., Inoue Y., Akiyama T. (1999). Detecting Phenophases of Subarctic Shrub Canopies by Using Automated Reflectance Measurements. Remote Sensing of Environment. Vol. 67, Issue 2, pp. 160-180. https://doi.org/10.1016/30034-4257(98)00082-0	

				співвідношення коефіцієнтів відбиття зеленої (520-600 нм) і червоної (630-690 нм) смуг спектра	
46	SIPI1	Структурний незалежний пігментний індекс, або Pigment Index	$SIPI1 = R445 - R800 / R670 - R800$	Співвідношення каротиноїдів і хлорофілу Оцінка вегетації; визначення вмісту хлорофілу	Blackburn G. A. (1998). Spectral indices for estimating photosynthetic pigment concentrations: A test using senescent tree leaves. International Journal of Remote Sensing, Vol. 19, Issue 4, pp. 657-675. https://doi.org/10.1080/014311698215919
	SIPI2	Структурний інтенсивний індекс 2, або Pigment Index 2	$SIPI2 = (R800 - R505) / (R800 - R690)$		Penuelas J., Filella I. (1998). Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. Trends in Plant Science, Vol. 3, Issue 4, pp. 151-156. https://doi.org/10.1016/81360-1385(98)01213-8
	SIPI3	Структурний інтенсивний індекс 3, або Pigment Index 3	$SIPI3 = (R800 - R470) / (R800 - R680)$		Pu R., Gong P., Yu Q. (2008). Comparative analysis of EO-1 ALI and Hyperion, and Landsat ETM+ Data for mapping forest crown closure and leaf area index. Sensors. Vol. 8. Issue 6, pp. 3744-3766. https://www.mdpi.com/1424-8220/8/6/3744/
	SLAVI	Веgetаційний індекс питомої листової поверхні Specific Leaf Area Vegetation Index	$SLAVI = NIR / (Red + SWIR)$ Довжини хвиль: 640:760, 780:1400, 1400:3000	Питома листовая поверхня (SLA) – важлива екологічна змінна через її зв'язок з екофізіологією рослин та біохімією листя. Варіації SLA пов'язано	Lymburner L., Beggs P. J., Jacobson C.R. (2000). Estimation of canopy-average surface-specific leaf area using Landsat TM data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 66, Issue 2, pp.183-191.

				з варіаціями оптичних властивостей листя, і ці зміни в оптичних властивостях листя призводять до змін у відбивній здатності покриву посіву	
47	SPVI	Спектральний полігональний вегетаційний індекс Specific Polygon Vegetation Index	$SPVI = 0.4 \times (3.7 \times (R800-R670) - 1.2 \times (R530 - R670))$ Довжини хвиль 530,670,800	Стан посіву, оцінка площі листової поверхні та вмісту хлорофілу в покриві	Vincini M., Frazzi E., D'Alessio P. Narrow-band vegetation indexes from hyperion and directional chris/proba data for canopy chlorophyll density estimation in maize. Proc. 'Envisat Symposium 2007', Montreux, Switzerland 23-27 April 2007 (ESA SP-636, July 2007) Main R., Cho M., Mathieu R., O'Kennedy M., Ramoelo A., Koch S. (2011). An investigation into robust spectral indices for leaf chlorophyll estimation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 66. 751-761. 10.1016/j.isprsjprs.2011.08.001.
	SR	Просте співвідношення	$5B = MIB / B_{ci}$	Співвідношення довжини хвилі з найбільшим відбиттям для рослинності та довжини хвилі найглибшого поглинання хлорофілу; може перенасичуватися в умовах густої рослинності, коли рівень LAI стає високим	Boegh E., Soegaard H., Broge N., Hasager C.B., Jensen N.O., Schelde K., Thomsen A. (2002). Airborne multispectral data for quantifying leaf area index, nitrogen concentration, and photosynthetic efficiency in agriculture, Remote Sensing of Environment, Vol. 81, Issue 2-3, pp. 179-193. https://doi.org/10.1016/S0924-6460(01)00342-X .

48	SRWI	Простий диференційний водний індекс, або Simple Ratio Water Index, або Simple Ratio 860/1240	$SRWI = R858 / R1240$	Дані відбиття MODIS, значення геометрії спостереження та LAI було використано як вхідні дані в розробці моделі для оцінки рівня доступної вологи, сухої речовини та структури листя. Результати показали добру кореляцію між часовими рядами вмісту води в листі, оціненої за допомогою MODIS, та наземного вимірювання вмісту вологи в листі ($r^2=0,7$), демонструючи, що ці методи потенційно може бути використано для глобального моніторингу вмісту води в листках рослинності	Zarco-Tejada P. J., Rueda C. A., Ustin S.L. (2003). Water content estimation in vegetation with MODIS reflectance data model inversion methods. Remote Sensing of Environment, Vol. 85, Issue 1, pp. 109-124. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00197-9
49	SWIRVI	Індекс інфрачервоної зеленої рослинності	$SWIRVI = 37.27 \times ((R2210 + R2090) + 26.27 \times (R2208 - R2090) - 0.57$	Автори представили підхід під назвою AutoSWIR, який спочатку було розроблено для напівпосушливих і посушливих середовищ і який використовує низьку	Asner G. P., and Lobell D. B. (2000). A biogeophysical approach to automated SWIR unmixing of soil and vegetation. Rem. Sens. Environ. Vol. 74, Issue 1, pp. 99-112. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00126-7 Lobell D. B., and Asner G. P. (2001). Subpixel canopy cover estimation of

				варіабельність SWIR2 матеріалів, знайдених у більшості екосистем. AutoSWIR полегшує точні оцінки рослинного покриву, які може бути автоматично отримано зі спектральних вимірювань SWIR2, зібраних майбутніми космічними спектрометрами зображень, такими як EO-1 Hyperion Програми нового тисячоліття НАСА. Ці оцінки потім може бути використано для характеристики неоднорідності ландшафту, важливої для досліджень поверхні Землі, атмосфери і біогеохімічних досліджень	coniferous forests in Oregon using SWIR imaging spectrometry. Journal of geophysical research, Vol. 106, no. D6, pp. 5151-5160
50	tmNDVI	Модифікований NDVI	$tmNDVI = \frac{\{(1 / i900nm * \sum_{i=760nm}^{900nm} Ri - 1 / i690nm * \sum_{i=630nm}^{690nm} Ri)\}}{\{(1 / i900nm * (\sum_{i=760nm}^{900nm} Ri) + (1 / i690nm * \sum_{i=630nm}^{690nm} Ri))\}}$	Визначення стану посіву: (-1)-(+1) Автори розробили метод кількісного вимірювання стану рослинності в широких регіонах	Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A. and Deering D. W. (1974) Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERST. Trird ERST-1 Symposium NASA, NASA SP-351, Washington DC, 309-317.

				використанням даних ERTS-1 MSS. Значення яскравості, зареєстровані в 5 і 7 спектральних діапазонах ERTS-1, скориговані на кут нахилу сонця, використовуються для обчислення параметру співвідношення діапазонів, який, як показано, корелює з надземною зеленою біомасою на пасовищах	
	TDVI	TDVI: трансформований різницевий вегетаційний індекс	$TDVI = 1.5 - [(p_{n/r} - p) / \sqrt{(p_{n/r}^2 + p_r + 0.5)}]$	Цей індекс показує таку саму чутливість, як вегетаційний індекс, скоригований на ґрунт (SAVI), до оптичних властивостей голого ґрунту, що прилягає до покриву. Він не насичується, як NDVI та SAVI, і демонструє відмінну лінійність як функцію від рівня рослинного покриву	Bannari A., Asalhi H., and Teillet P. (2002). Transformed Difference Vegetation Index (TDVI) for Vegetation Cover Mapping. In Proceedinds of the Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '02, IEEE International, no. 5, pp. 24-29.
51	TSAVI	Трансформований індекс скоригованої рослинності ґрунту, або Transformed Soil Adjusted Vegetation	$TSAVI = a \times (R800 - aR670 - b) / (R670 + aR850 - ab)$	Стан посіву. Оптичні властивості ґрунту впливають на спектральну реакцію наметів	Baret F., Guyot G., Major D. J. (1989). TSAVI: a vegetation index which minimizes soil brightness effect on LAI and APAR estimation. Proceedings of 12th Canadian Symposium on Remote Sensing

		Index		сільськогосподарських культур і вносять шум у взаємозв'язок між даними про відбиття та характеристиками сільськогосподарських культур, такими як індекс листової поверхні (LAI) або поглинута фотосинтетично активна радіація (APAR). Було запропоновано різні комбінації червоного й ближнього інфрачервоного діапазонів, але вони досі страждають від високої чутливості до яскравості ґрунту. Позаяк ідеального вегетаційного індексу не існує, описано вдосконалений вегетаційний індекс – трансформований вегетаційний індекс з поправкою на ґрунт (TSAVI). Модель SAIL було використано для моделювання в різних умовах взаємозв'язку між TSAVI та LAI або	and IGARSS 89. pp. 1355-1358. Richardson A. J., Everitt J. H. (1992). Using spectral vegetation indices to estimate rangeland productivity. Geocartogr Int., Vol. 1, pp. 63-69.
--	--	-------	--	---	--

				APAR	
52	TVI	Трикутний індекс рослинності, або Triangular Vegetation Index	$TVI = 0.5 \times (120 \times (R750 - R550) - 200 \times (R670 - R550))$	Визначення хлорофілу: характеризує величину ФАР, яка поглинається пігментами листя. Суть ідеї: загальна площа трикутника (G, R, NIR) збільшиться через поглинання хлорофілу і листя	Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A. and Deering D. W. (1973). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Prog. Rep. RSC 1978-1, 93 p. Location Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station
53	VOG1	Індекс Вогельмана, або Перший індекс червоного краю Вогельмана, або Simple Ratio 740/720	$VOG1 = (R734 / R747) / R715 / R726$ Довжини хвиль: R715 : R726, R734 : R747	VOG2 – індекс для вимірювання відбиття у вузьких спектральних каналах, чутливий до комбінованих ефектів концентрації хлорофілу в листках, поверхні листків покриву та вмісту вологи. Застосування включає дослідження фенології (росту) рослинності, точне сільське господарство та моделювання продуктивності рослинності	Vogelmann J. E., Rock B. N., Moss D. M. (1993). Red Edge spectral measurements from sugar maple leaves. International Journal of Remote Sensing, Vol. 14, Issue 8, pp. 1563-1575. https://doi.org/10.1080/01431169308953986
54	VOG2	Вогельмана індекс Другий індекс червоного краю Вогельмана (VOG2) Modified Normalised Difference 734/747/715/726 Vogelmann indices 2	$VOG2 = (734_{nm} - 747_{nm}) / (715_{nm} + 726_{nm})$ $VOG2 = R734 - R747 / R715 - R720$		
55	VOG3	Індекс Вогельмана, або Третій індекс червоного краю Вогельмана (VOG3), або Simple Ratio 715/705	$VOG3 = (734 \text{ nm} - 747 \text{ nm}) / (715_{nm} + 720 \text{ nm})$ $VOG3 = R734 - R747 / R715 - R726$	Індекс VOG3 – вимірювання відбиття у вузьких спектральних каналах, що чутливе до комбінованих ефектів	

		Vogelmann indices 3		концентрації хлорофілу в листках, поверхні листків покриву та вмісту вологи. Застосування включає дослідження фенології (росту) рослинності, прецизійне / цифрове рослинництво та моделювання продуктивності рослинності. Значення цього індексу варіюються від 0 до 20. Загальний діапазон для зеленої рослинності становить від 4 до 8	
	VOG1	Просте співвідношення, або Vogelmann indices 1	$\text{VOG1} = 740_{\text{нм}} / 720_{\text{нм}}$ $\text{VOG1} = R740 / R720$	Оцінка вегетації; визначення вмісту хлорофілу	Vogelmann J. E., Rock B. N., Moss D. M. (1993). Red Edge spectral measurements from sugar maple leaves. International Journal of Remote Sensing, Vol. 14, Issue 8, pp. 1563-1575. https://doi.org/10.1080/01431169308953986
	WDRVI	Веgetаційний індекс широкого динамічного діапазону, або Wide Dynamic Range Vegetation Index	$\text{WDRVI} = (a \times R782 - R667) / (a \times R782 + R667)$	Індекс рослинного покриву широкого динамічного діапазону (WDRVI) = $(a * \text{pNIR} - \text{pRed}) / (a * \text{pNIR} + \text{pRed})$, де коефіцієнт а має значення 0,1-0,2, збільшує кореляцію з часткою рослинності	Gitelson A. (2004). Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. Journal of Plant Physiology. No. 2. pp. 165-173.

				шляхом лінеаризації зв'язку для типових покривів пшениці, сої й кукурудзи. Чутливість WDRVI до помірних і високих значень LAI (від 2 до 6) була принаймні втричі вищою, ніж у NDVI. Завдяки розширенню динамічного діапазону при використанні тих самих діапазонів, що й NDVI, WDRVI дає змогу надійніше характеризувати фізіологічні і фенологічні характеристики сільськогосподарських культур. Лінійний зв'язок з часткою рослинності та набагато вища чутливість до зміни LAI будуть особливо цінними для точного землеробства та моніторингу стану рослинності в умовах помірної і високої щільності. Цей індекс доповнить NDVI та	
--	--	--	--	--	--

				інші вегетаційні індекси, які базуються на червоному й інфрачервоному спектральних діапазонах	
56	ZM	Zarco-Tejada & Miller індекс, або Simple Ratio 750/710 Zarco-Tejada & Miller (ZM)	$ZTM = R750 / R710$	Використовується у лісівництві, для гіперспектрального дистанційного зондування; для Red-edge гіперспектрального дистанційного зондування, для визначення хлорофілу, для визначення поверхні листового апарату рослин	Zarco-Tejada P. J., Miller J. R., Noland T. L., Mohammed G. H., Sampson P. H. (2001). Scaling-up and model inversion methods with narrow-band optical indices for chlorophyll content estimation in closed forest canopies with hyperspectral data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 39, pp. 1491-1507. Main R., Cho M., Mathieu R., O'Kennedy M., Ramoelo A., Koch S. (2011). An investigation into robust spectral indices for leaf chlorophyll estimation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 66. 751-761. 10.1016/j.isprsi.2011.08.001.
57	EVI	Вдосконалений вегетаційний індекс	$EVI = Gx (NIR-RED) / (NIR + C1 \times RED - C2 \times BLU + L)$	Для оцінки вегетації (біомаси, поверхні листового апарату рослин). Розроблено як покращення NDVI шляхом оптимізації сигналу рослинності в областях з високим індексом листової поверхні (LAI) / За замовчуванням L=1,	Huete A. R., Justice C., Van Leeuwen W. (1999). Modis Vegetation Index (MOD 13). Algorithm Theoretical Basis Document, Version 3 Huete E.R., Jr., Daughtry C. S. T., Eitel J.U.H., Long D.S. (2011). Remote sensing leaf chlorophyll content using a visible band index. Agronomy Journal, Vol. 103, pp. 1090-1099

				C1 =6, C2 = 7,5, G = 2,5	
Індекси оцінки водного режиму рослин					
CBI	Індекс ціанобактерій, або Cyanobacteria index	$(R702 - R667) - R742 - R667 ((R702 - R667) / (R742 - R667))$	Визначення ціанобактерій, детектування цвітіння води у водоймах	Moradi M. (2014). Comparison of the efficacy of MODIS and MERIS data for detecting cyanobacterial blooms in the southern Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 87. pp. 311-322	
TSS	Загальний вміст суспендованих осадів, або Total Suspended Sediments	$1.4 + 1.6 ((R555 - R667)^{1.7} / (R443 / R555))$	Загальна проблема при дистанційному зондуванні якості води – визначення різних концентрацій речовин	Mayo M., Karnieli A., Gitelson A., and Ben-Avraham Z. (1993). Determination of suspended sediment concentration from CZCS data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 59, pp. 1265-1269.	
TSM	Загальний вміст суспендованої речовини, або Total Suspended Matter	R740 / R555	у масі води: (1) пігменту хлорофілу, що міститься у фітопланктоні; (2) розчинених органічних речовин, що утворюються в результаті розпаду живих організмів, які надходять у водну систему, розкладання живих організмів, які надходять у водний об'єкт з річок, що несуть гумінові кислоти з рослинності й живих організмів, які розкладаються, а також органічні забруднювачі – речовини, що утворюються в результаті людської	Doxaran D., Froidefond J.M., and Castaing P. (2002). A reflectance band ratio used to estimate suspended matter concentrations in coastal sediment-djminated waters. Int. J. Remote Sensing., 23, pp. 5079-5085	

				діяльності та неорганічні відкладення, створені річковим стоком або донною суспензією. Сумарна відбита радіація від водного об'єкта залежить від усіх цих компонентів. Щоб знайти розподіл зважених наносів або седиментів за допомогою вимірювань блиску, потрібно дослідити взаємозв'язок між хлорофілом і всіма іншими складниками, адже існує зв'язок між цими параметрами в різних водоймах	
	ChI	Індекс блакитний / зелений, або Blue/green Index	R490 / R555	Для оцінки водного режиму рослин	Gordon H. B., Clark D. K., Brown J.W., Evans R. H., and Broenkow W.W. (1983). Phytoplankton pigment concentrations in the Middle Atlantic Bight: Comparison of ship determinations and CZCS estimates. Appl. Opt., 22, pp. 20-36.
	ChI-2B	Двосмугова модель, або Two band model	R702 / R667	Для оцінки водного режиму рослин	Gitelson A., and Kondratiev K. (1991). Optical models of mesotrophic and eutrophic waters. Int. Journal of Remote Sensing, Vol. 12(3), pp. 373-385.
	ChI-3B	Трисмугова модель, або Three	$(R_{702} - R_{667})^*$ p742	Для оцінки водного режиму рослин	Dall'Oima G., Gitelson A., and Rundquist D.C. (2003). Towards a

		band model			unified approach for remote estimation of chlorophyll-a in both terrestrial vegetation and turbid productive waters. Geophys. Res. Lett., 30(18), 1938 https://doi.org/10.1029/20030L118065 , 2003
	NorChI	Нормалізований CHI індекс, або Normalized ChI Index	$(R702 - R667) / (R702 + R667)$	Для оцінки водного режиму рослин	Mishra S. and Mishra D. R. (2012) Normalized Difference Chlorophyll Index: A Novel Model for Remote Estimation of Chlorophyll – A Concentration in Turbid Productive Waters. Remote Sensing of Environment, 117, 394-406
	Phycocyanin1	Індекс фікоціаніну 1, або Phycocyanin Index 1	$R702 / R620$	Фікоціанін – пігментно-білковий комплекс із родини світлозбиральних фікобіліпротеїнів поряд з апофікоціаніном і фікоеритрином. Характерна особливість поглинання	Simis S. G. H., Peters S.W.M., Gons H.J. (2005). Remote Sensing of the cyanobacterial pigment phycocyanin in turbid inland water. Limnol. Oceanogr. 50, pp. 237-245. Mishra S. and Mishra D. R. and Schluchter W. M. (2009). A novel algorithm for predicting phycocyanin concentrations in cyanobacteria: A proximal hyperspectral remote sensing approach. Remote Sens. 1, 758-775.
	Phycocyanin2	Індекс фікоціаніну 2, або Phycocyanin Index 2	$R667 / R620$	фікоціаніну при 620 нм забруднена залишковим поглинанням хлорофілу-а (Chi-a), тому запропоновано	Schalles J. F. and Yacobi Y.Z. (2000). Remote detection and seasonal patterns of phycocyanin, carotenoid, and chlorophyll pigments in eutrophic waters. Archives Hydrobiologica, 55, pp. 153-168.
	Phycocyanin2	Індекс фікоціаніну 3, або Phycocyanin Index 3	$((R620)^{-1} - (R667)^{-1}) R778$	коефіцієнт (ψ) для виділення компоненту поглинання фікоціаніну при 620	Mishra S. and Mishra D. R. (2014). A novel remote sensing algorithm to quantify phycocyanin in cyanobacterial algal blooms. Environ. Res. Lett., 9,

				нм. РСЗ усуває проблему нелінійної чутливості алгоритмів фікоціаніну, особливо при високому вмісті пігменту (>100 мкг л- 1)	114003
Індекси для оцінки вегетації рослин					
	SR	Просте співвідношення, або Simple Ratio	R_{865} / R_{620}	Для оцінки вегетації рослин	Jordan C. F. (1969). Derivation of leaf- area index from quality of light on forest floor. Ecology, 50, 663-666.
	NDVI	Нормалізований диференційний вегетаційний індекс, або Normalised Difference Vegetation Index	$(R_{865} - R_{620}) / (R_{865} + R_{620})$	Для оцінки вегетації рослин	Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A. and Deering D. W. (1974) Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERST. Trird ERST-1 Symposium NASA, NASA SP-351, Washington DC, 309-317.
	PVI	Перепендикулярний індекс, або Perpendicular Vegetation Index	$p_{865} - (a \times R_{620} + b) / \sqrt{1 + a^2}$	Для оцінки вегетації рослин з урахуванням яскравості ґрунту; а та b коефіцієнти яскравості ґрунту	Richardson A. J., Wiegand C.L. (1977). Distinguishing vegetation from soil background information. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol 43, Issue 2, pp. 1541-1552.
	SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index	$((R_{865} - R_{620}) / (R_{865} + R_{620} + L)) (1 + L)$	Для оцінки вегетації з урахуванням впливу ґрунту: L=0,1 для розрідженої рослинності; L=0,5 для помірно щільної рослинності; L=1 для щільної рослинності	Huete A. R. (1988). A soil-abjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, Vol. 25, Issue 3, pp. 295- 309. https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-x
	ARVI	Атмосферно	$(R_{865} - prb) / (pNIR + prb);$	Для оцінки вегетації	Kaufman Y.J., and Tanre D. (1992).

		резистентний вегетаційний індекс, або Atmospherically Resistant Vegetation Index	$rb = R - y (B - R)$	рослин; $y=1$	Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 30, pp. 261-270. Wu J., Wang D., Bauer M.E. (2007). Assessing broadband Vegetation Index and QuickBird data in estimating leaf area index of corn and potato canopies. Field Crops Research, Vol. 102. Issue 1, pp. 33-42. https://doi.org/10.1016/j.fcr..2007.01.003
	EVI	Посилений вегетаційний індекс, або Enhanced Vegetation Index	$((R865 - R620) / (R865 - C1 \times R620 + C2 \times R443 + L)) \times G$	Для визначення вегетації, біомаси, площі поверхні листків рослин; $L=1$; $C1=6$; $C2=7.5$; $G=2.5$	Huete A., Didan K., Miura T., Rodriguez E.P., Gao X., Ferreira L.G.(2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS Vegetation Indices. Remote Sensing of Environment. Vol. 83, Issue 1-2, pp. 195-213. https://doi.org/10.1016/30034-4257(02)00096-2
	VARI green	Visible atmospherically resistant Vegetation Index green	$(R555 - R667) / (R555 + R667 - R490)$	Індекси, які використовують червоний край спектральної смуги, а саме Clred, edge, MTCI, VARired edge та Red edge NDVI, може бути використано для супутникових систем зі спектральною смугою в області червоного	Gitelson A. A., Kaufman Y. J., Stark R., and Rundquist D. (2002). Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. Remote Sensing of Environment. Vol. 80. pp. 76-87. https://doi.org/10.1016/80034-4257(01)00289-9
	VARI red edge	Visible atmospherically resistant Vegetation Index red edge	$(R702 - 1.7 R667 + 0.7 R490) / (R702 + 2.3 R667 - 1.3 R490)$	використано для супутникових систем зі спектральною смугою в області червоного	Gitelson A. (2011). Remote Sensing Estimation of crop Biophysical Characteristics at Various Scales. https://doi.org/10.1201/b11222-21
	Red edge 1 NDVI	Red edge 1 NDVI	$(R782 - R702) / (R782 + R702)$	(MERIS, Hyuperion та/ або перспективні системи EnMap, HyspIRI, HISUI).	Gitelson A. A. and Merzlyak (1994). Spectral reflectance changes associated with autumn senescence of Asculus hippocastanum and Acer platanoides

				Індекси, які використовують зелений діапазон спектра, а саме зелений NDVI, VARIGreen та CIGreen, може бути використано в супутникових системах зі спектральним діапазоном, спектральними смугами в зеленій області (наприклад, Landast, Hyperion, MODIS з просторовою роздільною здатністю 500 м та 1 км, MODIS із просторовою роздільною здатністю 1 км та MERIS). Індекси, які використовують лише червоний та інфрачервоний спектральні діапазони, а саме NDVI, EVI2 та WDRVI, може бути використано для моніторингу посівів такими супутниковими системами, як AVHRR, Landast, MODIS (просторова роздільна	leaves. Spectral features and relation to chlorophyll estimation. J. Plant Physiol., 143, pp. 286-292 Gitelson A. (2011). Remote Sensing Estimation of crop Biophysical Characteristics at Various Scales. Chapter 15 in Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation (Thenkabail P.S., Lyon J.G., Huete A., Eds), pp. 329-358 Taylor and Francis.
	Red edge 2 NDVI	Red edge 2 NDVI	$(R782 - R742) / (R782 + R742)$		
	Green NDVI	Зелений нормалізований диференційний вегетаційний індекс, або Green Normalised Difference Vegetation Index	$(R782 - R555) / (R782 + R555)$		Buschmann C., Nagel E. (1993). In vivo spectroscopy and internal optics of leaves as basis for remote sensing of vegetation. Int. J Remote Sensing, 14, pp. 711-722. Buschmann C. (1993). Fernerkundung von Pflanzen – Ausbreitung. Gesundheitszustand and Produktivität. Naturwissenschaften. Vol. 80, pp. 439-453.

				здатність 250 м) та MERIS	
	WDRVI	Вегетаційний індекс широкого динамічного діапазону, або Wide Dynamic Range Vegetation Index	$(a \times R782 - R667) / (a \times R782 + R667)$	Для оцінки вегетації рослин; $a = 0,1-0,2$	Gitelson A. (2004). Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. Journal of Plant Physiology. No. 2. pp. 165-173.
Індекси для визначення азоту та пігментів у рослинах					
	REIP	Перегин червоного краю, або Red-edge Inflection Point	$702 + 40 (((R667 + R782) / 2) - R702) / (R742 - R702))$	Визначення поверхні листя рослин, вмісту хлорофілу, азоту	Herrmann I., Karnieli A., Bonfil D.J., Cohen Y., Alchanatis V. (2010). SWIR-based spectral indices for assessing nitrogen content in potato fields. International Journal of Remote Sensing. Vol. 31, Issue 19., pp. 5127-5143. https://dx.doi.org/10.1080/01431160903283892 Herrmann I., Pimstein A., Karnieli A., Cohen Y., Alchanatis V., and Bonfil D.J. (2011). LAI assessment of wheat and potato crops by VENUS and Sentinel-2 bands. Remote Sensing of Environment. 115, 2141-2151.
	CARI	Поглинання хлорофілу за індексом відбиття, або Chlorophyll Absorption in Reflectance Index	$(R702 - R667) - 0.2 (R702 - R555)$	Визначення вмісту азоту	Kim M.S. (1994). The use of narrow spectral bands for improving Remote Sensing estimation of fractionally absorbed photosynthetically active radiation. (fAPAR). Masters Thesis, Department of Geography, University of Maryland, College Park, MD Kimura R., Okada S., Miura H., & Kamichika M. (2004). Relationships among the leaf area index, moisture

					availability, and spectral reflectance in an upland rice field. Agricultural Water Management, 69(2), 83-100. https://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2004.04.009
	MCARI	Модифікований індекс поглинання хлорофілу в коефіцієнті відбиття, або Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index	$((R702 - R667) - 0.2(R702 - R555)) (R702 / R667)$	Визначення азоту	вмісту Daughtry C. S. T., Walthall C.L., Kim M.S., Brown de Colstoun E., and McMurtrey J.E. (2000). Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. Remote Sensing of Environment, 74, pp. 229-239.
	TCARI	Трансформований індекс відбиття поглинання хлорофілу, або Transformed Chlorophyll Absorption in Reflectance Index	$3((R702 - R667) - 0.2(R702 - R555)) (R702 / R667)$	Визначення азоту	вмісту Haboudance D., Miller J.R., Tremblay N., Zarco-Tejada P.J., and Dextraze L. (2002). Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. Remote Sensing of Environment, 81, pp. 416-426
	TCARI / OSAVI	Трансформований індекс відбиття поглинання хлорофілу / Оптимізований індекс рослинності, скоригований на ґрунт	$3((R702 - R667) - 0.2(R702 - R555)) (R702 / R667) / ((R865 - R667) / (R865 + R667 + L)) (1+L)$	Визначення азоту	вмісту Lhotakova Z., Albrechtova J., Malenovsky Z., Rock B. N., Polak T., Cudin P. (2007). Does the azimuth orientation of Norway spruce (Picea abies/L./Karst.) branches within sunlit crown part influence the heterogeneity of biochemical, structural and spectral characteristics of needles. Environmental and Experimental Botany. 59. pp.283-292.
	GCI	Індекс зеленого хлорофілу, або Green Chlorophyll	$(R782 / R555) - 1$	Визначення хлорофілу	вмісту Gitelson A. A., Gritz U. and Merzlyak M. N. (2003). Relationships between leaf chlorophyll content and spectral

		Index			reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. J Plant Physiol., Vol. 160, no 3, pp. 271-282.
PCCI	Поверхневий хлорофільний індекс надземної частини рослин, або Planophile Canopy Chlorophyll Index	(R782 / R702) - 1	Визначення хлорофілу	вмісту	Gitelson A. A., Vina A., Rundquist D.C., Ciganda V., Arkebauer T.J. (2005). Remote estimation of canopy chlorophyll content in crops. Geophys. Res. Lett., 32, L08403
ICCI	Індекс хлорофілу еректильного покриву, або Erectophile Canopy Chlorophyll Index	(R782 / R742) - 1	Визначення хлорофілу	вмісту	Gitelson A. A., Vina A., Rundquist D.C., Ciganda V., Arkebauer T.J. (2005). Remote estimation of canopy chlorophyll content in crops. Geophys. Res. Lett., 32, L08403
TCI	Індекс хлорофілу, або Terrestrial Chlorophyll Index	(R754 - R709) / (R754 + R709)	Визначення хлорофілу	вмісту	Dash J., Curran P.J. (2004). The MERIS terrestrial chlorophyll index. Int. J. Remote Sens., 25, pp. 5003-5013
MTCI	MERIS – індекс хлорофілу в сухій масі	(R782 - R702) / (R702 + R667)	Визначення хлорофілу	вмісту	Gitelson A. A., Merzlyak M. N. and Chivkunova O. B. (2001). Optical properties and non-destructive estimation of anthocyanin content in plant leaves. Photochemistry and Photobiology, 74(1), pp. 38-45.
CRI	Індекс відбиття каротиноїдів	$((R490)^{-1} - (R702)^{-1}) R783$	Визначення каротиноїдів	вмісту	Gitelson A. A., Zur Y., Chivkunova O. B. and Merzlyak M. N. (2002). Assessing carotenoid content in plant leaves with reflectance spectroscopy. Photochemistry and Photobiology, 75(3), 272-281.
PSRI	Індекс відбиття старіння рослин, або Plant Senescence Reflectance Index	(R678 - R500) / R750	Визначення співвідношення каротиноїди / хлорофіл (Car / Chl ratio)		Merzlyak M.N., Gitelson A.A., Chivkunova O.B. (1999). Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening. Physiologia Plantarum. no. 106. pp. 135-

					141.
	CWCI	Індекс вмісту води в покриві, або Індекс водного стресу культур	$CWCI = (R865 - R910) / (R865 + R910)$	Визначення вмісту води; визначення фізіологічних показників рослин; точне землеробство; визначення стресу, водного стресу	Moran M. S., Inoue Y., Barnes E.M. (1997). Opportunities and limitation for image-based remote sensing in precision crop management. Remote Sensing of Environment. Vol. 61, Issue 3, pp. 319-346. https://dx.doi.org/10.1016/s0034-4257(97)00045- Pinter P. J., Hatfield J.L., Schepers J.S., Barnes E.M., Moran M.S., Daughtry C.S.T., Upchurch D.R. (2003). Remote Sensing for crop management. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 69, Issue 6, pp. 647-664.

Основні вегетаційні індекси для оцінки стану посівів (за даними О. Л. Зозулі та ін., 2023)

Індекс	Формула	Опис
NDVI	$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$	Найчастіше вживаний показник для обчислення кількості фотосинтетичної маси (біомаси). Індекс широкого діапазону спектра й оцінки умов вегетації, стану рослин (відносний рівень рослинного покриву, оцінка продуктивності і врожайності)
VARI	$VARI = (GREEN - RED) / (GREEN + RED - BLUE)$	Індекс широкого діапазону спектра та умов оцінки рівня вегетації і стану рослин у видимому діапазоні спектра (відносний рівень рослинного покриву, оцінка і моніторинг його стану, оцінка продуктивності та врожайності). Дозволяє ідентифікувати ділянки з деградацією рослинності
SAVI	$SAVI = ((NIR - RED) / (NIR + RED + L)) * (1 + L)$	Індекс вузького діапазону спектра та умов вегетації з корекцією щодо ґрунту. Значення L варіює залежно від щільності зеленого покриву. При L=0 (щільний покрив) цей індекс дорівнює NDVI. За відсутності зеленого покриву L=1, на полях із помірним зеленим покривом L=0,5 (використовується за замовчуванням). Зазвичай використовують для аналізу зрідженого рослинного покриву (біля 15-20 %) на ранніх і середніх стадіях росту
GNDVI	$GNDVI = (NIR - GREEN) / (NIR + GREEN)$	Індекс для визначення змін вмісту хлорофілу, наявності стресу, рівня азоту та оцінки старіння рослин. Використовують на середніх і пізніх стадіях розвитку
GDVI	$GDVI = NIR - GREEN$	Індекс визначення фотосинтетичної активності рослинного покриву, для оцінки вмісту вологи і концентрації азоту в листі рослин. Використовують на ранніх і середніх стадіях розвитку
NDRE	$NDRE = (NIR - REDEdge) / (NIR + REDEdge)$ NIR - значення ближнього інфрачервоного каналу REDEdge - значення далекого інфрачервоного каналу	Індекс визначення фотосинтетичної активності рослинного покриву, концентрації азоту в листі. Використовують для аналізу ураженості рослин або в'янення. Для обчислення використовують спеціальні камери REDEdge-MX
NDWI	$NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR)$	Індекс визначення відносного рівня вологи на поверхні ґрунту та листі рослин
Clre	$Clre = ((NIR / REDEdge) - 1)$	Індекс оцінки вмісту хлорофілу на ділянках з повним покриттям землі рослинами
RTVcore	$RTVcore = (100 * (NIR - REDEdge) - 10 * (NIR - GREEN))$	Індекс рослинності для оцінки площі листка і загальної біомаси. Цей індекс використовує відбиття в ближніх та дальніх інфрачервоних і зелених каналах спектра
TSAVI	$TSAVI = (s * (NIR - s * Red - a)) / (a * NIR + Red - a * s + X * (1 + s^2))$ NIR - значення пікселів з майже інфрачервоного каналу	Трансформований індекс скоригованої рослинності ґрунту – це індекс рослинності, який намагається звести до мінімуму вплив яскравості ґрунту, припускаючи, що лінія ґрунту має довільний нахил і перетин

	R - значення пікселів червоного каналу s - нахил лінії ґрунту перетин лінії ґрунту X - коефіцієнт корекції, встановлений для мінімізації перекосів через ґрунт	
MTVI2	$MTVI2 = (1.5(1.2(NIR - Green) - 2.5(Red - Green)) \sqrt{((NIR+1)^2 - (6NIR-5\sqrt{Red}))-0.5})$	Модифікований індекс рослинності триангуляції (MTVI2) – це індекс рослинності для визначення вмісту хлорофілу в листі на шкалі рослинного покриву, і він відносно не залежить від самого індексу площі листка. Враховується відбивна здатність рослин у зелених, червоних та ближньому інфрачервоному каналах
IS Індекс стресу 100 TVI T IS S x = TVI = NDVI + 0,1	IS = Ts/100*TVI; TVI = $\sqrt{NDVI+0}$ Ts - температура поверхні,	Індекс визначення пригніченого стану рослинності, який є універсальним, інтегральним індикатором водно-теплогового стресу рослинних ландшафтів. Він відбиває основні ознаки пригніченого стану фітоценозів – зниження значень вегетаційного індексу і підвищення температури. Його особливість – те, що він дає змогу врахувати наявність на знімку неповного покриття рослинністю ґрунтового покриву й усунути в такий спосіб вплив відкритого ґрунтового фону

Характеристика розвитку рослин в залежності від показників вегетаційних індексів

Стан розвитку рослин	Значення SAVI, ранні й середні стадії розвитку	Значення NDVI, середні й пізні стадії розвитку	Значення GNDVI, пізні стадії розвитку
Відмінний розвиток	від 0,88 до 0,99	від 0,88 до 0,99	від 0,88 до 0,99
Добрий розвиток	від 0,68 до 0,85	від 0,68 до 0,85	від 0,68 до 0,85
Посередній розвиток	від 0,52 до 0,65	від 0,52 до 0,65	від 0,52 до 0,65
Поганий розвиток	нижче за 0,52	нижче за 0,52	нижче за 0,52
Дуже поганий розвиток або відсутність живої рослинності	від 0,50 до 0	від 0,50 до 0	від 0,50 до 0

**Економічна частина технологічної карти вирощування
моркви на прикладі ТОВ «Органік-Д», за 2024 рік**

Найменування	Кількість	Ціна	Сума, грн.
ДП	3 728,00	48,00	178 944,00
Насіння	13 600 000,00	0,04	516 154,58
Мінеральні добрива			699 360,00
Інтермаг	64,00	115,00	7 360,00
Інтермаг	64,00	115,00	7 360,00
Сульфат калію	1 600,00	53,00	84 800,00
Сульфат магнію	1 600,00	32,00	51 200,00
Кальцієва селітра	2 400,00	43,00	103 200,00
Аміачна селітра	3 200,00	20,00	64 000,00
Калійна селітра	1 600,00	90,00	144 000,00
Карбамід	3 200,00	25,00	80 000,00
Яра Міла 8-24-24	3 840,00	41,00	157 440,00
ЗЗР			403 148,80
Данадим Стабільний	32,00	527,00	16 864,00
Штефонір	16,00	1 119,00	17 904,00
Сігнум	32,00	2 660,00	85 120,00
Луна Експіренс	24,00	3 856,00	92 544,00
Меро	25,60	336,00	8 601,60
Натіво	11,20	3 886,00	43 523,20
Косайд	32,00	341,00	10 912,00
Бомбардир Аква	0,00	1 119,00	0,00
Децис 100	3,20	1 065,00	3 408,00
Антистрес	16,00	520,00	8 320,00
Зенкор Ліквід	8,00	1 570,00	12 560,00
Тарга Макс	24,00	861,00	20 664,00
Челендж	8,00	886,00	7 088,00
Рейсер	8,00	435,00	3 480,00
Гезагард	19,20	300,00	5 760,00
Стомп Аква	48,00	600,00	28 800,00
Регент	80,00	470,00	37 600,00
Оренда техніки			36 800,00
Оренда техніки культивация	16,00	800,00	12 800,00
Оренда техніки оранка	16,00	1 500,00	24 000,00
Крапельна стрічка	192 000,00	1,41	270 720,00
Вода	80 000,00	8,00	640 000,00
Затрати на збирання	1 280 000,00	1,20	1 536 000,00
Оренда землі	16,00	42 000,00	672 000,00
Загальна сума на оплату праці			96 640,00
Всього			5 049 767,38

Загальні показники	
Кількість га під посів	16,00
Урожайність, кг/га	80 000,00
Урожайність всього, кг	1 280 000,00
Загальна сума затрат, грн	5 049 767,38
Сума затрат на 1 га, грн	315 610,46
Сума затрат на 1 кг, грн	3,95

**Економічна частина технологічної карти вирощування
бурюка столового на прикладі ТОВ «Органік-Д»,
за 2024 рік**

Найменування	Кількість	Ціна	Сума, грн.
ДП	723,00	48,00	34 704,00
Насіння	1 500 000,00	0,05	67 500,00
Мінеральні добрива			123 813,75
Ванаду	2,25	775,00	1 743,75
Інтермаг - Бор	9,00	200,00	1 800,00
Інтермаг	18,00	115,00	2 070,00
Сульфат калію	450,00	53,00	23 850,00
Сульфат магнію	300,00	32,00	9 600,00
Кальцієва селітра	300,00	43,00	12 900,00
Аміачна селітра	450,00	20,00	9 000,00
Калійна селітра	300,00	90,00	27 000,00
Карбамід	450,00	25,00	11 250,00
Яра Міла 8-24-24	600,00	41,00	24 600,00
ЗЗР			82 387,80
Штефонір	3,00	1 119,00	3 357,00
Фалькон	3,60	1 550,00	5 580,00
Меро	4,80	336,00	1 612,80
Амістар Голд	6,00	1 650,00	9 900,00
Бомбардир Аква	0,00	1 119,00	0,00
Кораген	0,90	6 500,00	5 850,00
Децис 100	0,90	1 065,00	958,50
Антистрес	4,50	520,00	2 340,00
Лонтрел	1,50	2 250,00	3 375,00
Тарга макс	4,50	861,00	3 874,50
Бетанал Експерт	9,00	1 300,00	11 700,00
Голтікс Титан	24,00	1 250,00	30 000,00
Дуал голд	4,80	800,00	3 840,00
Оренда техніки			6 900,00
Оренда техніки культивация	3,00	800,00	2 400,00
Оренда техніки оранка	3,00	1 500,00	4 500,00
Крапельна стрічка	36 000,00	1,41	50 760,00
Вода	15 000,00	8,00	120 000,00
Затрати на збирання	210 000,00	1,20	252 000,00
Оренда землі	3,00	6 000,00	18 000,00
Загальна сума на оплату праці			14 580,00
Всього			770 645,55

Загальні показники	
Кількість га під посів	3,00
Урожайність, кг/га	70 000,00
Урожайність всього, кг	210 000,00
Загальна сума затрат, грн	770 645,55
Сума затрат на 1 га, грн	256 881,85
Сума затрат на 1 кг, грн	3,67

**Економічна частина технологічної карти вирощування
соняшника на прикладі ТОВ «Органік-Д»,
за 2024 рік**

Найменування	Кількість	Ціна	Сума, грн.
ДП	5 559,00	48,00	266 832,00
Насіння	25,50	6 700,00	170 850,00
Мінеральні добрива			177 480,00
НПК 16-16-16	5 100,00	34,80	177 480,00
ЗЗР			210 273,00
Реглон 2	153,00	555,00	84 915,00
Реглон	0,00	555,00	0,00
Азоксин	15,30	1 300,00	19 890,00
Цимоксил	25,50	1 250,00	31 875,00
Бор	102,00	200,00	20 400,00
Каніор Дуо	10,20	1 050,00	10 710,00
Ореол Максі	40,80	510,00	20 808,00
Тренд	10,20	250,00	2 550,00
Експрес	2,55	7 500,00	19 125,00
Оренда техніки			198 900,00
Послуги дрона	51,00	300,00	15 300,00
Оренда техніки посів	51,00	1 300,00	66 300,00
Оренда техніки культивация	51,00	800,00	40 800,00
Оренда техніки оранка	51,00	1 500,00	76 500,00
Крапельна стрічка	0,00	1,41	0,00
Вода	0,00	8,00	0,00
Затрати на збирання	153 000,00	0,75	114 750,00
Оренда землі	51,00	5 500,00	280 500,00
Загальна сума на оплату праці			26 520,00
Всього			1 446 105,00

Загальні показники	
Кількість га під посів	51,00
Урожайність, кг/га	3 000,00
Урожайність всього, кг	153 000,00
Загальна сума затрат, грн	1 446 105,00
Сума затрат на 1 га, грн	28 355,00
Сума затрат на 1 кг, грн	9,45

Додаток 6

Економічна частина технологічної карти вирощування сої на
прикладі ТОВ «Органік-Д», за 2024 рік

Найменування	Кількість	Ціна	Сума, грн.
ДП	9 379,00	48,00	450 192,00
Насіння	9 960,00	13,45	133 962,00
Мінеральні добрива			288 840,00
НПК 16-16-16	8 300,00	34,80	288 840,00
ЗЗР			413 340,00
Фосорган Дуо	83,00	550,00	45 650,00
Азоксин	66,40	1 300,00	86 320,00
Гумат Калію	166,00	220,00	36 520,00
Бор	166,00	200,00	33 200,00
Цимоксил	49,80	1 250,00	62 250,00
Геліос	498,00	300,00	149 400,00
Кватрофорс	10,00	0,00	0,00
Оренда техніки			308 760,00
Послуги протруєння	83,00	120,00	9 960,00
Оренда техніки посів	83,00	1 300,00	107 900,00
Оренда техніки культивування	83,00	800,00	66 400,00
Оренда техніки оранка	83,00	1 500,00	124 500,00
Крапельна стрічка	0,00	1,41	0,00
Вода	0,00	8,00	0,00
Затрати на збирання	249 000,00	1,20	298 800,00
Оренда землі	83,00	6 000,00	498 000,00
Загальна сума на оплату праці			51 460,00
Всього			2 443 354,00

Загальні показники	
Кількість га під посів	83,00
Урожайність, кг/га	3 000,00
Урожайність всього, кг	249 000,00
Загальна сума затрат, грн	2 443 354,00
Сума затрат на 1 га, грн	29 438,00
Сума затрат на 1 кг, грн	9,81

**Економічна частина технологічної карти вирощування
кукурудзи на прикладі ТОВ «Органік-Д», за 2024 рік**

Найменування	Кількість	Ціна	Сума, грн.
ДП	2 040,00	48,00	97 920,00
Насіння	24,00	3 000,00	72 000,00
Мінеральні добрива			83 520,00
НПК 16-16-16	2 400,00	34,80	83 520,00
ЗЗР			62 520,00
Цинк 120	24,00	300,00	7 200,00
Канонір Дуо	7,20	1 050,00	7 560,00
Мілафорт	30,00	300,00	9 000,00
Хаммер	0,60	4 600,00	2 760,00
Толазин Ультра	72,00	500,00	36 000,00
Оренда техніки			67 200,00
Оренда сівалки	24,00	1 300,00	31 200,00
Оренда техніки (оранка)	24,00	1 500,00	36 000,00
Крапельна стрічка	0,00	1,41	0,00
Вода	0,00	8,00	0,00
Затрати на збирання	240 000,00	1,00	240 000,00
Оренда землі	0,00	6 000,00	0,00
Загальна сума на оплату праці			9 720,00
Всього			565 680,00

Загальні показники	
Кількість га під посів	24,00
Урожайність, кг/га	10 000,00
Урожайність всього, кг	240 000,00
Загальна сума затрат, грн	565 680,00
Сума затрат на 1 га, грн	23 570,00
Сума затрат на 1 кг, грн	2,36

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ЧАСТИНА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЙ У РОСЛИННИЦТВІ	7
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ІСТОРИЧНОГО РОЗВИТКУ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ПОНЯТТЯ ПРО АГРОЕКОСИСТЕМИ	7
1.1. Історія становлення та етапи розвитку агротехнологій	7
1.2. Інноваційна діяльність в галузі рослинництва, актуальні напрями та показники ефективності впровадження	13
1.3. Польові культури як екологічні системи у сучасних технологіях вирощування	20
РОЗДІЛ 2. БІОТИЧНИЙ ТА АБІОТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЙОГО РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ	23
2.1. Характеристика та класифікація факторів життя рослин	23
2.2. Земельні ресурси та їх раціональне використання в сучасних агротехнологіях	24
2.3. Ґрунтові ресурси та їх раціональне використання в сучасних агротехнологіях	31
2.4. Кліматичні ресурси та їх раціональне використання в сучасних агротехнологіях	50
2.5. Вплив глобального потепління на агротехнології	69
2.6. Біотична система, склад та взаємовідносини між компонентами в сучасних агротехнологіях	77
2.7. Ресурси сучасних сортів і гібридів та їх реалізація в агротехнологіях	78
2.8. Фітоценотична значимість бур'янів, їх динамічність і вплив на агротехнології	82
2.9. Шкідники та хвороби складові біотичної частини агротехнологій	86
РОЗДІЛ 3. ТРУДОВІ РЕСУРСИ ТА ЇХ РАЦІОНАЛЬНЕ	

ВИКОРИСТАННЯ	92
РОЗДІЛ 4. ПОНЯТТЯ ПРО ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ	102
4.1. Проектування нових технологій вирощування сільськогосподарських культур	103
4.2. Нульові технології вирощування (No-till) або технології прямого посіву	116
4.3. Грунтозберігаючі технології (Mini-till) вирощування в умовах схилених земель України	121
4.4. Strip-till (смугова, комбінована) – технологія	126
4.5. Вертикальний обробіток ґрунту (Verti-till) та його характеристика	138
4.6. Характеристика технологій із різним рівнем інтенсифікації виробництва	147
4.6.1. Інтенсивні та індустріальні технології вирощування	148
4.6.2. Екстенсивні технології у рослинництві	149
4.6.3. Проміжні, або інтегровані технології	150
4.6.4. Ресурсощадні технології	150
4.7. Нанотехнології у рослинництві	152
4.8. MASTech технології в рослинництві	154
4.9. Smart-технологія як чинник інноваційного розвитку рослинництва України	162
4.10. Екологічно чисті технології	178
4.11. Технології із застосуванням ГМО та біотехнології	181
4.12. ЕМ – технології в рослинництві	185
4.13. Застосування МХ – технології у рослинництві	195
4.14. Адаптивні та адаптовані технології вирощування	198
4.15. Органічні технології	200
4.16. Технології, що передбачають елементи органобіологічного та біодинамічного землеробства	201
РОЗДІЛ 5. ТОЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО, ДІДЖИТИЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕТОДИ ЦИФРОВОГО МОНІТОРИНГУ В РОСЛИННИЦТВІ	205
5.1. Історична довідка застосування цифровизації в технологіях вирощування рослинницької продукції	205
5.2. Система точного землеробства та перспективи	

її впровадження в Україні та Світі	207
5.3. Принципи точного землеробства та етапи впровадження	214
5.4. Цифрові технології в системі точного землеробства	216
5.5. Агрохімічне обстеження ґрунтів основа ефективного використання добрив	227
5.6. Метеорологічний моніторинг	249
5.7. Моніторинг протруєння насіння	254
5.8. Система паралельного водіння, використання автопілотів та підрулювачів руля	255
5.9. Сівба в системі точного землеробства	267
5.10. Моніторинг густоти та щільності посіву	271
5.11. Супутниковий моніторинг та використання дронів для вивчення неоднорідностей поверхні полів	274
5.12. Використання даних вегетаційних індексів та світлових датчиків для формування індексних карт стану посівів	286
5.13. Вегетаційні індекси та їх використання у моніторингу	292
5.14. Моніторинг стану посівів за використання діджиталізації	306
5.15. Фітосанітарний моніторинг посівів сільськогосподарських культур в умовах діджиталізації	317
5.16. Диференційоване внесення норм добрив у системі точного землеробства	352
5.17. Використання сучасних обприскувачів у системі точного землеробства	361
5.18. Моніторинг врожайності та складання карти врожайності	372
5.19. Використання безпілотників (дронів або агрокомптерів) у сільському господарстві	387
ЧАСТИНА II. ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР	399
РОЗДІЛ 6. ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ	399
6.1. Підбір попередників	399
6.2. Підбір сортів (гібридів)	405
6.3. Підготовка насіння до сівби та сівба	409
6.4. Система обробітку ґрунту (основного, передпосівного	

та по догляду за посівами)	415
6.5. Система захисту рослин від шкідників, хвороб та бур'янів	422
6.5.1. Біопестициди, біодобрива і натуральні стимулятори росту	430
6.6. Система застосування добрив та агрохімікатів	437
6.6.1. Елементи мінерального живлення та їх значення у новітніх технологіях	443
6.6.2. Застосування КАСів	457
6.7. Застосування азотфіксуючих та фосформобілізуючих бактерій	461
6.8. Застосування мікродобрив	468
6.9. Регулятори та стимулятори росту	469
6.10. Десикація та дефоліація у сучасних технологіях вирощування	476
6.11. Система збиральних робіт	480

ЧАСТИНА III. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР 489

РОЗДІЛ 7. ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ОСНОВНИХ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР	489
7.1. Інтенсивні технології вирощування зернових культур	489
7.2. Інтенсивна технологія вирощування пшениці озимої	506
7.3. Інтенсивна технологія вирощування жита озимого	527
7.4. Інтенсивна технологія вирощування ячменю озимого	531
7.5. Інтенсивна технологія вирощування пшениці ярої	534
7.6. Інтенсивна технологія вирощування ячменю ярого	538
7.7. Інтенсивна технологія вирощування вівса	543
7.8. Інтенсивна технологія вирощування кукурудзи на зерно	546
7.9. Інтенсивна технологія вирощування проса	561
7.10. Інтенсивна технологія вирощування сорго	566
7.11. Інтенсивна технологія вирощування гречки	569
7.12. Інтенсивна технологія вирощування гороху	575
7.13. Інтенсивна технологія вирощування сої	583
7.14. Інтенсивна технологія вирощування квасолі	591
7.15. Інтенсивна технологія вирощування чини	597
7.16. Інтенсивна технологія вирощування нуту	599

7.17. Інтенсивна технологія вирощування люпину	601
7.18. Інтенсивна технологія вирощування бобів кормових	606
7.19. Інтенсивна (індустріальна) технологія вирощування цукрового буряку	613
7.20. Інтенсивна технологія вирощування буряків кормових	620
7.21. Інтенсивна технологія вирощування моркви	625
7.22. Інтенсивна технологія вирощування картоплі	634
7.23. Інтенсивна технологія вирощування топінамбуру	645
7.24. Інтенсивна технологія вирощування соняшнику	647
7.25. Інтенсивна технологія вирощування ріпаку озимого	657
7.26. Інтенсивна технологія вирощування ріпаку ярого	666
7.27. Інтенсивна технологія вирощування маку олійного	669
 ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ	 676
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	704
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	709
ДОДАТКИ	717

Навчальне видання **Підручник**

Віталій Дмитрович Паламарчук
Вадим Юрійович Кричковський
Олександр Дмитрович Паламарчук
Віталій Едуардович Шуберанський

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЙ В РОСЛИННИЦТВІ

Підписано до друку 29.12.2024.

Формат 60х84/16. Папір офсетний.

Друк цифровий.

Друк. арк. 37,53. Умов. друк. арк. 37,53.

Наклад 100 прим. Зам. №

Видавець та виготовлювач ТОВ «ДРУК»