Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний аграрний університет

Паламарчук В. Д., Кричковський В. Ю., Рудська Н. О., Колісник О. М.

Монографія

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР ТА КУКУРУДЗИ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ДИГЕСТАТУ БІОГАЗОВИХ СТАНЦІЙ

є частиною завершених дисертаційних досліджень та прикладної роботи «Ефективність позакореневого підживлення при формуванні зернової продуктивності вирощування кукурудзи в умовах Лісостепу Правобережного» (№ 01121U108316), яка виконується за рахунок власних коштів

Вінниця 2023

УДК: 633/635:622.614-2:662.767.2-027.3(477.4-292.485)
П-27

Паламарчук В. Д., Кричковський В.Ю., Рудська Н.О., Колісник О. М. Новітні технології вирощування овочевих культур та кукурудзи за використання дигестату біогазових станцій: монографія. Вінниця: Друкарня «Друк», 2023. 296 с. (17,01 у.д.а.)

Рецензенти:

Кравчук В. І. – академік НААН, доктор технічних наук, професор, завідувач лабораторії біоенергетики Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків НААН України.

Дідора В. Г. – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри технологій у рослинництві Поліського національного університету.

Волощук О. П. – доктор сільськогосподарських наук, головний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України.

Монографія відображає сукупність попередньо отриманих результатів і проведених практичних польових досліджень, щодо використання дигестату біогазових станцій на базі біоорганічного добрива «Ефлюент» у сучасних технологіях вирощування овочевих культур та кукурудзи, вивчення можливостей оптимізації надходження елементів живлення до рослин та ґрунту і отримання потенційної продуктивності даних культур, що дозволить Україні скоротити використання традиційних видів органічних добрив та дороговартісних мінеральних добрив.

Охарактеризовано елементи сучасної технології вирощування та можливості її оптимізації за рахунок використання органічної та органо-мінеральної системи удобрення. Висвітлено роль позакореневих підживлень у забезпечені оптимальної кількості макро- та мікроелементів. Проаналізовано основні складові інтенсивної технології вирощування овочевих культур та кукурудзи і наведені наукові засади біологізації технології вирощування та можливості утилізації відходів тваринництва.

Розраховано на фахівців агропромислового комплексу, студентів, магістрів, аспірантів, науковців і викладачів закладів вищої освіти та закладів фахової передвищої освіти.

Рекомендовано до друку Вченою радою
Вінницького національного аграрного університету
Протокол № 10 від 23 травня 2023 р.
ISBN 978-760-8304-5

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОПТИМІЗАЦІЯ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН – ОСНОВА ФОРМУВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ВРОЖАЮ	9
1.1. Особливості мінерального живлення рослин для формування потенційної продуктивності культур	9
1.1.1. Фізіологічна роль для сільськогосподарських культур макро- та мікроелементів	10
1.2. Особливості застосування дигестату в сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур	27
1.3. Особливості удобрення кукурудзи, моркви та буряків столових	43
1.4. Позакореневі підживлення, як елемент інтенсифікації технології вирощування	46
1.5. Шкідники та хвороби як обмежуючий чинник формування продуктивності та засвоєння елементів живлення рослинами	52
РОЗДІЛ 2. МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ ТА АГРОХІМІЧНИЙ СКЛАД ДИГЕСТАТУ ІЗ СВИНЯЧОГО ГНОЮ	117
2.1. Показники агрохімічного складу ґрунту залежно від застосування біоорганічного добрива «Ефлюент»	121
2.2. Smart-технологія як чинник інноваційного розвитку рослинництва України	122
РОЗДІЛ 3. ПІДБІР СОРТІВ ТА ГІБРИДІВ ЯК ЧИННИК ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ У ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ	134
РОЗДІЛ 4. ФЕНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОФІТОЦЕНОЗУ КУКУРУДЗИ, МОРКВИ ТА БУРЯКІВ СТОЛОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ	152
РОЗДІЛ 5. МОРФОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ, МОРКВИ ТА БУРЯКІВ СТОЛОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ	162
5.1. Вплив біоорганічного добрива «Ефлюент» на площу листової поверхні кукурудзи, моркви та буряків столових	162

5.2. Морфологічна характеристика рослин кукурудзи, моркви та буряків столових залежно від системи удобрення 170

РОЗДІЛ 6. ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ, МОРКВИ ТА БУРЯКІВ СТОЛОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ 175

6.1. Структура врожаю гібриду кукурудзи Кампоні КС залежно від умов вегетації та системи удобрення 177

6.2. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від умов вегетації та системи удобрення 182

6.3. Структура врожаю та продуктивність гібриду моркви Болівар F_1 залежно від умов вегетації та системи удобрення 187

6.4. Структура врожаю та продуктивність гібриду буряка столового Кестрел F_1 залежно від умов вегетації та системи удобрення 192

РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ, МОРКВИ ТА БУРЯКІВ СТОЛОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ 200

7.1. Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно та овочів відкритого ґрунту 201

7.2. Енергетична оцінка технологій вирощування кукурудзи на зерно та овочевих культур 204

ВИСНОВКИ 208

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 212

ДОДАТКИ 257

ВСТУП

Сьогодні основним викликом світових інноваційно-технологічних процесів є розвиток сільського господарства, який спрямований на динамічність агровиробництва за рахунок використання передових технологій, безпечність деяких з них досі не досліджена детально. Тому зазначені процеси можуть супроводжуватися виникненням різних ризиків, наприклад: негативний вплив на здоров'я населення країни, як через продукти споживання, так і на територіях, де вирощується продукція; занедбання природних ресурсів, особливо, ґрунтів та підземних вод через інтенсифікацію сільськогосподарської, агропродовольчої діяльності та неконтрольоване використання у процесі виробництва недостатньо перевірених інноваційних технологій [1, 2].

Зміна родючості ґрунту, впровадження новітніх технологій вирощування сільськогосподарських культур, оновлення їх сорто-гібридного складу вимагають корегування показників елементів живлення рослинами, що є основою для розрахунку доз мінеральних, органічних та біоорганічних добрив на запланований урожай культури, зокрема, в умовах будь-якої ґрунтово-кліматичної зони України. Сільськогосподарські культури засвоюють із ґрунту елементи живлення в кількостях, необхідних для формування біомаси. Їх винос залежить від багатьох факторів: агротехнічних умов вирощування, особливостей культури, кількості застосованих добрив, рівня врожаю [3].

Останніми роками у сільськогосподарському виробництві відбулися корінні зміни. Впровадження нових технологій в аграрному секторі дозволило інтенсифікувати галузь, але в цих умовах збільшилися обсяги, концентрація гною на локальних територіях, що створюють загрозу навколишньому середовищу.

Сучасний розвиток будь-якого підприємства, галузі, країни неможливий без впровадження та використання інновацій та техніко-технологічних рішень, оскільки рівень активізації останніх визначають загальний рівень конкурентоспроможності (далі – КСП) як на внутрішньому, так і зовнішньому ринках. Адже всеохоплююче впровадження інновацій сприяє підвищенню продуктивності праці, економії різних видів ресурсів, скороченню витрат та зниженню собівартості аграрнопродовольчої продукції, нарощуванню обсягів і підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва, що впливає на залучення інвестицій [4].

Одним із інноваційних рішень є оптимізація забезпеченості рослин елементами живлення. За сучасної фінансової і енергетичної скрути більшості господарств вирішити проблему забезпечення ґрунту органічною речовиною та необхідними для рослин макро- і мікроелементами можна за рахунок використання для удобрення нетоварної частини урожаю культур сівозміни із поєднанням її із гноєм тварин, що попередньо пройшов

анаеробне зброджування в біогазових установках [2, 5, 6].

Зростання вартості ресурсів та посилення вимог до якості сільськогосподарської продукції спонукало агровиробників до поширення альтернативного органічного землеробства. Його впровадження базується на високій ефективності використання екологічного та біоенергетичного природного потенціалу на основі ресурсозбереження та відтворення родючості ґрунту і охорони довкілля, що потребує оптимізації структури посівних площ та удосконалення системи удобрення [7].

У зв'язку з різким зростанням цін на мінеральні добрива в Україні протягом останніх десятиріч проблема раціонального використання мінеральних добрив та акцентування уваги на біоорганічні добрива у сільськогосподарських підприємствах набуває ще більшої актуальності й потребує все більшої уваги [8].

Варто також сказати про особливе значення органічних добрив, яке полягає в позитивному впливі на підвищення вмісту гумусу в кореневмісному шарі ґрунту, поліпшенні фізико-хімічних властивостей та поживного режиму ґрунту (оптимізується вміст як макро-, так і мікроелементів). Органічні добрива є незаперечним джерелом поповнення гумусу, а тому підвищення продуктивності культур і збереження родючості ґрунту [9, 10]. Так, за науково-обґрунтованого використання органічних добрив відбувається суттєве покращення фізичних та водно-фізичних властивостей ґрунту, оптимізуються водно-повітряний режим та фізико-хімічні показники родючості, особливо зростає величина вбирної здатності та буферності ґрунту. За використання органічних добрив зростає біологічна активність ґрунту за рахунок активізації ґрунтової мікрофлори. У результаті усіх цих процесів оптимізуються умови живлення польових, овочевих і баштанних культур [11-13].

Для інтенсивного ведення аграрного виробництва і повного відтворення запасів гумусу в Україні щорічно потрібно вносити 320-340 млн. т органічних добрив. Раніше цей баланс підтримувався, головним чином, за рахунок вітчизняного тваринництва. Проте поголів'я худоби в Україні зведено нанівець. Нині, на 1 га ріллі в Україні припадає вдесятеро менше голів великої рогатої худоби (ВРХ), ніж у країнах Західної Європи [1, 9-13]. Під урожай агрокультур в останні роки вносилося в середньому в 17 разів менше органічних добрив, ніж необхідно. Через це ґрунт без органічних речовин виснажується та зменшуються врожаї основних культур. Відомо, що втрата 0,1% гумусу в ґрунті знижує урожайність зерна на 0,5 ц/га. Якщо тенденція зберігатиметься й надалі, то в недалекому майбутньому Україна може опинитися на порозі гумусового голоду – серйозної екологічної катастрофи. І тоді вже ніякі агротехнічні, меліоративні, природоохоронні та організаційно-господарські заходи не зможуть відновити агротехнічного потенціалу землі [9-13]. В сучасних умовах ведення землеробства в Україні реальним джерелом органічної речовини є солома, стерня, стебла та інші післязбиральні рештки, сидерати, тому дуже важливо обґрунтувати ціну цих відходів [4].

Ринкові умови в аграрній сфері викликали перегляд і зміну установлених підходів до ведення землеробства. Практично повністю зник кормовий клин та збільшилась частка культур, які мають високий попит (соняшник, кукурудза, ріпак). За існуючих обсягів застосування добрив (0,2-0,6 т/га гною, 60-70 кг/га мінеральних добрив) урожай культур формується за рахунок потенціалу ґрунту. Висока розораність ґрунтів України (біля 80 %) та поширення природних і антропогенних деградаційних факторів зумовлюють зниження родючості ґрунтів та вмісту гумусу [14, 15].

Україна належить до числа провідних аграрних держав світу. Маючи сприятливі природно-кліматичні умови для вирощування рослинницької продукції, ми можемо забезпечувати не лише потреби внутрішнього ринку, а й світового. Визначальним ресурсом для вітчизняного землеробства є інтенсифікація сільськогосподарського виробництва шляхом використання ресурсів промислового походження негативно впливає як на якісні показники продукції, рівень родючості ґрунтів, так і на стан навколишнього природного середовища.

Основним напрямком підвищення родючості ґрунту є підвищення в ньому запасів гумусу до оптимального значення, джерелом поповнення гумусу в ґрунті, гумусотвірним матеріалом були і залишаються органічні добрива на основі гною. Тому найбільш раціональним способом використання рідкого гною як органічного добрива є наразі безпосереднє внесення його на поля після попереднього анаеробного зброджування в біогазових установках.

Потенціал урожайності сільськогосподарських культур у виробничих умовах використовується неповністю, хоча потенційні можливості сучасних гібридів кукурудзи, моркви та буряків столових невичерпні. Підвищення продуктивності даних культур, якості овочевої продукції та забезпеченості легкодоступними формами макро- і мікроелементів, покращення мікробіологічної флори ґрунтів можливе лише за умови застосування у сучасних технологіях вирощування органічних добрив, до яких відноситься біоорганічне добриво «Ефлюент» на основі анаеробного зброджування свинячого гною у біогазовій станції. Особливої актуальності ці питання набувають в умовах глобальних змін клімату, дефіциту органічних добрив та високої вартості мінеральних добрив.

Поточна ситуація на ринку добрив, як ніколи, потребує оптимізації системи живлення рослин та підвищення коефіцієнтів використання поживних речовин. Потрібно досягти максимальної економічної віддачі від кожної вкладеної гривні, що можливо за рахунок впровадження ефективних форм добрив, способів їх внесення, оптимізації норм та схем застосування.

Органічні речовини ґрунту, як інтегрований показник його родючості, беруть активну участь у живленні рослин, створенні сприятливих фізико-хімічних властивостей, міграції у ньому різних хімічних елементів, адже найважливіші ґрунтові процеси пов’язані перш за все з органічними сполуками [10-13].

У попередніх дослідженнях ряду вчених С. Корнієнка, В. Пастернака,

М. Ярошко, Ю. Саніна, Г. Господаренка, А. Кузнецова, В. Паламарчука, Є. Барбари, Х. Шульца, Г. Рябова, С. Шворова, І. Федуняк, О. Скляр, Г. Ратушняка, В. Павліського, Ю. Нагірного, Г. Голуба, О. Орєховича, П. Кучерука, С. Григоренка, О. Нестеренка, Л. Колодійчука, В. Козира, С. Чернявського, С. Кравченка, І. Буракова, Л. Максишко, Б. Болтянського, Л. Гюнтера, Л. Гольдфарб, В. Марцинкевича, Н. Коломійця, В. Волохіна, В. Поліщука, В. Білецького, А. Харамана, С. Ткаченка, В. Риндюка, М. Грабовського та інших немає детальної характеристики впливу біоорганічних добрив, отриманих шляхом анаеробного зброджування, на ростові процеси, фотосинтетичну діяльність, елементи структури врожаю рослин, накопичення важких металів і нітратів та забезпеченість ґрунту рухомими формами макро- та мікроелементів.

Безумовна значущість відомих наукових розробок з дослідження проблем забезпеченості рослин макро- та мікроелементами дозволить оптимізувати систему удобрення сільськогосподарських культур та отримувати урожай із високою товарністю продукції. Адже саме біоорганічні добрива на основі анаеробного зброджування рослинних та тваринних відходів мають оптимальні мікрофлору та забезпеченість елементами живлення.

Надзвичайної актуальності набуває пошук таких інноваційних рішень, які б забезпечили підвищення ефективності функціонування аграрної сфери в умовах обмеженості та збіднення природних ресурсів. Нині постійне впровадження новітніх розробок є запорукою сталого розвитку галузі рослинництва та сільського господарства в цілому.

У зв’язку із цим дослідження в даному напрямі є актуальними та перспективними для сучасного аграрного сектору, оскільки вирішують екологічну проблему утилізації відходів тваринництва, зокрема свинокомплексів, енергетичну проблему – виробництво біогазу у біогазовій станції власного виробництва та агрономічну – забезпечують збільшення урожайності та покращення якості продукції сільськогосподарських та овочевих культур, тобто дає можливість отримувати органічну продукцію рослинництва та овочівництва за утилізації відходів тваринництва та має наукове і практичне значення.

РОЗДІЛ 1
ОПТИМІЗАЦІЯ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН – ОСНОВА ФОРМУВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ВРОЖАЮ

1.1. Особливості мінерального живлення рослин для формування потенційної продуктивності культур

Живлення рослин у новітніх технологіях вирощування займає одне з чільних місць за ефективністю, і водночас, є надзвичайно поліваріантним, що обумовлено різноманіттям форм, видів та форм добрив, слабкістю прогнозу погодних умов вегетаційного періоду, специфікою господарської стратегії та неоднаковими ресурсними можливостями різних агровиробників.

Фотосинтез і живлення рослин – взаємообумовлені процеси, проте механізми їх взаєморегуляції залишаються з'ясованими не до кінця. Цей зв'язок визначається на основні показників фізіологічних процесів рослин, перш за все це вміст і співвідношення пігментів фотосинтезу, від яких залежить не лише спрямованість фотосинтезу, але й швидкість і характер метаболізму рослин (анатомо-морфологічні зміни) [16-18].

Для реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів та гібридів необхідним є детальне врахування їхніх специфічних потреб щодо елементів мінерального живлення, які рослини засвоюють із ґрунту у вигляді іонів макро- і мікроелементів [19, 20]. Раціональне застосування добрив забезпечує не лише вирощуванню високих урожаїв, а й високій якості продукції [21].

За ступенем впливу на врожай та якість сільськогосподарської та овочевої продукції основних факторів (густота посіву, гібриди, добрива та ін.) перше місце займають добрива, або елементи живлення. Питома вага їх у формуванні урожаю в Україні становить 30-50 % [22-25]. А згідно даних Міжнародної сільськогосподарської організації ООН (ФАО), частка добрив у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур знаходиться в межах від 45 до 65 % [23, 26, 27].

Для забезпечення нормальних умов росту і розвитку рослин потрібно враховувати особливості засвоєння елементів живлення, їх властивості та забезпеченість ґрунтів органічними і мінеральними елементами живлення [11, 28, 29-31].

До складну клітин рослинних організмів входять всі елементи, які зустрічаються в живій природі. В мінеральному живленні та фотосинтезі виявляється одна з найбільш яскравих особливостей зелених рослин – їх автотрофність, тобто здатність будувати своє тіло із неорганічних речовин [16, 32]. У складі рослинного організму виявлено близько 78 елементів із 108 відомих у природі. Вважається, що для нормального росту та розвитку рослині необхідно близько 15 елементів: C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn. Решту елементів можна віднести до умовно необхідних [21, 33-36].

Всі елементи мінерального живлення органічно взаємопов'язані між собою

в життєдіяльності рослини та відіграють унікальну роль і не можуть бути замінені один іншим [21, 37-39]. Заміна одних елементів живлення на інші можлива в певних межах, однак веде до зниження продуктивності. Надходження поживних речовини в рослини залежить від інтенсивності дихальних процесів і перш за все від енергії дихання коренів і виділення ними іонів $H^{(+)}$ та $HCO^{(-)}$ [40].

Розробка диференційованого виносу біогенних елементів основною і побічною продукцією сільськогосподарських культур залежно від агроресурсного навантаження дозволить в процесі агропромислового виробництва вирішувати питання пов'язані з кругообігом поживних речовин для створення оптимальних рівнів живлення рослин, підвищення родючості ґрунту. Винос елементів живлення з ґрунту врожаєм сільськогосподарських культур є важливою статтею їх балансу і одним із критеріїв оцінки ступеня виснаження ними ґрунту. Серед факторів, які мають вплив на зміну виносу поживних речовин продукцією кукурудзи, морки та буряка столового є добрива та строки їх внесення [41].

Величина виносу елементів живлення слугує основою для визначення норм добрив на плановану урожайність та розрахунку балансів поживних елементів у землеробстві господарств [42]. Накопичення поживних речовин культурою значною мірою залежить від біологічного урожаю та концентрації поживних речовин у сухій речовині рослин. Динаміка вмісту елементів живлення у рослинному організмі пов'язана з дією факторів, найбільш визначальними серед яких є використання добрив, чергування культур у сівозміні, реакції ґрунтового розчину [43].

Винос азоту, фосфору, калію та інших елементів продукцією рослинництва спричиняє їх витрати із ґрунту, що впливає на рівень його родючості в цілому. Товарна продукція, яка відчужується з полів зумовлює незворотні витрати елементів, тоді як побічна продукція, яка залишається в полі для подальшої заробки в ґрунт може компенсувати частину витрачених на формування продуктивності культури [44].

Переоцінка динаміки споживання і розподілення елементів живлення в різних органах рослин може стати основою для вдосконалення практики застосування добрив під сільськогосподарські культури із метою максимального використання потенціалу врожайності [41, 45].

1.1.1. Фізіологічна роль для сільськогосподарських культур макро- та мікроелементів

Макроелементи необхідні рослинам в найбільшій кількості, через те що вони є складовими багатьох компонентів рослин, включаючи білки, нуклеїнові кислоти, і хлорофіл. Вони важливі для таких фізіологічних процесів, як фотосинтез, дихання та підтримання осмотичного тиску. Окрім того кожний макроелемент виконує властиві лише йому одному специфічні функції.

До макроелементів відносять хімічні елементи, що містяться в

рослинах і в ґрунті в значній кількості – від сотих часток до цілих відсотків у розрахунку на суху речовину, це: азот (N), фосфор (P), калій (K), сірка (S), кальцій (Ca), магній (Mg) [11, 39, 45, 46].

У практиці застосування добрив найбільш раціональним поділом елементів живлення на макроелементи та мікроелементи є варіант, запропонований Ю.А. Злобіним [47] (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Перелік біогенних мінеральних елементів [33, 47]

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 відносять хімічні елементи, що містяться в рослинах і ґрунті в значній кількості – від сотих часток до цілих відсотків у розрахунку на суху речовину [33, 36, 48]

До мікроелементів відносять хімічні елементи, що містяться в рослинах і ґрунті в кількості, що не перевищує тисячних часток відсотка у розрахунку на суху речовину [33, 49].

Такий поділ досить умовний. Наприклад, залізо за кількісним вмістом необхідно віднести до макроелементів, а за виконуваними функціями – до мікроелементів [33].

Для ряду елементів живлення характерна висока рухомість в рослинах. Такі елементи живлення можуть спочатку засвоюватись в одних органах рослин, а потім вони реутилізуються (ремобілізуються) – транспортуються і використовуються в інших органах [45].

Потреба в основних елементах живлення змінюється впродовж вегетаційного періоду. На перших фазах дуже важливим є фосфор, під час вегетативного росту – азот, а генеративного розвитку – калій [11, 35, 51, 52]. Наявність та можливість засвоєння елементів живлення, особливо в критичні фази розвитку рослин, вплив окремих елементів на адаптацію рослин до стресових умов дають можливість, коригуючи вегетативним внесенням потрібних елементів живлення, впливати на структуру елементів урожайності рослин [52-55]. Збалансоване мінеральне живлення – це фундамент високої врожайності [56, 57].

Висока потреба рослин в основних елементах живлення настає в період інтенсивного приросту вегетативної маси та формування репродуктивних органів [2, 36, 58].

Найбільш вимогливим до елементів живлення є культури які мають тривалий період вегетації [36, 59], та властивість рослини засвоювати поживні речовини до самого завершення дозрівання врожаю [60-63].

Накопичення макроелементів в плодах відбувається за рахунок їх асиміляції в період наливу зерна (після викидання волоті-появи ниток качанів), а також реутилізації із інших частин рослини [45].

Розглядаючи формування врожаю як складний і тривалий процес, необхідно звертати увагу на важливість підтримувати протягом вегетації у живленні рослин оптимальне співвідношення між азотом, фосфором та калієм [64, 65].

Зменшення концентрації певного елементу до мінімуму призводить до порушення обміну речовин. За таких умов відносна концентрація інших елементів збільшується, що врешті-решт викликає порушення оптимального співвідношення мінеральних елементів у цілому. Так, зокрема, у фазі цвітіння кукурудзи оптимальні пропорції поживних речовин є наступні: N:Zn=1000, P:Zn=100, *Ca:B=300, Fe:Mn=2, S:Zn=80, 5:Mn=30, K:Mn=400, Fe:Cu=12,5, Fe:Cu+ Zn =3,5*. У випадку, якщо співвідношення *P:Zn* більше 300, рослини кукурудзи відчуватимуть дефіцит цинку, при співвідношенні означених елементів у проміжку 300-201 нестача цинку існує у прихованій формі, при співвідношенні 200-50 – рослини достатньо забезпечені цинком, а при значенні >25 – рослини відчуватимуть надлишок цинку [52, 64].

Використання елементів живлення залежить від генетичних особливостей сорту або гібриду. Наприклад, сучасні гібриди кукурудзи характеризуються високою урожайністю 9-15 т/га і відповідно високим виносом мінеральних речовин [3, 66]. Окрім того має значення не кількість внесених добрив, а дотримання строків внесення відповідно до вирішальних фаз росту і формування врожаю культури, а також запобігання втратам поживних речовин [67, 68].

Температурні коефіцієнти для поглинання аніонів вищі, ніж для поглинання катіонів [3, 11].

Оптимальне забезпечення рослин фосфором і калієм збільшує стійкість рослин до термічного стресу і нестачі води, поліпшує амінокислотний склад білка та накопичення пластичних речовин. Фосфор і магній сприяють кращому формуванню генеративних органів, забезпечують рівномірне і більш швидке достигання урожаю [69].

Азот (N) є складовою частиною амінокислот, білків, нуклеїнових кислот та їх похідних, входить у склад хлорофілу, фосфатидів, алкалоїдів, ферментів, фітогормонів, рибосом та клітинної протоплазми, вітамінів (із групи В) та в інші сполуки, який збільшує зелену (вегетативну) масу рослин і, як наслідок, продуктивність [11, 35, 70-72].

Азот засвоюється з ґрунту переважно у вигляді таких іонів: NH_4^+ – іони амонію, особливо із лужних ґрунтів; NO_3^- – нітрат-іони, особливо із кислих ґрунтів. Крім того аміачна форма азоту засвоюється за нижчих температур, а нітратна форма – за вищих [64, 73, 74]. Поглинання та надходження азоту великою мірою залежить не лише від форми азоту, що знаходиться у ґрунті, а й вологості ґрунту, рівня забезпеченості фосфором і калієм [36, 64].

Зростання азотного живлення сприяє збільшенню обсягів засвоєння рослинами інших елементів. Як нестача, так і надлишок азоту в ґрунті викликає зниження продуктивності агрофітоценозів та погіршення якості отримуваного врожаю [11, 75].

Надлишок азоту викликає переростання вегетативної маси, ураження хворобами, зниження стійкості до вилягання, опіки листків та призводить до подовження тривалості вегетаційного періоду, що затримує достигання рослин, спричиняє нагромадження нітратів у продукції [36, 64, 76, 77].

За дефіциту азоту рослини відстають у рості, листки стають блідо-зеленого, жовтуватого забарвлення через порушення процесів утворення хлорофілу. Внаслідок реутилізації (відтоку азоту з раніше утворених частин рослини у молоді) нестача даного елементу, в першу чергу, спостерігається на листках, що завершили ріст (нижніх) [11, 33, 64].

В умовах достатнього азотного живлення рослини зберігають високі адаптивні властивості, тобто прослідковується стійкість до посухи, спостерігається інтенсивне їх цвітіння. В період дозрівання вміст зв'язаної води зменшується, що, напевно, зумовлюється вмістом гідрофільних колоїдів і ступенем їх гідрофільності [28, 64, 78].

Азот, крім добрив, може надходити у ґрунт із опадами та несимбіотичною азотфіксацією, такий азот для Лісостепової зони України складає 20 кг/га [79-80].

Фосфор (P) використовується значно менше ніж азот, проте він є складовою фітину та лецитину, нуклеїнових кислот, цукрофосфатів, нуклеопротеїдів, фосфатидів, входить до складу АДФ і АТФ і тим відіграє важливу роль в енергетиці рослинних організмів, диханні та фотосинтезі, входить до складу вітамінів і багатьох ферментів [64, 72, 81, 82].

Ефективне забезпечення фосфором стимулює розвиток кореневої системи, чим покращує використання рослинами води та водний баланс в цілому. Фосфор сприяє стійкості рослин до деяких грибкових хвороб та біологічній активності ґрунту [11, 20].

На відміну від азоту, фосфор забезпечує швидке достигання рослин, пришвидшує перетворення азотистих речовин і нагромадження в клітинах енергії необхідної для дихання та диференціацію конуса наростання. Водночас достатнє фосфорне живлення підвищує частку генеративних органів у загальній біомасі врожаю [82-85]. Фосфор сприяє кращому використанню інших елементів живлення з ґрунту, особливо азоту, калію, магнію, поліпшує харчові і технологічні якості овочевої продукції, обмежує вміст в овочевій продукції нітратів [11].

За дефіциту фосфору в тканинах рослин нагромаджується нітратний азот і сповільнюється синтез білків, уповільнюється розвиток рослин (затримуються фази цвітіння і достигання), різко послаблюється ріст пагонів і коренів, за рахунок уповільнення синтезу АТФ, порушення функцій протоплазми та погіршення водозабезпеченості клітинної тканини, зменшується стійкість до ураження хворобами [64, 71, 86]. Листки рослин набувають (спочатку по краях, а потім на всій поверхні) сіро-зеленого, червоного, фіолетово-вишневого або червоно-фіолетового забарвлення [69, 83, 87, 88].

Фосфор у рослині має властивість переміщуватися від старих листків до молодих, тому ознаки нестачі проявляються, в першу чергу, на старих листках [11, 82, 89].

Фосфор є малорухомим елементом і тому рекомендується вносити його під основний обробіток ґрунту, щоб основна його кількість була розміщена в шарі ґрунту 10-20 см або в орному шарі (0-30 см) [11]. Основний фактор, який веде до зниження ефективності використання фосфору, – це фіксація фосфору кальцієм і магнієм, через що формуються фосфати кальцію і магнію, з оксидами заліза і алюмінію на кислих ґрунтах утворюючи фосфати заліза і алюмінію [64, 89].

Надлишок фосфору викликає передчасний розвиток, відмирання листкового апарата і раннє достигання, внаслідок чого рослини не встигають сформувати достатній урожай. На практиці не спостерігається проявів переудобрення фосфором, оскільки рослини не мають здатності до надмірного його засвоєння так, як це відбувається з азотом і калієм. Надлишкові норми фосфору знижують надходження в рослини магнію, заліза, марганцю, цинку [11], кальцію, міді та можуть викликати дефіцит кальцію, бору, міді та марганцю [64].

У рослинах фосфор накопичується у фітині. Концентрація фітину в насінні залежить від забезпечення рослини фосфором. В процесі проростання насіння фермент фосфатаза відщеплює від фітину неорганічний фосфат, який використовується для синтезу необхідних проросткам фосфорорганічних сполук [69].

У разі підживлення рослин розчином солей фосфору через листя переміщення його в інші органи відбувається досить повільно і в невеликій кількості. В зв’язку із цим основне фосфорне живлення рослин має забезпечуватися через кореневу систему. Поглинання фосфору визначається також і температурним режимом, найінтенсивніше він поглинається за температури +12-39°С [11, 64].

За нестачі вологи засвоєння фосфору з ґрунту істотно знижується, чим більш вологий ґрунт, тим більш швидке відбувається надходження фосфору до кореневої системи. На ґрунтах з низькою вологоємністю, в холодних або посушливих умовах концентрація фосфору у ґрунтовому розчині має бути вищою, щоб рослина могла засвоїти достатню кількість фосфору. У цьому випадку високу ефективність може мати рядкове (стартове) внесення фосфору [11]. На поглинання та надходження фосфору істотно впливають запаси його у ґрунті та гранулометричний склад ґрунту [84].

Калій (К) це, фактично, ключ до водного балансу рослин, він знаходиться в сольовій формі в клітинному сокові, активізує цілий ряд ензимних реакцій, входить до складу органічних сполук, відіграє важливу роль у транспортуванні речовин в самій рослині [64]. В іонній формі знаходиться в рослинах, концентрується у цитоплазмі та вакуолях і відсутній у ядрі. Основна частина калію (близько 80 %) міститься у клітинному соку і легко вимивається водою [64, 72, 90].

Калій приймає участь у білковому і вуглеводному обмінах рослин,

підвищує стійкість рослин до хвороб, активно впливає на синтез вуглеводів (целюлози, геміцелюлози, пектинових речовин), підвищує холодостійкість, впливає на смакові якості овочевих рослин, сприяє гідратації колоїдів цитоплазми, її водоутримуючій здатності і проникності. Тим самим він створює умови для активного синтезу білків та інших органічних речовин [3, 11]. Цей елемент активізує роботу ферментів, сприяє синтезу АТФ, підвищує посухостійкість (регулює відкриття й закриття продихів (транспірація)) і активує рух асимілянтів по рослині, сприяє росту і розвитку кореневої системи. Високий вміст калію в клітинному соку збільшує тургор клітин, захищає від зав'ядання [53, 91-93].

Потреба рослин у калії тим вища, чим краще вони забезпечені водою і азотом. Найбільше калію фіксується у фазах інтенсивного росту біологічної маси, закінчується засвоєння калію в рослини у фазі цвітіння або плодоутворення, а в деяких рослинах засвоєння калію триває протягом всього вегетаційного періоду (буряк столовий) [3, 11, 35].

Оскільки українські ґрунти добре забезпечені калієм, то часто виробники нехтують внесенням цього елемента. Однак потреба в калії є настільки ж високою, як і в забезпеченості азотом [67].

Дефіцит калію збільшує витрати цукрів на дихання, що сприяє утворенню щуплого зерна, зниженню життєздатності та схожості насіння. Ознаками нестачі калію є зелено-блакитний колір або пожовтіння листків нижнього ярусу (відбувається так званий «крайовий опік»), які пізніше буріють і поступово відмирають. Оскільки він має здатність до реутилізації, то ознаки нестачі калію спостерігаються спочатку на старих (нижніх) листках рослини. В овочевих рослинах за нестачі калію знижується ріст і розвиток, рослини стають карликовими та кволими, краї листків закручуються доверху, листкова пластина стає крихкою, хлорозна тканина буріє і відмирає [71].

Калію знаходиться більше у вегетативних органах рослин, ніж у репродуктивних. За нестачі калію скорочуються обсяги засвоєння азоту, кальцію, магнію та інших елементів живлення [11, 81].

Калійні добрива добре розчинні у воді, у ґрунті вони добре вступають у взаємодію з ґрунтовим поглинальним комплексом (ГВК). Внаслідок переходу калію до обмінно-вбирного стану, зменшується його рухомість у ґрунті, що запобігає його вимиванню за межі орного горизонту (за винятком легких ґрунтів з низькою ємкістю вбирання). Обмінно-увібраний ґрунтом калій є легкодоступним для рослин [11, 64]. Дози калію визначають виходячи з виносу даного елементу урожаєм та його ґрунтових запасів. Калійні добрива застосовують одночасно з фосфорними.

Кальцій (Са) впливає на обмін вуглеводів, білків, забезпечуючи краще їх транспортування, поліпшує синтез хлорофілу, сприяє нейтралізації органічних кислот (насамперед – щавлевої), що утворюються в тканинах [69, 81], відновленню нітратів до аміаку, входить до складу пектинових речовин, солей органічних і неорганічних кислот, суттєво впливає на структуру та загальний фізико-хімічний стан протоплазми, будову та проникність мембран та клітинних оболонок (перегородок). Він підвищує в'язкість цитоплазми,

забезпечуючи вищу жаростійкість рослин. Сприяє гарному розвитку кореневої системи, забезпечуючи формування більшої кількості кореневих волосків, за допомогою яких із ґрунту до рослин надходить основна маса води й розчинених у ній поживних речовин. Важлива роль належить кальцію у створенні клітинних оболонок, підтриманні кислотно-лужної рівноваги (буферності) в рослинних організмах [64, 94, 95].

Окрім того, кальцій міститься в мітохондріях, хлоропластах, ядрах і хромосомах. У міру старіння клітин і ослаблення їх фізіологічної активності частина кальцію із протоплазми переходить у клітинний сік, відкладаючись у вакуолях у формі нерозчинних солей. Кальцій сприяє усуненню токсичності іонів амонію і алюмінію [64].

Кальцій регулює надходження в кореневу систему катіонів. За надлишку у ґрунті кальцію (на вапняних ґрунтах або після вапнування) ускладняється засвоєння та надходження до рослин мікроелементів (марганцю, бору, молібдену та ін.) і фосфору [11].

За дефіциту кальцію ріст і розвиток рослин зупиняється, вони стають карликовими, верхні бруньки відмирають, корені стають короткі, товсті й ослизлі. Дефіцит кальцію викликає зростання втрат гумусу і, як результат, погіршення фізичних, фізико-хімічних, біологічних властивостей ґрунтів (збільшується питома щільність ґрунту, погіршується структура, буферність ґрунту, знижується забезпеченість ґрунту елементами мінерального живлення, зменшується ступінь насичення ґрунту основами, підвищується кислотність ґрунту, знижується інтенсивність мікробіологічних процесів у ґрунті) [11, 94, 95]. Кальцій необхідний рослині постійно, він накопичується в старих листках і не може повторно використовуватися, в зв’язку із цим молоді листки вкриваються світло-жовтими плямами (хлороз) і гинуть, а старі листки залишаються нормальними [33, 81, 94, 95].

Внесення кальцію взагалі сприймається лише в контексті вапнування з орієнтовною нормою внесення вапнякових матеріалів 3-7 т/га [94, 95].

Магній (Mg) приймає участь у синтезі АТФ – носія енергії в рослинах, виконує важливу роль у процесах дихання та фотосинтезу. Центральне місце в молекулі хлорофілу належить атому магнію, з яким зв’язані різні хімічні угрупування (у хлорофілі міститься 15-20 % всього магнію). Магній є складовою фітину та інших органічних речовин. У вигляді іонів у клітинному соку він забезпечує осмотичний потенціал клітин. Даний елемент живлення має активуючу дію на низку ферментів (ензимів – процес фосфорилювання), у першу чергу тих, які забезпечують білковий і вуглеводний обмін [87, 94, 95].

За дефіциту магнію в рослинах погіршується ріст і продукційний процес, уповільнюється синтез азотовмісних сполук, погіршується якість продукції, вміст хлорофілу та стійкість до хвороб, листки стають плямистими (мармуровість), блідими, жовтуватими. Спочатку це явище спостерігається на листках нижніх ярусів, а потім – і на верхніх [64, 94, 95].

Магній особливо важливий для засвоєння NPK у великих кількостях за умови застосування інтенсивної технології. Оскільки він впливає на ріст рослин, то найбільш необхідний для молодих рослин, а, отже, потрібно магній вносити в

основне удобрення, а не лише як листкове підживлення [11, 94, 95].

Підвищений вміст магнію характерний для глинистих ґрунтів. Піщані ґрунти бідні на нього, оскільки магній з них легко вимивається. Найкраще засвоюється магній рослинами на нейтральних ґрунтах. Дефіцит магнію може бути спричинений надмірним внесенням калійних добрив, оскільки магній і калій є антагоністами [33, 74, 94, 95].

Дефіцит магнію спостерігається, якщо вміст магнію у ґрунті нижчий ніж 2 мг на 100 г ґрунту, що відповідає середньому ступеню забезпечення ґрунтів. Цей елемент добре засвоюється також через листя, у 14-15 разів швидше, ніж калій або фосфор. Іони магнію мають менший розмір і легко проникають крізь кутикулу листка [94, 95]. Досить часто нестача магнію проявляється за несприятливих ґрунтових та погодних умов, за зруйнованої структури ґрунту [81, 94, 95].

Ефективним способом поповнення запасів магнію та кальцію є внесення доломіту (0,3-0,4 т/га) [69, 81].

Сірка (S) – важливий елемент живлення, потреба у якому орієнтовно така ж сама, як і в азоті. Цей елемент входить до складу майже всіх білків, оскільки низка амінокислот (метіонін, трипептид, цистеїн, глютатіон, липова кислота, тіамін, кофермент А, біотин тощо) є сірковмісними [3, 11]. Сірка приймає участь у деяких окисно-відновлювальних процесах, сірковмісними є деякі вітаміни групи В і вітамін Р. Сірковмісні органічні речовини підтримують нормальний хід поділу клітин і ріст молодих тканин, впливають на вміст хлорофілу в листках. Сірка входить до складу ферментів, зокрема карбоксилази. Залізосіркобілки є важливими для перенесення електронів у реакціях фотосинтезу і азотфіксації [71, 83, 96, 97].

За нестачі сірки затримується синтез білків, нагромаджується азот у небілковій формі або у формі нітратів, знижується вміст жирів і цукрів. За зовнішніми ознаками дефіцит сірки подібний до азотного. Оскільки ці елементи використовуються для побудови білків. Але відміна полягає у тому, що за дефіциту азоту першими страждають старі листки, а за нестачі сірки – молоді, адже сірка із старих листків практично не реутилізується. Рослини нагромаджують антоціан, листя набуває червонуватого кольору, згодом весь листок відмирає. Знижується стійкість рослини до хвороб, посухи і низьких та високих температур [69, 71, 81, 83]. Дефіцит сірки сприяє зниженню фотосинтезу на 40 %, розпаду білків та зменшення ефективності внесених азотних добрив [81, 97].

Недобір одного кілограма діючої речовини сірки унеможливлює використання майже 10 кг азоту (карбаміду) [62, 67, 68, 83], а на думку інших авторів [69, 71, 98] і 20 кг азоту.

Джерелами надходження сірки у ґрунт є органічні та мінеральні добрива, сірка атмосфери, куди вона потрапляє у вигляді газоподібних викидів від згоряння палива тощо. За рівнем засвоєння рослинами сірка знаходиться на четвертому місці після азоту, калію і фосфору. Рослини засвоюють сірку впродовж вегетації, а найбільше – до фази цвітіння рослин [11, 45, 81].

Для нормального розвитку рослинний організм потребує, крім макроелементів, ще й мікроелементи: цинк, молібден, [99] марганець, мідь, магній і бор та ін. [11, 38, 55, 63]. Важливість мікроелементів не обмежується їх невисоким відсотком використання а визначається важливістю їх длю рослинного мікроорганізму в розрізі засвоєння основних елементів живлення та адаптивних властивостей рослин. Завдяки оптимальному живленню мікроелементами суттєво зростає стійкість до шкодочинних об'єктів.

Агрохімічна і фізіологічна роль мікроелементів багатогранна. Вони покращують обмін речовин у рослинах, запобігають його функціональним порушенням і сприяють нормальному проходженню фізіолого-біохімічних процесів і т. д. Під дією мікроелементів зростає стійкість рослин до грибкових та бактеріальних хвороб, несприятливих умов навколишнього середовища [11, 38, 39].

Мікроелементи за рахунок своєї каталітичної дії дають змогу рослинам більш ефективно використовувати основні елементи живлення – енергію сонця, воду, що у свою чергу позитивно впливає на продуктивність рослин і якість урожаю [22, 39, 100]

Незважаючи на відносно низьку потребу рослин у мікроелементах, їх нестача істотно впливає на стан рослин [100-106]. Мікроелементи активізують понад 200 ферментних систем. Всі біохімічні реакції синтезу, розпаду та обміну органічних речовин протікають за участю ферментів [3, 11]. Синтез ферментів у рослинних клітинах формується на біохімічних реакціях, у яких беруть участь мікроелементи [46, 54, 104, 107].

Процес поглинання мікроелементів рослинами характеризується більш складними залежностями ніж поглинання макроелементів.

Як нестача, так і надлишок мікроелементів (до речі, важких металів або полютантів) може спричинити негативну реакцію рослин, що істотно впливає на ріст і розвиток, урожайність та якість самого урожаю [63, 104]. Кожна одиниця макроелементів рослин має бути забезпечена й одиницею мікроелементів за оптимального розвитку (тобто, відсутності стресів і готовності рослин засвоювати елементи живлення). Мінеральне живлення обов'язково має включати макро- та мікроелементи, фітогормони або амінокислоти. Порушення цієї тріади знижує ефективність застосування добрив [31, 35]. Мікроелементи не можуть бути замінені іншими поживними речовинами [69, 81, 90].

Незбалансоване внесення макро- та мікроелементів негативно впливає на розвиток рослин, шкодить довкіллю та спричиняє неефективні фінансові витрати [3, 108, 109].

Мікроелементи є невідємною частиною ґрунту, повітря, рослин і всього довкілля; вони беруть участь у всіх хімічних і фізіологічних процесах розвитку та формування врожаю [38, 39, 109].

На разі існує три основні способи застосування мікроелементів: внесення в ґрунт, позакореневі підживлення рослин, передпосівний обробіток насіння. Перевагою позакореневого внесення мікроелементів є надходження мікроелементу до рослин в потрібний для них період вегетації [3, 110].

Вміст мікроелементів є одним з критеріїв оцінки якості ґрунту. За впливом

на мікроелементний склад ґрунтового покриву, агровиробництво займає провідне місце серед інших видів діяльності людини. Тривале відчуження рослинами частини біофільних елементів супроводжується їхнім перерозподілом у ґрунтовому профілі. Поряд зі зміною валової кількості мікроелементів у ґрунті, відбуваються й відповідні зміни їхнього фракційного складу, рухомості та доступності рослинам в результаті динаміки органічної речовини, реакції ґрунтового розчину, інших чинників. Тому, моніторинг родючості та якості ґрунтів передбачає врахування в рівній мірі не тільки прямий, але і опосередкований вплив аграрного виробництва на мікроелементний стан найважливішого компоненту агроценозу – ґрунту [111].

На більшості орних земель вміст мікроелементів у ґрунтах недостатній для забезпечення нормального збалансованого живлення рослин і формування високих урожаїв. За даними Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», з 32 млн. га орних земель в Україні 18 млн. га (56%) мають низький вміст рухомого цинку (близько 0,20 мг/кг), 2,5 млн. га (8 %) – рухомої міді (1,5-1,9 мг/кг), 8 млн. га (25 %) – рухомого бору (0,3-0,5 мг/кг) [69, 81].

Варто також відзначити, що згідно даних геохімічних досліджень найбільш продуктивними джерелами мікроелементів є ґрунтоутворюючі породи. В зв’язку із цим найбільший вміст мікроелементів характерний для ґрунтів із високим вмістом гумусу та важким гранулометричним складом [38].

У практиці застосування мікродобрив необхідно враховувати також явища антагонізму між окремими мікроелементами. Ступінь вираженості і направленості явищ синергізму і антагонізму з віком рослин змінюються, оскільки змінюється потреба рослин у поживних речовинах [11, 112].

На відміну від основних елементів живлення, нестача мікроелементів не викликає загибелі рослин, однак є причиною значного гальмування обмінних процесів, зниження урожайності, погіршення якості продукції (зменшення вмісту цукрів, амінокислот, вітамінів), збільшення ураження рослин хворобами та пошкодження шкідниками [38, 46, 104, 110, 113]. Наприклад, за дефіциту мікроелементів у процесі вирощування кукурудзи, її врожайність знижується мінімум на 0,4-1,0 т/га, також погіршується і якість зерна (уміст сухої речовини, крохмалю, каротину, білку) та його життєздатність [114-116].

Суттєва частина мікроелементів входить до складу різних видів мінеральних добрив і вапна (цинк, мідь, нікель та ін.), проте, як небажаний компонент, до них належить і ряд важких металів, таких як свинець і кадмій [35, 36, 105].

Вміст мікроелементів у рослинницькій продукції є важливим показником її біологічної цінності, відхилення даного показника від оптимального рівня в напрямку збільшення або зменшення має пряме відношення до проблеми здоров’я людей та тварин [117].

Рослини поглинають із ґрунту незначну частину (до 3%) мікроелементів, що знаходяться в рухомій легкодоступній формі, а нерухомі валові запаси мікроелементів можуть бути доступні для рослин лише після проходження складних мікробіологічних процесів із участю гумінових кислот та кореневих

виділень [69, 62, 81]. Рослини, які достатньо забезпечені мікроелементами, значно краще (на 10-30 %) споживають і засвоюють основні азотні, фосфорні та калійні добрива [85, 119-121].

Використання мікроелементів (цинк (Zn), марганець (Mn), залізо (Fe), мідь (Cu), молібден (Mo), бор (B) є невід'ємною складовою заходів із підвищення врожайності сільськогосподарських культур, оскільки для нормального розвитку рослинного організму використання тільки мінеральних і органічних добрив є недостатнім [33, 105, 122].

Таблиця 1.2

Максимально допустимі рівні вмісту важких металів у ґрунтах і рослинній продукції [Згідно даних Т. Ю. Усманова, З.Ф. Рахманкулова, 2001.]

Метал	МДК ґрунту, мг/кг	МДК валового вмісту в рослинній продукції, мг/кг сухої речовини
Цинк	300	≤ 10
Мідь	100	≤ 0,5
Хром	100	≤ 0,3
Ртуть	2	≤ 0,02
Кадмій	3	≤ 0,003
Свинець	32	≤ 0,3

На разі питання застосування добрив, які містять мікроелементи, стає дедалі більш актуальним в аграрному бізнесі [3, 39, 45].

Мікроелементи в формі неорганічних солей доступні для рослин в дуже незначних кількостях і переважно на кислих ґрунтах, лише молібден засвоюється рослинами на слаболужних ґрунтах [69, 81]. Необхідність застосування мікроелементів у технологіях вирощування рослинницької продукції, перш за все, обумовлюється тим, що: збільшення врожаю сприяє підвищеному виносу мікроелементів; сумісне внесення мікроелементів і вапнякових матеріалів може супроводжуватись конкуренцією і тим самим впливати на їх доступність для рослин; часті посухи в фазу основного росту і розвитку рослин обмежують доступність мікроелементів з ґрунту (зокрема бору, марганцю і молібдену); зростає інтенсивне використання висококонцентрованих добрив, які містять мікроелементи в незначних кількостях або взагалі їх не містять; скорочується поголів'я тварин в багатьох аграрних регіонах або його концентрація приводить до незначного або крапкового внесення органічних добрив і до зменшення зворотного притоку мікроелементів з внутрігосподарського удобрення; в нових сортів або гібридів, відбулася зміна здатності до засвоєння мікроелементів [3, 122].

Фізіологічна потреба сільськогосподарських культур у мікроелементах (за узагальненими даними) наведена у таблиці 1.3.

Мінеральне живлення рослин суттєво впливає на синтез вітамінів, зокрема для сільськогосподарської продукції як нестача, так і надлишок елементів живлення знижує вміст у ній каротину, аскорбінової кислоти та інших вітамінів [11, 39].

Аналіз рослин порівняно із аналізом ґрунту має високу достовірність за вмістом елементів живлення. При цьому відбір зразків повинен проводитись своєчасно перед за плановим позакореневим підживленням. Наприклад, на зернових культурах аналіз рослин повинен проводитись на стадії 31-37 за кодом ВВСН [3, 11, 122].

Таблиця 1.3

Фізіологічна потреба сільськогосподарських культур у мікроелементах (за даними Ю.В. Саніна та ін., 2015 [39])

Культура / мікроелемент	Бор (B)	Мідь (Cu)	Цинк (Zn)	Марганець (Mn)	Залізо (Fe)	Молібден (Mo)
Зернові	+	+++	++	++	+	+
Кукурудза	++	++	+++	++	++	+
Сорго	+	++	+++	+++	+++	+
Соя	+	+	++	+++	+++	+++
Пшениця	+	+++	+	+++	+	+
Ячмінь	+	+++	+	++	+	+
Зернобобові	+++	++	++	+	+	+++
Горох	++	+	+	++	+	+++
Гречка	++	+	++	+	+	++
Соняшник	+++	++	++	++	+	+
Цукровий та столовий буряк	+++	++	+	++	++	++
Ріпак	+++	+	+	++	+	++
Льон	++	+++	+++	+	++	+
Мак	+++	++	++	+	+	+
Помідори	++	++	++	++	++	+
Огірки	+	++	+	+++	+	+
Цибуля	+++	++	++	++	+++	+++
Капуста білоголова	+++	++	++	+++	+	+++
Капуста цвітна	+++	++	+	++	+	+++
Морква	+++	+++	+	+++	+	+
Картопля	+	++	++	++	+	++
Виноград	+++	++	+++	+++	+++	+
Яблуня	+++	++	+++	+++	+++	+

Примітка: + – важливий елемент, ++ – життєво-важливий мікроелемент; +++ - ключовий мікроелемент.

Механізм підвищення стійкості рослин до несприятливих факторів на разі розглядається як комплекс процесів, які відбуваються в рослинному організмі під впливом мікроелементів, а саме: перегрупування форм води в рослині – збільшення зв’язаної води; підвищення здатності листя утримувати воду (збільшення гідратації колоїдів протоплазми клітини); активізації вуглеводного і

азотистого обміну в рослині; збільшення вмісту в рослині аскорбінової кислоти (вітаміну С) [122].

Мікроелементи здатні, впливати на фізичні властивості і структуру клітини, стан і розвиток кореневої системи рослин, формування репродуктивних органів, транспорт цукрів тощо (див. табл. 1.5) [33, 102, 103].

Таблиця 1.4

Оптимальна кислотність ґрунту для найкращого засвоювання мікроелементів рослинами (за даними В.В. Лихочвора, 2008 [69])

Показник	Бор	Мідь	Залізо	Марганець	Молібден
pH	5,0-7,0	5,0-7,0	4,0-6,5	5,0-6,5	7,0-8,5

Внесення мікроелементів має певну періодичність, так зокрема бор і молібден потрібно вносити раз у три роки, марганець і цинк раз у шість років [3, 11, 64].

Таблиця 1.5

Вплив мікроелементів на біологічні процеси в рослині

Біологічний процес	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-відновлюваних процесів			+	+		+
Регулювання концентрації гормонів в рослині					+	

Згідно даних ФАО винос мікроелементів на одиницю основної і побічної продукції становить для моркви: заліза (Fe) – 54 г/т, бору (B) – 19 г/т, міді (Cu) – 4,6 г/т, марганцю (Mn) – 28 г/т та цинку (Zn) – 20 г/т, для буряка столового: заліза (Fe) – 71 г/т, бору (B) – 18 г/т, міді (Cu) – 7,7 г/т, марганцю (Mn) – 113 г/т та цинку (Zn) – 52 г/т [123].

В той же час рослини кукурудзи дуже чутливі до нестачі цинку (виносять із урожаєм 350-400 г/га), середньо чутливі до нестачі бору (70 г/га) і міді 50-60 г/га, а на лужних ґрунтах – і до марганцю (800 г/га) [33, 69, 81, 97, 98], слабо чутливо до молібдену [28]. До нестачі інших мікроелементів рослини кукурудзи менш чутливі або зовсім нечутливі, тому значення їх для цієї культури ще не

вивчено [35, 36, 64].

Для визначення потреби в мікроелементах необхідно враховувати специфічні властивості сортів та гібридів, забезпечення ґрунту поживними речовинами (валовий їх вміст і рухомих форм в ґрунтах), конкретні умови засвоєння під час основної фази росту, а також надходження мікроелементів за рахунок внутрішньо-господарського удобрення і вторинної сировини [122, 124].

Суміш мікроелементів дає кращий результат ніж окреме застосування одного мікроелементу [11].

Залізо (Fe) мікроелемент, що засвоюється рослинами в найбільшій кількості, виноситься від 0,6 до 9,0 кг/га. Залізо має важливе значення в окисно-відновлювальних реакціях як компонент ферментів цитохромної системи, забезпечує синтез хлорофілу – без заліза хлорофіл не синтезується, міститься у хлоропластах і бере участь у фотосинтезі (залізовмісний білок-феродоксин) та метаболізмі азоту та сірки [64, 81].

Дефіцит заліза викликає зниження інтенсивності фотосинтезу, на молодих листках з'являється міжжилковий хлороз. Рослини відстають у рості, квітки формуються дрібніші. Залізо має вирішальне значення для проходження процесів дихання та характеризується фунгіцидними властивостями [11]. Найчастіше нестача заліза проявляється на карбонатних та сильно вапнованих ґрунтах. Перешкоджає засвоєнню заліза висока вологість ґрунту та високий вміст іонів-антагоністів: P, Ca, Cu, Zn. Цей елемент має неістотну рухомість у рослині [81, 125].

Марганець (Mn) активує біля 10 ферментів, зокрема нітратредуктази, що беруть участь у фотосинтезі, диханні, відновленні нітратів, нітритів та гідроксиламіну. Завдяки можливості переносити електрони шляхом зміни валентності марганець бере участь у різних окисно-відновлюваних реакціях. У світловій фазі фотосинтезу він бере участь у розщепленні молекул води [11].

Впливає на синтез амінокислот, поліпептидів, багатофракційних білків і вітамінів, ростові процеси. Сприяє вибірковому поглинанню іонів з навколишнього середовища [33, 38, 39, 64]. Завдяки активуванню різних карбоксилаз та зв'язуванню поліоксикислот марганець здійснює вплив на реакції наступного перетворення продуктів фотосинтезу [11]. Окрім того, марганець приймає участь у синтезі вітаміну С і, як і цинк, посилює накопичення цукру (крохмалю) та білка [97, 126, 127].

Обмежує засвоєння марганцю низька вологість повітря та температура ґрунту, високий вміст іонів-антагоністів: P, Fe, Cu, Zn; сприяє – кислотність ґрунту в межах pH 5,0-6,5 та оптимальне співвідношення іонів-синергістів K, S. Марганець піддається процесу реутилізації [11].

За дефіциту марганцю знижується синтез органічних речовин, зменшується вміст хлорофілу в рослинах (хлороз). Надлишок марганцю затримує надходження заліза в рослину, внаслідок чого з'являється хлороз за нестачі заліза [11, 33, 122].

Найбільш чутливі до вмісту марганцю такі культури як: буряки цукрові, кукурудза, пшениця, сорго, ріпак, картопля, соя та овочеві культури [38, 122].

Марганцю мало в ґрунтах на більшості території України. Марганцеві

добрива вносять, коли вміст марганцю нижчій 40 мг/кг ґрунту [3, 35].

Бор (B) – це генератор клітин, що необхідний для розвитку меристем, сприяє синтезу хлорофілу та асиміляції CO_2, покращує синтез і переміщення вуглеводів у рослині, особливо сахарози, переміщення ростових речовин і аскорбінової кислоти з листя до органів плодоношення, засвоєння кальцію в процесах обміну речовин у рослинах. Він відіграє важливу роль у діленні клітин (бере участь у синтезі ауксинів) та синтезі білків і є необхідним компонентом клітинної оболонки. За дефіциту бору в поживному середовищі спостерігається порушення анатомічної будови рослин, слабкий розвиток ксилеми, роздробленість флоеми основної паренхіми і деградація камбію [35], затримується ріст рослин, відмирають точки росту та листки, верхівкові бруньки чорніють [11, 33, 54, 81, 122]. Бор активізує відновлювальні ферменти дихання (дегідрази) і перешкоджає незворотному окисленню дихальних хромогенів рослин, [11, 33, 122] підвищує фертильність пилку, запилення (покращує проростання пилку в пилкових трубках), зав'язування качанів кукурудзи та насіннєву продуктивність [33, 39, 69, 87].

Бор майже не рухається з нижньої частини рослини до точки росту (не реутилізується), його дефіцит викликає відставання рослини в розвитку, пилок є стерильним і формування зернівки не відбувається, стійкість рослин до стресових ситуацій (спека, посуха) значно знижується [53, 54, 67, 69].

Забезпеченість рослин бором залежить від: вмісту бору у ґрунті, погодних умов, внесених добрив, а також від реакції ґрунтового розчину (pH), з якого цей елемент поглинається рослиною [128]. Борні добрива вносять, коли вміст бору в орному шарі ґрунту складає 0,5 мг/кг і менше [35]. Дефіцит бору часто зустрічається на легких піщаних ґрунтах із низьким вмістом гумусу, поверхневим вапнуванням (кислих ґрунтах), у регіонах із відносно високим рівнем опадів [71, 125].

Цинк (Zn) впливає на окисно-відновлювальні процеси, швидкість яких за його нестачі суттєво знижується, приймає участь в активації ряду ферментів, пов'язаних з процесами дихання, із яких необхідно виділити фермент карбоангідразу, що містить 0,33-0,35 % цинку [35], у фотосинтезі, підвищує накопичення хлорофілу «a» і «b», сприяє синтезу вітамінів (B, B_6, P та C) [11, 69, 87, 97].

За високих концентрацій цинку в поживному середовищі та збільшенні його вмісту у вегетативних органах спостерігається пригнічення ростових процесів і зниження урожайності, зокрема за рахунок зниження активності транспорту асимілянтів [129]. Надлишок цинку і міді негативно впливає на активність цитохром- і поліфеноксидази, згубно діє на формування зерна [3, 35].

Цинкове «голодування» зумовлюється відсутністю активного ауксину в стеблах рослин і зниженою його діяльністю в листках. Дефіцит цинку призводить до значного накопичення розчинних азотних сполук – амідів і амінокислот, що порушує синтез білка, утворення дрібних листків з хвилястими краями, різкого зниження вмісту фосфору в АТФ, але окрім того значно зростає вміст неорганічного фосфору. Цинк не піддається процесу реутилізації [11]. Ріст коренів більш чутливий до дії важких металів, зокрема цинку і міді, порівняно з

ростом пагонів [130].

Цинк сприяє засвоєнню калію і магнію, без нього порушується процес достигання насіння. Перешкоджають засвоєнню цинку високі норми азоту, фосфору і вапна, низька температура ґрунту. Поглинанню цинку рослинами сприяє кислотність на рівні pH 5,0-6,5 та оптимальний вміст іонів-синергістів (K, Mo) [64, 74, 122]. Цинк і бор інтенсивно засвоюються рослинами протягом більш коротких періодів часу порівняно із макроелементами [45].

Цинкові добрива застосовують на ґрунтах, де вміст рухомого цинку нижчий 0,2-0,3 мг/кг, в дозах 3-10 мг/га у вигляді позакореневих підживлень, для передпосівної обробки насіння – 30-50 г сульфату цинку [35].

Мідь (Cu) входить до складу ферментів, активізує вуглеводний і білковий обмін, впливає на фотосинтез та синтез білка, підсилює інтенсивність дихання рослин, активізує фермент, що попереджає руйнування клітин рослин, знижує інтенсивність розкладу хлорофілу, впливає на розвиток і будову клітин рослин, підвищує стійкість до грибкових та бактеріальних хвороб, підвищує стійкість до вилягання, посухо- та жаростійкість, зимостійкість озимих культур. Внаслідок впливу міді на біосинтез гемоглобіну і активність низки ферментних систем інтенсифікується процес зв'язування молекулярного азоту атмосфери та засвоєння азоту з ґрунту і добрив [11, 39, 62, 87].

За дефіциту міді (менше 5 мг/кг ґрунту) гальмується ріст генеративних органів, на листках з'являється хлороз, молоді листки жовтіють, спостерігається їх смугастість. Стебла стають тонкими та твердими, листя втрачає тургор і на них з'являються жовтувато-зелені плями. Спочатку коренева система розвивається краще, ніж надземна, потім ріст корінців сповільнюється, вони буріють і відмирають, колоски волоті недостатньо сформовані або повністю безплідні («лейкоз»). Мідь не піддається процесу реутилізації. Нестача міді найбільш характерна для таких ґрунтів: легкі, свіжо-вапновані, торфові, інтенсивно удобрені мінеральними добривами [33, 35, 74, 81, 122].

Нестача міді може проявитися у разі внесення підвищених норм азоту і фосфору, вапнування ґрунтів, за сухої і теплої погоди (високих температур ґрунту та повітря) [33, 35, 66, 81].

Сприятливо впливають на доступність міді калійні добрива, оптимальний вміст сполук сірки [11].

Молібден (Mo) приймає участь у вуглецевому обміні, синтезі вітамінів, амінокислот, білків і хлорофілу, впливає на інтенсивність окисно-відновлюваних реакцій, входить до складу ферменту нітратредуктази, що здійснює відновлення нітратів у рослинах, підвищує утримування вуглеводів, каротину й аскорбінової кислоти, збільшує формування білкових речовин, підвищує вміст фосфору в рослині [11, 33, 39, 64].

Внесення молібдену під небобові культури забезпечує краще засвоєнню азоту з добрив та ґрунту, зменшує втрати азоту через вимивання нітратів і процесу денітрифікації. За дефіциту молібдену відбуваються зміни в азотному обміні, гальмується біологічна редукція нітратів, сповільнюється синтез амідів, амінокислот і білків [11].

Зовнішні ознаки *нестачі* молібдену в рослинах подібні до азотного голодування. Спочатку з'являються блідо-зелені плями між жилками листка, листки набувають світло-зеленого кольору, потім вони буріють і відмирають. Сповільнюється ріст рослини, затримується цвітіння. У разі значної нестачі молібдену точка росту відмирає. Ознаки дефіциту можуть виявлятися уже на сім'ядолях, а пізніше на інших органах рослини [11, 33, 122].

Обмежує засвоєння молібдену високий вміст у ґрунті іонів Mn, Fe, Cu, SO_4, NO_3 та висока кислотність ґрунту. Підвищує засвоєння кислотність у межах pH 6,8-8,5 та оптимальний вміст іонів P, Ca. Частково піддається процесові реутилізації зі старих органів рослин [11, 33].

Низький вміст молібдену зустрічається на легких, середніх і важких ґрунтах, а також ґрунтах, що утворилися в результаті гнейського вивітрювання, а також на чорноземах [93]. Молібденові добрива вносять на ґрунтах, у яких вміст рухомих форм не перевищує 0,2 мг/кг ґрунту [35].

Кобальт (Co) активізує роботу багатьох ферментів, зокрема нітратредуктази, впливає на синтез хлорофілу, нагромадження вуглеводів і жирів у рослинах, підвищує інтенсивність дихання, стимулює біосинтез нуклеїнових кислот і аскорбінової кислоти. Приймає активну участь у реакціях окислення та відновлення, позитивно впливає на дихання та енергетичний обмін, на розмноження бульбочкових бактерій, особливо на нейтральних ґрунтах [11, 33].

Зовнішні ознаки дефіциту кобальту подібні до азотного голодування. За дефіциту кобальту в рослинах розвивається хлороз. Поганий ріст та розвиток рослин може бути частково усунений внесенням азотних добрив [33].

Порушення живлення кобальтом і цинком істотно знижує швидкість залучення до складу білків амонійного азоту [3, 35].

Натрій (Na) підтримує оптимальний для клітин осмотичний потенціал, завдяки чому зростає посухостійкість рослин. Позитивно реагують на застосування натрію буряк столовий, редиска, капуста, помідор [33].

Кремній (Si) приймає безпосередню участь у біосинтезі захисних метаболітів, а в ґрунті знаходиться у складі силікатів. Силіцій утворює комплекси з органічними кислотами і в такій формі здатний зміцнювати клітинні стінки, полегшує засвоєння рослинами фосфору, захищає рослини від токсичного впливу високих доз заліза, алюмінію, марганцю [11], підвищує ефективність мінеральних добрив і пестицидів [53, 131-133].

Рослини можуть поглинати низькомолекулярні кремнієві кислоти та їх аніони не лише через кореневу систему, а й через поверхню листків, якщо обприскувати їх кремнієвмісними водними розчинами. Важливо відзначити, що засвоєння кремнію листками становить біля 30-40 %, тоді як через кореневу систему не перевищує 1-5 % [11, 132].

За внесення кремнієвмісного добрива суттєво зростає схожість насіння, стимулюється накопичення біомаси надземними частинами і коренями кукурудзи за умов ґрунтової посухи й оптимального зволоження (60 % ПВ) [133], збільшується кількість вторинних і третинних корінців на 20-

100 % [88].

Селен (Se) – це біологічно активний мікроелемент, який входить до складу більшості гормонів і ферментів (активний центр якого складається із 4-х атомів селену) та пов'язаний із всіма органами і системами, надходження його поряд з іншими мікроелементами необхідне для підтримки нормального функціонування рослинного організму [11].

Фізіологія і біохімія селену рослин є багато в чому близького до фізіології і біохімії сірки, але досліджена значно менше. Селен може заміщати сірку в аналогах деяких амінокислот (метіоніні, цистеїні), приймає участь у реакціях утворення хлорофілу, синтезі трікарбонових кислот, а також метаболізмі жирних кислот, присутній у ряді окислювально-відновлювальних ферментів разом із залізом і молібденом, також входить в активний центр деяких гідрогеназ фототрофних бактерій разом з нікелем і залізом [11, 35].

Хлор (Cl) досить поширений у природі та легко доступний рослинам. Він підтримує в клітинах необхідний тургор, забезпечує їх нейтральний електричний заряд. Відомо, що хлор стимулює фотосинтетичне фосфорилювання. Іон хлору необхідний для поділу клітин листя і стебла. Як компонент калійних і складних добрив у достатній кількості вноситься в ґрунт. Тому на практиці важливіше знати реакцію рослини на шкідливий вплив хлору, а ніж застосовувати його у вигляді чистих добрив [33].

Титан (Ti) активізує процеси метаболізму в рослинах. Пришвидшує ріст та розвиток, позитивно впливає на морфологічну будову рослин, збільшує вміст хлорофілу в листках, забезпечує стійкість до ураження рослин грибковими та бактеріальними хворобами. Інтенсифікує фотосинтез і засвоєння інших елементів живлення [11, 33].

1.2. Особливості застосування дигестату в сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур

Головною метою сучасної економіки та біоекономіки є досягнення синергії між економікою, навколишнім середовищем і суспільством [134].

У аграрному секторі особливу увагу ЄС звертає на ефективне ведення тваринництва та рослинництва із різними параметрами виробництва продуктів харчування, екологічної безпеки, утилізації відходів, виробництва енергії з продовольчих і непродовольчих культур, використання ґрунту та викидів парникових газів. Зі сторони ЄС передбачається регулювання ефективного використання азоту (N) у тваринництві, виробництві харчових продуктів, органічних і неорганічних ресурсах для підвищення врожайності, продуктивності та з меншим впливом на ґрунт і навколишнє середовище [2, 135-137].

Останнім часом попит на сільськогосподарську продукцію істотно зріс через збільшення населення та обмежені земельні ресурси. Перед аграріями виникли три виклики: продовольча безпека, прибуток фермерів і збереження

безпечного середовища. Для вирішення цих викликів впроваджується органічне землеробство, адаптивні та екологічно чисті технології. Важливе місце у цьому питанні займає використання дигестатів для удобрення ґрунтів [138-144].

Сільське господарство є другим найбільшим джерелом викидів парникових газів у світі після спалювання викопного палива для виробництва енергії, але очікується, що завдяки новим високоточним технологіям вирощування та інноваційним продуктам цей сектор зможе зробити свій внесок у зниження глобального потепління [2, 145-150]

Згідно законодавства ЄС дигестат можна класифікувати за трьома категоріями: «органічний покращувач ґрунту», «середовище для вирощування» та «органічний, немікробний біостимулятор рослин», але не «органічні добрива» [151]. У Європі дигестати відносили до відходів, лише нещодавня постанова Європейської комісії дозволила, щоб дигестати віднесли до добрив [152].

Зміна клімату та погіршення навколишнього середовища за рахунок не ефективного використання мінерального азоту залишаються емпіричною проблемою усього світу. Ці виклики стосуються всіх секторів: промисловості та енергетики, транспорту та сільського господарства, науки, суспільства та навколишнього середовища. Для безпосередньої протидії цим викликам, ЄС сформулював структуру під назвою «Зелена угода» з метою забезпечити сучасну, ресурсоефективну та конкурентоспроможну економіку, де немає істотних викидів парникових газів (ПГ) до 2050 року та де економічне зростання відокремлюється від використання ресурсів [153].

Вирішення проблеми забезпечення сільськогосподарського виробництва азотом щільно переплітається із розвитком тваринництва основним джерелом традиційних видів органічних добрив. Крім того саме тваринництво стикається із проблемою утворення та утилізації відходів, захистом екосистем та навколишнього середовища особливо в умовах глобального потепління [154-158].

Використання органічних добрив обумовлюється їх невисокою вартістю, порівняно із синтетичними добривами, та високою ефективністю за рахунок вмісту макро- та мікроелементів. Наявність у складі органічних добрив корисних мікроорганізмів та поживних речовин підвищує родючість ґрунту та вміст гумусу [36, 159, 160].

Для підвищення родючості ґрунтів та поліпшення росту і розвитку рослин необхідно вносити органічні та мінеральні добрива, застосовувати оптимальні системи обробітку ґрунту, збільшувати вміст гумусу та вологоємність ґрунту [2, 36, 156]. В свою чергу зменшення використання мінеральних добрив призведе до позитивних ефектів щодо ресурсозбереження, глобальних потепління та збереження якості ґрунту [161].

Тривале використання мінеральних добрив сприяє мінералізації органічної речовини та зменшенню гумусу, а, як відомо, у гумусі містяться мікро- і макроелементи, фізіологічно активні речовини, крім того, гумус як губка вбирає пестициди і важкі метали. Вміст гумусу визначає основні агрономічно-цінні властивості ґрунту, а за рахунок вмісту структуроутворюючих елементів кальцію та магнію – його водні та повітряні

властивості [159, 160]. Також варто відмітити, що застосування мінеральних азотних добрив спричиняє збільшення викидів парникових газів (на 35 день від внесення) порівно із використання органічних добрив, зокрема і дигестату [156].

Традиційна технологія внесення мінеральних добрив недосконала. У ній переважають техногенні фактори замість біологічних. Добрива, що вносять під основний обробіток ґрунту майже за півроку до їх інтенсивного використання рослинами кукурудзи, втрачають багато поживних речовин за рахунок мінералізації, випаровування в повітря і вимивання в глибину ґрунту, забруднюючи довкілля [2, 52, 162]

Інтенсивне використання високих доз мінеральних добрив, особливо азотних (N), призвело до значних проблем: висока вартість, забруднення нітратами та втрата ґрунтового вуглецю (C). Зважаючи на це, потреба в екологічно чистому сільськогосподарському виробництві зростає, і тому органічні добрива, такі як компости або гній, широко вивчалися в минулому. В останні роки була досліджена можливість використання дигестату як органічного добрива для підвищення родючості ґрунтів [154, 161, 163-166].

Одним із резервів підвищення вмісту гумусу є використання біоорганічних добрив із позитивним агрохімічним та мікробіологічним складом, які отримуються шляхом ферментації відходів тваринництва (свинячого гною) у біогазових установках [2, 167, 168].

Застосування дигестату має важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки у виробництві органічної продукції та підвищенні родючості ґрунту і фіксації вуглецю [169]. На разі немає достатньої інформації про використання сільськогосподарської біомаси для біоенергетики в країнах Північної Європи [170].

Дигестат, компост, зола, біовугілля, мульча та сидеральні культури є хорошими видами органічних добрив, що здатні позитивно впливати на родючість ґрунту, але мають відмінні характеристики щодо вмісту основних елементів живлення [171].

Зацікавленість аграріїв використанням дигестату пов’язана з відсутністю достатньої кількості органічних добрив, великою вартістю мінеральних добрив, дисбалансом органічної речовини у ґрунтах та наявністю великої кількості органічних відходів.

Дигестат складається із залишків зброджeного матеріалу та мертвих клітин мікроорганізмів, причому об’єм дигестату коливається близько 90-95% того, що спочатку було подано в ємкість (біогазову станцію) [172].

Хімічні реакції під час біогазового процесу можуть призвести до зменшення рухомості Mg, Ca, P та S шляхом утворення фосфатів кальцію та магнію, наприклад, карбонатів, гідроксилапатиту та сульфідів заліза [157, 173-174].

Використання дигестату забезпечить зменшення потреби в мінеральних добривах, що промислово виробляються з великим використанням викопного палива та збільшенням викидів CO_2 [175-177].

На разі істотно збільшилася кількість зацікавлених процесами виробництва біогазу. Для фермерів біогазові технології набувають все

більшого значення із двох основних причин: 1) виробництво біогазу для отримання енергетичної незалежності та більшої прибутковості виробництва; 2) побічні продукти біогазової технології (дигестат), які можна використовувати як органічне добриво [178-181].

У зв'язку із зростаючою загрозою глобального потепління та обмежені викопні джерела енергії біоенергія, отримання біогазу, стало важливим завданням для зниження наслідків зміни клімату, енергетичної безпеки, забезпечення ресурсами та сталого розвитку сільського господарства [182-185].

За останнє десятиліття світове виробництво біогазу зросло втричі, що дозволяє частково замінити викопне паливо, а саме виробництво біогазу шляхом анаеробного зброджування генерує значну кількість побічних продуктів (дигестати) [182, 184, 186].

Дигестат – органічні субстрати після ферментації у біогазових станціях насичені поживними речовинами та відмінно підходять для удобрення ґрунтів [187-195].

В багатьох країнах потенціал виробництва біогазу, хоча й високий, але ще не повністю використовується [196].

У контексті змін клімату та екологічного переходу, це може дати можливість зменшити викиди парникових газів і посилити поглинання вуглецю в ґрунті шляхом виробництва біогазу та використання дигестату. Виробництво біогазу в усьому світі передбачає три основні регіони: найбільшим виробником є Європа з більш ніж 18 мільйонами тон нафтового еквіваленту (Mtoe) в 2018, за нею йдуть Китай і США з приблизно 7 Мт н.е. та 4 Мт н.е. відповідно (IEA 2018) [197-201]. Дві третини європейських біогазових станцій розташовані в Німеччині, тобто це далеко не найбільший ринок серед європейських країн. Протягом десяти років, інші країни, такі як Великобританія, Франція, Швейцарія, Данія та Нідерланди, прискорили розвиток біогазової промисловості (Міжнародне енергетичне агентство (MEA) 2019) [202].

Політика субсидій через фонди ЄС сприяють швидкому розвитку біогазових станцій у Європі. У Чехії, досить масовий розвиток впровадження біогазових станцій було зафіксовано в останні три роки. Разом із зростанням кількості біогазових станцій, кількість яких на даний момент становить близько 550, спостерігається збільшення виробництва дигестату як побічного продукту виробництва біогазу. Рідкі дигестати (фугати) містять більше мінерального азоту (зазвичай 5-6% сухої маси) і менше органічного вуглецю, ніж незброджений вхідний матеріал [147] і C:N у дигестаті може бути в десять разів нижчим ніж у гною з ферм [157, 161].

Виробництво біогазу за допомогою технологій анаеробного зброджування біомаси можна оцінити з точки зору його позитивного впливу на навколишнє середовище, оскільки анаеробне зброджування вбиває насіння бур'янів і патогени в гної, перш ніж він буде застосований як дигестат на полях [203-204].

Для стабільного розвитку сільського господарства необхідно здійснювати пошук та максимально використовувати альтернативні джерела поживних речовин для рослин і ґрунту. Ці джерела не повинні поступатися мінеральним добривам та мають зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище,

до них належить і дигестат [137, 205-206].

Відходи виробництва біогазу, тобто дигестат, можуть замінити мінеральні добрива в циклі біомаса-біогаз-біомаса [157, 207-210]

Стратегія розвитку ЄС щодо ґрунтів до 2050 року передбачає використання біоорганічних добрив (дигестату) для покращення родючості ґрунту та ефективності сільського господарства, підвищення урожайності в умовах зміни клімату, циркулярної економіки, біорізноманіття та чистих водних ресурсів і збільшення запасів вуглецю в ґрунті [201, 211].

За оцінками експертів, до 2050 року глобальний біоенергетичний потенціал сільськогосподарських угідь становитиме від 64 до 161 ЕДж на рік$^{-1}$, але на нього сильно впливатиме розвиток глобального попиту на продукти харчування та корми для тварин [212]. Зростаючий попит на сировину з біомаси та великий потенціал виробництва біомаси в сільському господарстві спонукають до детального аналізу галузі як основи для отримання енергії.

Стрімкий темп розвитку технічного прогресу, що спрямований на підвищення енергоозброєності та поліпшення комфортних умов праці і побуту людини, все частіше призводить до порушення природних процесів, виснаження біотичного потенціалу екосистем та зниження біопродукційної здатності природних і культурних ландшафтів [188-190]. Тому потрібно особливу увагу сьогодні приділяти вивченню взаємозв'язку результатів антропогенної діяльності і природних процесів біоти та ґрунтів на різних рівнях локалізації [190].

Країни, що розвиваються мають велику зацікавленість у використанні біомаси як відновлюваного джерела енергії, оскільки їхня економіка в основному базується на сільському господарстві [213].

Також варто відмітити, що не правильне використання, зброджування та осадження сировини для біогазових станцій може призвести до забруднення навколишнього середовища [214].

Переброджений шлам (дигестат) є високоефективним знезараженим добривом, що повертає в ґрунт поживні речовини і лігнін як основу утворення гумусу та забезпечує виробництво екологічно чистої продукції [179, 189-190, 195, 215-219].

В ЄС щорічно виробляється приблизно 180 мільйонів тон анаеробного дигестату, більша частина якого використовується як органічне добриво [220].

Агрохімічний склад і характеристика дигестату залежать, у більшій мірі, від властивостей субстрату та способу годівлі тварин [221].

За даними деяких авторів [205, 222], тверді дигестати мають більшу частку мінерального N (51-68% від загального N), але інші автори [223] виявили, що деякі тверді дигестати мають нижчу частку мінерального N (24-36% загального N). Як добриво для ґрунту, тверда фракція дигестату має кращий потенціал, ніж рідка форма, тоді як рідка фракція має кращу проникність ніж тверда форма. Однак потенційне забруднення вод (поверхневих і ґрунтових) надлишком N і P через внесення рідкого дигестату в ґрунт є серйозною екологічною проблемою [141]. Крім того, як і деякі добрива (наприклад, сирі фосфати, промисловий компост і осад стічних вод), дигестат може містити важкі метали або різні

органічні забруднювачі [141, 224-229]]. Запобігання накопиченню важких металів у ґрунті та продукції є стратегічною метою політики захисту ґрунтів у Республіці Сербія [230].

За виробленими обсягами товарної продукції біогазових станцій на першому місці виступає ефлюент або дигестат [2, 231], об'ємна продуктивність якого дорівнює об'ємному завантаженню перероблюваного субстрату, при цьому унікальне поєднання його мікробіологічного та мікроелементного складу дозволяє отримувати на його основі цінні біоорганічні добрива [190].

Якість і структура органічної речовини в біогазових дигестатах залежить від вихідної сировини для виробництва біогазу та застосованої технології, і саме це може впливати на доступність важких металів [205, 225, 232-235]. Наприклад, гній свиней містить більше калію [236-237], тоді як гній великої рогатої худоби, зброджений разом, підвищує вміст фосфору [238]. Таким чином, дигестат (як органо-мінеральне добриво) може забезпечити майже такий же багатий запас поживних речовин, як мінеральні [176, 239] або органічні добрива, такі як гній [161].

Вплив внесених мікроелементів металів на навколишнє середовище, наприклад, поглинання рослинами та ґрунтовими організмами або вимивання у водойми, залежить від їх рухливості в ґрунті, на яку, у свою чергу, сильно впливає pH і вміст розчиненого органічного вуглецю (DOC) [141, 240]. Наприклад, Cu, Zn, Cd і Ni, як правило, рухливі в ґрунті за звичайних умов для вирощування сільськогосподарських культур у північному кліматі, тобто в діапазоні pH від ~6 до 7. З іншого боку, As, Sb і Hg можуть випадати в осад у нерозчинних формах за цих умов. Застосування органічних добрив являє собою додавання розчиненого органічного вуглецю (DOC) і може впливати на pH у ґрунті та, таким чином, може збільшити ризик поглинання рослинами або вимивання у водойми.

Варто відмітити, що забруднювачі можуть вноситися в ґрунт разом із неорганічними або органічними добривами та можуть біоакумулюватися в ґрунтових організмах і рослинах [241].

Внесення дигестату в ґрунт покращує кругообіг поживних речовин, фіксацію вуглецю та структуру, зменшує потребу у мінеральних добривах [242, 243], сповільнює мінералізацію гумусу та позитивно впливає на корисну мікрофлору ґрунтів [142, 147, 173, 244, 245], збільшує вміст у ньому азоту (N), особливо дигестат багатий амонійним азотом (NH_4-N), формою азоту, яка легко поглинається рослинами [246]. Співвідношення мінерального азоту до загального вмісту азоту є важливим показником його впливу на цикл і трансформацію азоту в ґрунті під час росту і розвитку рослин.

Під час виробництва біогазу відбувається розкладання біомаси і утворення дигестату в результаті хіміко-фізичних процесів і симбіотичної життєдіяльності 3-х основних груп бактерій, при цьому продукти метаболізму одних є продуктами живлення інших у певній послідовності [193, 247-249]. Перша група – гідролізні, друга – кислото-утворюючі, третя – метан утворюючі бактерії. В якості сировини для отримання дигестату в

процесі виробництва біогазу можуть використовуватися як органічні агропромислові або побутові відходи, так і рослинна сировина [193, 250-252].

Існує широкий спектр мікроорганізмів що приймають участь у анаеробному процесі утворення біогазу і дигестату. Біогаз – це горючий газ, що містить метан, вуглекислий газ і невелику кількості інших газів та компонентів [28, 252].

Процес деградації ділиться на чотири етапи: гідроліз, ацидогенез, ацетогенез і метаногенез; і в кожній окремій фазі різні групи факультативні або обов'язкові анаеробні мікроорганізми [180, 189, 251, 253-259]:

- на першому етапі (гідроліз) аеробні бактерії перебудовують високомолекулярні органічні субстанції (білок, вуглеводи, жири, целюлозу) за допомогою ензимів на низькомолекулярні сполуки, такі як цукор, амінокислоти, жирні кислоти і воду, цей процес має повільний плин і залежить від таких позаклітинних ензимів, як, наприклад, целюлоза, амілази, протеази і ліпази, рівня pH (4,5-6,0) та часу перебування в резервуарі;

- далі розщепленням займаються кислото-утворюючі бактерії (*окислення*), також у цьому етапі беруть участь анаеробні бактерії, які використовують залишки кисню і утворюють тим самим необхідні для метанових бактерій анаеробні умови, за pH 6,0-7,5 виробляються в першу чергу нестійкі жирні кислоти (карбонові кислоти – оцтова, мурашина, масляна, пропіонова), низькомолекулярні алкоголі – етанол і гази – двоокис вуглецю, вуглець, сірководень і аміак;

- після цього кислото-утворюючі бактерії (дуже чутливі до температури) з органічних кислот утворюють вихідні продукти для формування метану, а саме: оцтову кислоту, двоокис вуглецю і вуглець;

- на останньому етапі утворюється метан, двоокис вуглецю і вода, як продукт життєдіяльності метанових бактерій (виключно анаеробні) з оцтової і мурашиної кислоти, вуглецю і водню (90% всього метану виробляється на цьому етапі, 70% утворюється із оцтової кислоти), таким чином, розкладання оцтової кислоти є фактором, що визначає швидкість утворення метану, за оптимального рівня pH 7,0, при чому амплітуда температурних коливань може бути в межах 6,6-8,0°C.

Для анаеробного зброджування (AD) в біореакторах та отримання біогазу і дигестату можуть використовуватися речовини які мають органічну структуру, зокрема це залишки рослин, трав'яний силос, енергетичні культури, відходи побутові відходи органічного походження, відходи тваринництва (свинячий, коров'ячий гній, курячий послід) [189, 190, 217, 231, 260-261], відходи рибного та забійного цеху (кров, жир, нутрощі), тваринні жири, відпрацьована кулінарна олія, ресторанні чани для знежирення) [252], флотаційний шлам (осад), зневоднений флотаційний шлам (осад) з міських заводів, що займаються очищенням стічних вод [141, 205, 214, 262-274], зерно, меляса, післяспиртова і пивна дробина, буряковий жом, фекальні стоки, відходи молокозаводів – солона та солодка молочна сироватка, відходи від виробництва біоетанолу [275, 276], біодизеля, технічний гліцерин, відходи від виробництва соків – жом фруктовий, ягідний, овочевий, виноградні

вижимки, водорості, відходи виробництва крохмалю та патоки – мезга і сироп, відходи переробки картоплі, шкурки, гнилі бульби [252], макуха, силос, барда, цукровий буряк, гичка, клітковина, крохмаль і патока, та інше [167, 277, 278], відходи деревообробної промисловості [279-281], відходи рибальства та аквакультура [282] та ін.

Дослідження щодо використання різних органічних решток та тваринних відходів у якості субстратів проводилися багатьма вченими [283-286]. Наразі 86% біогазового потенціалу сконцентровано на сільськогосподарській сировині і лише 8% на промислових і комунальних відходах [180].

Енергетичний потенціал гектара орної землі щодо отримання біомаси визначається рівнем урожайності культури [212]. Урожайність сільськогосподарських культур залежить від клімату, ґрунту і технології вирощування, річного циклу вирощування, кількості врожаїв за рік. Багаторічні трави виробляють більшу кількість загальної енергії, ніж однорічні культури, тому що вони потребують менше енергії для вирощування. Більш інтенсивне вирощування, наприклад внесення добрив і генетична модифікація, може збільшити продуктивність сільськогосподарських культур до десяти разів порівняно з неінтенсивним вирощуванням [3, 287, 288].

Багато країн традиційно використовують лісову біомасу для отримання енергії, і в даний час проводяться дослідження для оцінки впливу лісової біоенергетики на параметри стійкості [289-292].

Свинокомплекси та індустріальні тваринницькі ферми можуть утворювати багато відходів, які складно утилізувати та створюють ризики для навколишнього середовища, якщо вони не переробляються та не використовуються належним чином [293]. Ефективним методом у практичному вирішення цієї проблеми є переробка утворених відходів у біогазовій станції для зменшення об’єму відходів і виробництва біоенергії (біогазу) та дигестату який використовується для підвищення урожайності культур і родючості ґрунтів [163, 294-297].

Кризовий стан тваринницької галузі України зумовив дефіцит виходу органічних добрив. У зв’язку з цим рівень їх внесення протягом тривалого часу у середньому по країні не перевищує 0,5 т/га [298]. Тому виникає необхідність пошуку шляхів поповнення органічної частини ґрунту за рахунок застосування альтернативної органічної речовини як передумови створення сприятливих для культурних рослин агрохімічних, водно-фізичних та біологічних властивостей ґрунту [10, 299].

Співвідношення C : N показує загальне співвідношення вуглеводів із загальним вмістом азоту. На один відсоток фосфору припадають 5 відсотків азоту і 75-125 відсотків вуглецю [259, 300]. Оптимальне співвідношення вуглецю до азоту становить 30: 1 і 10: 1. Якщо співвідношення падає до рівня 8 : 1, то в зв’язку з великим вмістом амонію в субстраті сповільнюється розвиток бактерій через аміак. Для оптимальної життєдіяльності бактерії потребують невелику кількість важких металів і мікроелементів [180, 301].

Джерелом органічного азоту є мікроорганізми харчового тракту

тварин. Завдяки анаеробному зброджуванню органічної сировини в біогазовій установці мінералізація отриманих добрив зростає: мінеральна частина становить 60%, а органічна – 40%. За правильних умов внесення біодобрив (температура довкілля, вологість повітря й інші чинники) основні складові азоту інтенсивно взаємодіють, постійно забезпечуючи рослини поживними елементами [194, 302].

Спочатку дослідження дигестатів були направлені на оцінку стабільності зменшення запаху, гниття та патогенів [141]. Потім значна кількість досліджень була направлена на вивчення використання дигестатів на основі гною або осаду стічних вод в якості добрив [303-306]. Використання осаду стічних вод на сільськогосподарських угіддях суворо регулюється через наявність важких металів, зокрема таких як кадмій, ртуть, свинець і хром [227].

Жуйні тварини є класичним прикладом прояву симбіозу між тваринним організмом і мікрофлорою, яка живе в передшлунках. У рубці жуйних тварин температура трохи вища, ніж у прямій кишці, що багато в чому залежить не тільки від інтенсивності кровопостачання, але й від анаеробного бродіння в рубці, і становить 38-42 °С. Відносно сталі кислотність, іонний склад вмісту, а також достатня кількість рідини сприяють забезпеченню нормальної життєдіяльності мікроорганізмів. Кислотність рубцевого вмісту знаходиться на рівні від 6,8 до 7,2, створюючи тим самим сприятливі умови для мікрофлори. Частий прийом корму забезпечує постачання бактерій живильним середовищем [259].

У свиней коефіцієнт перетравлення корму набагато нижчий, що обумовлено однокамерним шлунком і коротким кишечником. Тому вихід біогазу з гною свиней істотно вищий, ніж з гною великого рогатої худоби через те, що містить безліч поживних речовин, які нерозкладені й невикористані організмом. Кури, як і всі птахи, мають короткий травний апарат, що обумовлює їх малу вагу (перетравлення є неповним). У посліді міститься велика кількість речовин, що придатні до перетравлювання. Він настільки багатий сухою масою, що, як правило, його необхідно розбавляти водою. До того ж, високий вміст азоту може викликати проблеми з біологічним процесом анаеробної ферментації (інгібування процесу) [189, 252, 259].

Згідно з Manojlovic et al. [307], перед застосуванням у сільському господарстві необхідно проаналізувати склад дигестату і дотримуватись гранично допустимих концентрацій важких металів у добривах, ґрунтополіпшувачах і спеціальних препаратах, регулюючи їх надходження в ґрунт [230].

Перспективність виробництва дигестату полягає в тому, що значна частина органічних відходів припадає на агропромисловий комплекс, тому розвиток біогазової енергетики є найбільш перспективним і бачиться саме в цьому секторі економіки [193, 252].

Біомаса характеризується такими фізико-хімічними показниками, як: вологість, вміст сухої речовини (СР), вміст органічної сухої речовини (оСР), кислотність (pH), вміст білків, вуглеводів та жирів. У процесі зброджування

мікроорганізмами на неї діють: температура, вологість середовища, рівень pH, співвідношення C: N: P, площа поверхні частинок сировини, частота подачі субстрату, уповільнюючі речовини, стимулюючі домішки [251, 252]. Від цих показників залежить час зброджування, кількість одержуваного біогазу та його склад і властивості майбутнього біодобрива «дигестату».

Біологічна родючість ґрунтів визначається великою кількістю та різноманітністю ґрунтових живих організмів що функціонують та забезпечують екосистему ґрунту [138, 308]. Біорізноманіття ґрунту забезпечує значні переваги для сільськогосподарського виробництва, наприклад, обмеження мінералізації органічної речовини [308, 309], створення бар'єрного ефекту для популяцій патогенів [310], підтримання структури ґрунту [311], підвищення посухостійкості рослин [312], зменшення забруднення атмосфери [313], а в більш глобальному масштабі – підтримання стабільності функціонування ґрунту [314, 315]

Проведені дослідження показали високу ефективність дигестату в якості біоорганічного добрива у технологіях вирощування кавуна та цвітної капусти [161], кольрабі [316], люцерни та ярої пшениці [317], пшениці (Triticum aestivum L.) [137, 156], томатів [318, 319], моркви та буряка столового [320], салату (Lactuca sativa L.) [214, 321], петрушки [322], сорго [323], базиліку (Ocimum basilicum) [324], садових культур [325], овочів закритого ґрунту [175, 206, 326, 327], овочів та інших культур у безґрунтових системах на дигестатному субстраті [319, 325], овочів відкритого ґрунту і грибів, особливо коли анаеробне зброджування поєднується з гідропонікою [328] тощо, в порівнянні із традиційними мінеральними та органічними добривами.

Застосування дигестату порівняно з гноєм призводить до зростання урожайність сіна [329]. Дигестат може використовуватися як субстрат для вирощування мікроводоростей [330-332].

Внесення у ґрунт дигестату сприяє підвищенню кількості доступних для рослин поживних речовин (азоту та фосфору) та має позитивний вплив на біологічні властивості ґрунту, такі як мікрофлора ґрунту та активність ферментів, порівняно з варіантом без внесення дигестату [161, 205, 206]

Азот що міститься в дигестаті легкорухомий та легкодоступний для рослин, але він також може легко втрачатися через повільну мікробіологічну діяльність пов'язану із низькими температурами, що може знижувати ефективність удобрення дигестатом, що і спостерігалося на посівах цвітної капусти [161].

Стале використання дигестату в сільськогосподарських системах має як позитивні, так і негативні екологічні наслідки [141, 157].

Внесення дигестату в ґрунт сприяло зниженню вмісту вуглецю і азоту, в той же час вміст фосфору і калію зростав [137].

Внесення дигестату на основі тваринного гною в ґрунт не збільшує вміст вуглецю протягом 3-річного періоду [2, 137].

Ефективність використання азоту протягом трьох років внесення дигестату була в діапазоні 20-25 відсотків, з сильною кореляцією між ефективністю використання азоту та врожаєм. Після трьохрічного періоду внесення дигестату отримали найвищу врожайність зерна пшениці, порівняно із попередніми роки, а

врожайність на ділянках із дигестатом була значно вищою від урожайності на варіантах із використанням мінеральних азотних добрив [137, 205].

Внесення дигестату отриманого на основі анаеробного зброджування свинячого гною не впливає на якість зерна та соломи пшениці в порівняні із мінеральними добривами [137, 156].

Удобрення дигестатом забезпечує підвищення врожайності та покращення вмісту органічної речовини ґрунту [176].

Біодобриво діє на рослину відразу ж після внесення в ґрунт, для всіх сільськогосподарських, декоративних і овочевих культур у розбавленому водою вигляді, шляхом підживлення, поверхневого поливу ґрунту або обприскування листової поверхні рослин [252, 333]. Маючи слабо-лужне середовище (pH 7,6-8,2), знижує кислотність ґрунту. Використовується у всіх кліматичних зонах, для всіх видів ґрунтів, підвищуючи їх родючість і покращуючи їх екологічний стан, підвищує стійкість рослин до несприятливих умов навколишнього середовища, особливо під час пізніх заморозків, мікробіологічні процеси у кореневої зони рослини відбуваються з виділенням тепла, необхідного для захисту сходів. Застосування добрива покращує приживлюваність пересаджених плодових культур як у весняний, так і в осінній періоди. Одна-три тони рідкого добрива за своєю ефективністю еквівалентні 50-100 тонам гною [180, 260-261, 334].

Існує світовий досвід застосування біодобрив (дигестату), зокрема вони широко застосовуються в Голландії, Німеччині, Англії, Фінляндії, Італії, Китаї, Індії та інших країнах. В умовах України дуже гарні результати застосування цього добрива отриманні при вирощуванні картоплі, буряка, капусти, моркви, помідорів, огірків, суниці, малини, смородини та інших овочевих і ягідних культур, а також злакових, кормових і газонних трав, декоративних квітів, таких як троянди, нарциси, півонії та ін. [251, 252].

Ефективність біоорганічних добрив (дигестату) залежить від різних факторів, таких як кліматичні умови, властивості ґрунту, склад дигестату, види сільськогосподарських культур і період внесення. Деякі автори вказували що застосування дигестату призвело до зниження врожайності порівняно з неорганічними (мінеральними) добривами [335].

Для підвищення якості дигестату його часто доповнюють додатковими компонентами. Зокрема вивчалися можливості використання тваринницьких відходів (свинячого гною) у поєднанні з біовугіллям та золою, у порівнянні з мінеральними азотними добривами у сільськогосподарському виробництві [156].

Додавання до свинячого гною біовугілля та золи створює позитивний вплив на вміст у дигестаті рухомого калію, фосфору, вихід біомаси та ефективність використання азоту [156, 297]. **Біовугілля** отримується з обвугленої органічної речовини, що утворюється після спалюванню біомаси, такої як відходи деревини та сільськогосподарські залишки, без доступу кисню [297].

Дигестат свинячого гною плюс зола та дигестат свинячого гною збільшує корисну мікрофлору ґрунту на 32,1 та 48,8% у нейтральному та кислому ґрунті відповідно. В цілому внесення суміші дигестату з біовугіллям і золою має

великий потенціал для оптимізації ефективності використання азоту та вуглецю для регулювання ґрунтової родючості шляхом покращення поглинання вуглецю в умовах зміни клімату [156].

Додавання біовугілля розглядалася як ефективний захід для зменшення глобального потепління за рахунок його здатності до поглинання органічного вуглецю в ґрунті та ефективного зменшення викидів оксиду азоту (N_2O) під час внесення дигестату в ґрунт [297, 336, 337].

Дигестат отриманий із додаванням суміші біомаси зернових і бобових культур має кращі властивості ніж дигестат на основі монокультури [321, 338-342] і збільшення виходу біомаси та біогазу [343].

В Європі виробництво біогазу з енергетичних культур набуло значного розвитку, і кукурудза (Zea mays L.) є найбільш поширенішою та ефективною культурою для цього [141, 267, 344-346]. Перевагами біомаси кукурудзи як субстрату є висока врожайність і налагоджена технологія вирощування врожаю [347-350]. Проте на разі вчені шукають можливість використання нових субстратів [351-353], головним чином через негативний вплив на навколишнє середовище та економічний баланс, пов'язаний з вирощуванням кукурудзи [339, 354-357], підвищення ерозійних процесів [358].

Можна використовувати культури замінники лише як сусубстрати [359-361] або змішану біомасу, суміш культур, наприклад як кукурудза та соняшник [362], сорго [323, 339, 363-364] або бобові [355, 365-366]. В якості альтернативи кукурудзу можна використати і іншу біоенергетичну культуру, наприклад цукровий буряк, пшениця, коноплі [268, 351, 367-369]. Крім того ефективним є сумісний посів енергетичних культур із бобовими. Основною перевагою таких посівів є внесок бобових культур у азотне живлення небобових видів [266, 341]. Біомаса бобових має вищий вміст азоту та нижче співвідношення C:N, ніж небобові [371, 372]. Низьке співвідношення C:N змінює стабільність і засвоєння доступних азотистих поживних речовин, що призводить до повільного використання азоту з високою лужністю через метаболізм аміаку [373-374]. Високий вміст амонію у біомасі бобових культур може перешкоджати виробленню метану в біогазі під час анаеробного зброджування (AD) [375, 376].

Використання багаторічних трав стає перспективним для генерації біогазу [377-380], хоча сумісне зброджування багаторічних трав з гноєм може бути навіть більш ефективним [196]. Багаторічні трави мають переваги перед однорічними культурами як сировина, оскільки вони здатні давати стабільно високі врожаї сухої речовини за різних умов навколишнього середовища і не конкурують із продовольчим виробництвом продукції [287, 381]. Трави також важливі в сільському господарстві для збереження родючості ґрунту та покращення біорізноманіття. Багаторічні трави на більшості природоохоронних територій необхідно скошувати не рідше одного разу на рік [2, 356], таку біомасу можна збирати та використовувати для виробництва біогазу. Зміна частки вирощування пшениці, яка є дуже важливою культурою в Литві, на пасовища на кілька років може покращити родючість і структуру ґрунту, що допоможе підвищити майбутню врожайність зерна.

Встановлена можливість заміни кукурудзи багаторічними злаковими

травами, які також мають високу врожайність, але не потребують особливого догляду в розрізі зменшення викидів парникових газів [273].

Проводяться дослідження можливості заміни торфу дигестатом, або створення торфосумішей [382, 383]. Торф є одним із найважливіших субстратів у садівництві та овочівництві [319, 383-385]. Заміна 50% торфу ріст у компості (AD/торф) забезпечувала такий же врожай **базиліка** (Ocimum basilicum), як використання лише торфу. Жодних симптомів токсичності або дефіциту не було виявлено в 50% суміші, однак вологоутримуюча здатність дещо знижувалася за заміни частини торфу [324].

Різні комбінації твердого дигестату (AD) і торфу або інших органічних компонентів, з або без фертигації рідким дигестатом, були випробувані для виробництва різноманітних садових культур. Restrepo et al. (2013) [325] виявили покращення стану саджанців кількох видів садових культур, вирощених у сумішах торф/AD (з кукурудзяного силосу та гною великої рогатої худоби), у співвідношенні 25-75% AD, порівняно з субстратом для вирощування у вигляді удобреного торфу.

Поєднання рідкого дигестату (AD), біогумусу і фертигації забезпечує утворення збалансованого субстрату, і зростання врожайність томатів на рівні мінеральних добрив [319].

Проведемо порівняння різного виду добрив за якісними показниками (табл. 1.6). Якщо завантажити 100 тис. тон сировини у біогазову установку, то отримаємо стільки ж екологічно чистого добрива, в якому міститься кальцій, фосфор й азот у рідкій і твердій фракціях [386]. Дигестат можна зберігати у критих лагунах, резервуарах-сховищах з передбаченою опцією відбору залишкового потенціалу біогазу тощо [3, 386].

Таблиця 1.6

Якісні показники біодобрив в порівнянні із іншими видами добрив
(за даними Орєхович О., 2016 [252])

Показники	Біодобрива (дигестат)	Мінеральні добрива	Органічні добрива (гній, послід)
Засвоєння рослинами, %	100	35-40	80
Втрати азоту, %	5-8	50	30
Вміст нітратів у продукції	немає	є	немає
Вимивання із ґрунту,%	15	50	80
Наявність патогенної мікрофлори	немає	немає	є
Вміст насіння бур'янів	немає	немає	є
Наявність корисної мікрофлори	є у великій кількості	немає	є
Адаптаційний період	немає	є	є

Завдяки своїм властивостям дигестат виконує важливу роль у відновленні родючості ґрунтів у якості біоорганічних добрив, отриманих внаслідок зброджування органічної маси в біогазовій установці, цінність яких полягає в наступному [387-390]: за рахунок корисної мікрофлори біодобрива позитивно впливають на ґрунтову біоту; сприяють збагаченню ґрунту органікою, гуміновими кислотами, необхідними для утворення гумусу; не містять збудників інфекції та насіння бур'янів та інвазії, які є в неперебродженому тваринному гною, внаслідок застосування необхідних температурних режимів у біогазовій установці; мають знижений рівень важких металів порівняно з кількістю, яка є у гною, що не перебродив; мають низький відсоток (15%) вимивання з ґрунту, тоді як гній може втрачати до 80% [189, 260, 391-392], дане ферментоване добриво дає ефект на протязі 5-6 років після внесення [390].

Найчастіше для виробництва біодобрива (дигестату) використовується гній ВРХ, свинячий гній та курячий послід, оскільки основна бактерія, що виробляє метан, вже міститься в шлунку тварин. Відомо понад 50 видів метаногенів, які поділяють на три класи – Methanobacteria, Methanococci і Methanopyri [167, 180, 393].

В анаеробному процесі розщеплення близько 50 % приймають участь бактерій з аеробними або факультативно аеробними вимогами або добре переносять кисень. Світло не є для бактерій смертельним, але воно уповільнює процес анаеробного зброджування. В зв'язку із цим на практиці використовують світлонепроникні кришки [260-261, 391, 394-395].

Виробництво дигестату і стабільність процесів анаеробного зброджування суттєво залежить від складу відходів, умов процесу та активності мікробних колоній у системі. У цьому сенсі певні співвідношення змішування, ко-перетравлення також можуть викликати антагоністичні взаємодії, які знижують продуктивність біогазової установки [286, 396].

Україна має досить потужний сировинний потенціал для виробництва біогазу та дигестату [195, 218, 278, 397]. Тваринницькі комплекси і птахофабрики можна розглядати в першу чергу як виробників відходів, оскільки обсяги гною і посліду в сотні і тисячі разів перевищують обсяги основної продукції, а це екологічна проблема [260-261, 398, 399]. Оцінка виходу гною, посліду, біогазу та дигестату значною мірою залежить від конкретних умов та технології. Зокрема, вихід гною (та меншою мірою посліду) залежать від віку тварин, а також від місцевих рамкових умов та умов утримання (кормів) [259, 398].

Більша частина відходів агропромислового комплексу України не утилізується, що призводить до проблем окислення ґрунтів, відчуження сільськогосподарських земель (під зберігання гною), забруднення ґрунтових вод і викидів в атмосферу метану – парникового газу [397, 400-402]. В Україні близько 50 % тваринницьких ферм – промислові [195, 397, 403, 404]. Гній та послід забезпечують викиди 7 % загального обсягу від викидів закису азоту, який є одним із найнебезпечніших парникових газів [193, 397, 402, 405].

Гній або послід багатий на азот, фосфор та інші поживні речовини, які в процесі потрапляння у воду роблять її непридатною для питного водопостачання, завдають шкоди водно-болотним угіддям та водним екосистемам [397].

Гній та послід також містять патогени, бактерії, стійкі до антибіотиків, і тому можуть стати джерелом поширення хвороб. Надмірне використання антибіотиків на фермах сприяє виникненню та поширенню вірусів та бактерій, стійких до антибіотиків. Через гній або послід вони потрапляють до навколишнього середовища і викликають захворювання тварин та людей [193, 135, 256, 406].

Гній та послід є також джерелом викидів аміаку, метану та інших газів у повітря. В процесі зберігання у лагунах відкритого типу або внесення на поля у великій кількості місцеве населення, що проживає поруч з промисловими фермами, потерпає від неприємного специфічного запаху [278, 397, 398, 406].

Анаеробне зброджування гною або посліду дасть змогу частково вирішити проблеми з відходами тваринництва, а саме зменшити ризик забруднення ґрунтів та води, викиди в атмосферу. За рахунок цього гній та послід не зберігається тривалий час у лагунах, що зменшує ризики, пов'язані з розгерметизацією, вимиванням, аварійними ситуаціями, також зменшується ризик понаднормового внесення гною або посліду на поля [260, 261, 334, 397].

У середньому вміст азотних речовин у залишках бродіння зберігається на 70 %, вміст калію та фосфору – на 100 %, на відміну від сирого гною та посліду. Відповідно, фермер повинен компенсувати лише 30 % азотних речовин за рахунок мінеральних добрив, а калій та фосфор покриваються в пропорції 1:1 [180, 218, 397, 407]. Застосування біоорганічного добрива (дигестат) забезпечує підвищення врожайності на 10-50 %, покращує якість отриманої продукції та підвищує родючість ґрунту [302].

Дигестат може швидко стати хорошим джерелом легкодоступних макро- (вуглець (C), азот (N), фосфор (P), калій (K), сірка (S), кальцій (Ca), магній (Mg)) і мікроелементів для рослин та ґрунту і може частково замінити внесення гною тварин або мінеральних добрив [157, 161, 172, 244, 267, 371, 408-411]. Він також містить частину органічної речовини, яка позитивно впливає на фізико-хімічні властивості ґрунтів [224, 412]. Дигестат може ефективно конкурувати з мінеральними добривами у підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур та родючості ґрунтів [139, 296].

Однією з переваг використання дигестату є високий вміст поживних речовин, порівняно із сировиною, головним чином азоту у формі NH^{4+} [413, 414]. Хоча під час анаеробного зброджування, значна кількість азоту (N) виділяється у формі амонію та вуглецю (C) у вигляді метану та вуглекислого газу. І все ж значна частина поживних речовин, таких як азот (N), фосфор (P) [415] і калій (K) [372] зберігається [164, 205].

За порівняння виробництва біоорганічного добрива і мінеральних добрив можна відмітити значний екологічних ефект саме від виробництва першої групи. Зокрема зменшення викидів парникових газів за рахунок застосування добрив із залишками бродіння від виробництва біогазу, тоді як мінеральні добрива отримуються на гірничих підприємствах в енергоємному процесі. За використання залишків бродіння в якості добрив порівняно зі звичайними органічними і мінеральними добривами, парникові викиди зменшуються приблизно на 67 % [397].

Гній та послід ідеально підходять як субстрат, крім того, вони легко змішуються з іншою сировиною. Таким чином, можливо створювати програми для конкретного місця розташування господарства, що дають змогу раціонально використати наявні ресурси [167, 216, 259, 397, 416].

В основі роботу БГУ закладені біологічні процеси бродіння та розкладання органічних речовин під впливом метаноутворювальних бактерій в анаеробних умовах, які характеризуються відсутністю вільного кисню, високої вологості та температурного середовища 15-25 °С для психофільних, 30-40 °С для мезофільних і 50-70 °С для термофільних бактерій. Коливання температури протягом доби не мають перевищувати двох градусів для психофільного режиму зброджування, одного градуса – для мезофільного і 0,5 градуса – для термофільного режимів [277, 417, 418].

Тривалість бродіння сировини за психрофільного температурного режиму становить від 30-40 і більше діб, за мезофільного режиму – в межах 10-20 діб, за термофільного – в межах 5-10 діб [260, 261, 391, 416, 419-422].

Для анаеробного зброджування, в більшості випадків, у процесі отримання дигестату використовують мезофільний режим, у ньому температурний режим становить +34-42 °С [302, 417, 423-428]. Метанові бактерії виконують свою життєдіяльність у межах температури 0-70 ºС. Вища температура викликає їх загибель, за винятком кількох штамів, які можуть жити за температури середовища до +90 ºС. За мінусової температури вони виживають, але зупиняють свою життєдіяльність [180, 391, 420-422, 429].

Не дивлячись на те, що процес розкладання целюлози в термофільних умовах відбувається у 14 разів інтенсивніше, ніж у мезофільних, а кількість біогазу, що отримується, на 25-30 % вища, термофільні процеси мають нижчу стабільність, ніж мезофільні, а допустимі коливання температури значно знижуються [424, 428, 429].

Для підвищення ефективності зброджування та синергізму мікроорганізмів до реактора, окрім збалансованого живлення у вигляді органічної речовини, можуть додатково додавати вологу. Вологість субстрату в біореакторі доводиться до вологості 92-95 % у літній період і 85% – у зимовий. Для досягнення необхідної вологості сировина розбавляється водою [192, 430]. Таким чином, для бродіння твердих субстратів (помилково іноді називають сухим бродінням) існує потреба в воді [180]. Чим вищий відсоток вмісту сухої речовини в ко-субстраті (метантені), тим більше робочого часу необхідно буде витратити на його переробку в резервуарі попереднього зберігання [260, 261].

Використання гною як моносубстрату для виробництва біогазу, а й відповідно дигестату, в більшості випадків з економічної точки зору є недоцільним та потребує додавання рослинних субстратів [167, 431, 432]. Крім силосу кукурудзи, використовують також силос цукрового і трав'янистого сорго, цукрові буряки, конюшину, свічграс, тритікале [195, 215, 432, 433], соняшник, міскантус, коноплі [179, 432], солому, бадилля [189, 195, 218, 259, 398], листя [301]. Крім того, додавання в послід торфу, тирси, лігніну або соломи помітно знижує втрати азоту [216, 259].

Складність використання деякої рослинної біомаси в якості субстратів для

біогазових установок зумовлена як фізико-механічними, так і хімічними її властивостями. Рослинні рештки мають низьку питому щільність та розгалужену капілярну структуру, вкриту гідрофобними компонентами (воски, лігнін), що викликає утворення в біореакторі щільних плаваючих шарів. Крім того, хімічна стійкість рослинної біомаси до біологічної дії бактерій значно погіршує умови та ступінь кінцевої деструкції такого субстрату [301].

Компонентний склад органічної речовини та здатність її до біологічного розпаду є ключовими факторами, які визначають потенціал виходу метану з силосу кукурудзи та якість дигестату [167, 434]. У свою чергу компонентний склад органічної речовини кукурудзи залежить від: місця вирощування, кліматичних умов, гібриду кукурудзи, тривалості вегетаційного періоду, технології вирощування та силосування [432, 435].

У природі анаеробний процес розкладання (зброджения) із виділенням метану називають також гниттям – його можна спостерігати в болтах, озерах, трясовинах і т. д. Якщо в такому середовищі є кисень, то органіку розкладають інші бактерії, в цьому випадку процес буде називатися компостуванням [180].

Досить важливими для життєдіяльності бактерій є нікель, кобальт, молібден, вольфрам і залізо особливо для формування ензимів. Багато мікроелементів утворюють із сіркою стійкі сульфіди, і тому може виникати їх дефіцит [180]. Інтенсивність бродіння можна підвищити механічним розщепленням і руйнуванням структури твердих органічних компонентів або механічною деструкцією [436], що забезпечує збільшення активної поверхні, яка обробляється метанотвірними мікроорганізмами, руйнування клітин і вивільнення здатної до бродіння внутрішньоклітинної рідини, що містить легкорозчинні органічні речовини [260, 261].

Існує цілий ряд субстанцій, які можуть уповільнити або й зовсім припинити обмін речовин і розвиток мікроорганізмів в анаеробному зброджуванні: пральні порошки, важкі метали, антибіотики, хіміотерапевтичні і дезінфікуючі засоби, сполуки сірки (серед іншого в теплицях для вирощування капусти і ріпчастої цибулі), ефірні масла (шкірка цитрусових, часник); кислота щавлева (наприклад, у різних видах конюшини); ціаніди, таніни і т. п. [180].

1.3. Особливості удобрення кукурудзи, моркви та буряків столових

Кукурудза (Zea mays L.) на формування 1 т зерна з відповідною листостебловою масою кукурудза засвоює 15-32 кг азоту, 6-14 – фосфору, 20-35 кг калію, по 4-10 кг магнію і кальцію, 3-4 кг сірки [62, 437], 11 г бору, 14 г міді, 110 г марганцю, 0,9-1,0 г молібдену, 85 г цинку, 200 г заліза [48, 125, 438-441].

У розвитку кукурудзи можна виділити два критичні періоди живлення головними елементами: період утворення 3-7 листків та період від появи 9-10 листків до фази повного викидання волоті [86, 442].

У перший період розвитку кукурудзи (фаза 3-4 листків) закладаються репродуктивні органи. Від наявності елементів живлення, особливо фосфору,

залежить кількість квіток на качані, кількість качанів на рослині та зерен на них. У цей період кукурудза росте повільно, коренева система утворює перші вузлові корені та не в змозі поглинати поживні речовини з важкодоступних сполук ґрунту [62, 73, 442-444].

Другий період (фаза 6-8 листків) характеризується інтенсивним ростом рослин, кукурудза в цей час переходить на засвоєння елементів живлення вторинною кореневою системою, збільшується листкова поверхня рослин кукурудзи, формуються генеративні органи, що призводить до інтенсивного споживання макро- та мікроелементів. За тривалістю він складає 17-20 діб. За такий короткий проміжок часу накопичується основна маса рослини і використовується значна кількість елементів живлення: азоту й фосфору – 50 % загальної кількості, калію – 70 % від максимального нагромадження [441, 444].

Для засвоєння такої кількості елементів живлення кукурудзі необхідно біля 50 кг води, 70 кг кисню та 210 кг вуглекислого газу [48, 445-447]. За умов достатньої водозабезпеченості та відсутності дефіциту азоту цвітіння розпочнеться на два-три дні раніше [64]. Азот підсилює ріст суцвіть, сприяє підвищенню кількості квіток на них [3, 11, 69], сприяє підвищенню вмісту білка і жиру в зерні [69], сприяє зменшенню клітковини, що, в свою чергу, сприяє зменшенню кількості лігніну в клітинних волокнах, знижуючи стійкість таких стебел до вилягання, зменшуючи відсотковий вміст сухої речовини [16]. Норму внесення мінерального азоту орієнтовно встановлюють з розрахунку N_{15} на 1 т зерна на родючих ґрунтах і N_{20} на 1 т зерна на бідних ґрунтах [90].

У більшості випадків азотні добрива вносять у два прийоми: під передпосівну культивацію до сходів – 30-50 % і в підживлення – 50-70 % від розрахункової норми [74, 448].

Фосфор кукурудза засвоює більш-менш рівномірно, в порівняні із азотом, у продовж тривалого часу аж до достигання врожаю [125, 439, 444]. На початковому етапі росту кукурудзи фосфор погано поглинається рослинами, навіть у разі високого його вмісту в ґрунті, якщо ґрунт ще не прогрівся, позаяк на початкових стадіях росту коренева система є слабо розвиненою. У зв’язку із тим, що фосфор засвоюється за температури не нижчої ніж +12-14°С [67, 68, 87, 88].

За нестачі фосфору в молодих рослин кукурудзи порушується утворення пігментних речовин, тому через надмірний синтез антоціану рослини набувають бузкового кольору [64, 441, 449-451].

Удобрення фосфором позитивно пливає на накопичення у рослинах крохмалю та вуглеводів [45, 84], підвищує посухостійкість, прискорює утворення качанів і дозрівання урожаю [87, 115]. З огляду на незначну рухомість фосфору, а також добру його доступність за позиціювання у гарантовано вологих шарах ґрунту найбільш доцільним є внесення фосфорних добрив восени під основний обробіток ґрунту [74]. Засвоєння фосфору покращується в умовах вапнування ґрунтів [69, 81]. Зрошення пришвидшує накопичення фосфору в рослинах кукурудзи в усі періоди вегетації [2].

Серед зернових кукурудза засвоює калію найбільше з усіх елементів живлення [54, 64, 69, 90, 125, 439]. Він сприяє утворенню вуглеводів завдяки впливу на обмін речовин рослини, підвищує стійкість до стеблового вилягання

(сприяє зміцненню стебла та росту судин ксилеми), стеблових гнилей та є важливим для утворення качанів [53, 64, 71, 74, 68, 115].

Дефіцит калію сприяє укороченню міжвузль рослин, при цьому стебла тоншають [64, 69].

Сходи кукурудзи уже на 8-9-й день потребують надходження магнію із поживного розчину. Дефіцит магнію у рослинах кукурудзи знижує їх стійкість до хвороб**,** негативно впливає на процеси цвітіння та запилення, що обмежує зав'язування качанів, зменшує їх озерненість [64, 94, 95, 125].

За нестачі сірки качани кукурудзи гірше виповнені зерном, спостерігається так звана «череззерниця». Компенсувати незначну нестачу магнію і сірки можна за допомогою листкового внесення сірчанокислого магнію одночасно з карбамідом, за значного дефіциту цих елементів живлення обов'язковим є основне внесення їх з добривами [69, 125].

Серед мікроелементів рослини кукурудзи найбільше потребують цинку [38, 48, 66, 97, 122]. За нестачі цинку в рослинах можуть не зав'язуватися качани, знижується ріст рослин через скорочення довжини міжвузль [38, 62, 90, 122, 125]. У кінці вегетативного росту і в репродуктивні фази розвитку рослин поглинається 71 % цинку [45].

Овочеві культури, такі як морква та буряк, необхідно вирощувати в регіонах, де ґрунтово-кліматичні умови (тепловий режим, склад ґрунту, довжина світлового дня, вологість ґрунту та відносна вологість повітря) найбільше відповідають біології розвитку даних рослин.

Буряк столовий (Beta vulgaris L.) – дворічна, перехресно- вітрозапильна овочева культура. Для нього найбільш придатні добре окультурені родючі ґрунти, з глибоким орним шаром, які мають нейтральну або слабокислу реакцію ґрунтового розчину. Кислі ґрунти потрібно вапнувати, вносячи вапнякові матеріали безпосередньо під буряк, що дає змогу підвищити його врожайність на середньокислих ґрунтах на 4,5-7,0 т/га [11].

Буряк столовий використовує порівняно значну кількість елементів живлення з ґрунту впродовж всього вегетаційного періоду. На формування 1,0 т товарного врожаю використовується біля 3,0-4,1 кг азоту, 1,0-2,0 кг фосфору, 3,0-7,5 кг калію. Надмірне внесення азотних добрив викликає розтягування строків достигання, погіршення якості коренеплодів і зниження їх лежкості. Буряк вимагає більше калію, який сприяє відтоку пластичних речовин з листків у коренеплоди, пришвидшує їх достигання й підвищує якість, а також гарно реагує на внесення добрив, що містять натрій [11, 33].

На ґрунтах із високою насиченістю поглинаючого комплексу натрієм ефективність калійних добрив зменшується, через те що буряки можуть використовувати частково замість калію натрій.

Буряк столовий добре використовує післядію внесених органічних добрив. Післядія органічних добрив у нормі 40-80 т/га на другий рік підвищує врожайність коренеплодів на 10-30 %, а разом з мінеральними добривами – на 35-97 %, тому його посіви необхідно розміщувати в сівозмінах після удобрених попередників [11, 35].

На фоні використання оптимальних доз мінеральних добрив для

вирощування буряків столових ефективним є проведення позакореневих підживлень розчинами мікроелементів. Найвищий приріст забезпечує застосування бору (6,2 т/га), молібдену (6,9 т/га) та суміші Mn+B+Mo (7,5 т/га) у фази початку наростання коренеплоду та його активного росту [11, 33, 35-36].

Морква (Daucus carota) краще росте і формує високі врожаї стандартних коренеплодів на суглинкових і супіщаних добре аерованих, зрошуваних ґрунтах з високим вмістом органічної речовини, а також на заплавних окультурених ґрунтах і торф'яниках [11, 125].

Згідно даних лабораторії агрохімії Інституту овочівництва та баштанництва НААН на утворення 10 тон товарного врожаю моркви використовується біля 50-60 кг азоту, 16 кг фосфору, 27-30 кг калію [11, 452].

Морква характеризується високими темпами споживання елементів живлення вже на початку росту й розвитку, тому мінеральні добрива під неї найбільш ефективні [11, 31, 35]. Оптимальною в умовах Лівобережжя Лісостепу на чорноземі типовому в умовах зрошення є норма мінеральних добрив з таким співвідношенням елементів живлення N: P_2O_5: K_2O як 1,5: 1,5: 1,5 (врозкид під зяблеву оранку або під ранньовесняну культивацію) [11].

Рекомендовані норми мінеральних добрив: азотні 40-60 кг/га, фосфорні 60-120 кг/га, калійні 60-120 кг/га. Понад ½ або ⅔ частини мінеральних добрив, переважно фосфорних і калійних, вносять під зяб і таку саму кількість азотних – під весняну культивацію, P_{10} – в рядки, решту фосфорно-калійних – у підживлення (після формування густоти рослин) [31, 35].

Для більш ефективної оптимізації мінерального живлення рослин моркви на фоні внесення рекомендованих доз мінеральних добрив рекомендується застосовувати також мікроелементи (мідь, бор, марганець та ін.). Окрім того кислі ґрунти вапнують.

Органічні добрива вносити під моркву не рекомендується, оскільки це призводить до розтріскування коренеплодів, формування мичкуватості і збільшення виходу нетоварної продукції, а також погіршення їх збереженості. Тому її посіви необхідно розміщувати в сівозмінах після удобрених попередників [11].

1.4. Позакореневі підживлення як елемент інтенсифікації технології вирощування

В сучасних умовах ведення аграрного виробництва постійна увага приділяється підвищенню врожайності сільськогосподарських культур за рахунок покращення умов їх росту. Один із таких напрямів це використання у сучасних технологіях вирощування позакореневих підживлень.

В життєдіяльності рослин розрізняють:

1. *Повітряне живлення* – поглинання CO_2 з атмосфери на світлі за допомогою хлорофілу в процесі фотосинтезу;

2. *Кореневе живлення* – надходження в рослини води й елементів

живлення з ґрунту через кореневу систему (мінеральне живлення);

3. *Позакореневе підживлення* це нанесення на поверхню листків і стебел рослин розчинів поживних речовин відповідного складу і концентрації [52, 159].

Позакореневе підживлення в сучасних інтенсивних системах вирощування сільськогосподарських культур є важливим інструментом для ефективного управління продуктивністю та кращого розкриття біологічного потенціалу рослин. Адже часто доступність поживних речовин із ґрунту обмежується різними чинниками (кислотністю ґрунтів, засоленістю, температурою). Через це, у випадку планування високої врожайності та максимальної віддачі на польових і особливо овочевих культурах без фоліарного живлення просто не обійтись. До того ж цей агрозахід у плані окупності на сьогодні є найбільш рентабельним [453].

Поглинання елементів живлення починається з адсорбції. Первинна адсорбція відбувається на поверхні клітин кореневої системи. Після цього починається складний процес активного і пасивного їх транспорту в клітину [33].

Можливість поглинання і засвоєння рослинами розчинів елементів мінерального живлення через листки, була встановлена ще на початку XIX століття. Із того часу дослідження та удосконалення даного способу внесення добрив не зупиняється і продовжується надалі в умовах сьогодення [52, 159].

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, що складається з воску і кутина. Великий восковий шар кутикули гальмує проникнення поживних елементів всередину рослини. Через це найкращий ефект від підживлення рослин по листку досягається при внесенні добрив у той час, коли кутикула легкопроникна і восковий шар помірно тонкий та м який [33, 48].

Основною умовою проникнення іонів через біологічні мембрани є безпосередній контакт з ними [52].

На шляху надходження поживних речовин в клітину надземних органів рослин існує декілька структурних бар'єрів. Серед них ***перший*** – восковий наліт і клітинна оболонка, або пектоцелюлозна мембрана, ***другий*** – зовнішня цитоплазматична мембрана, ***третій*** – сама цитоплазматична маса, ***четвертий*** – вакуолярна мембрана (тонопласт). Особливо важко подолати іонам перший бар'єр при входженні їх із зовнішнього середовища в симпласт і в кінці – на виході з симпласту в провідні судини через ендодерму і перицикл [3, 52].

Рухливість мікроелементів, їх доступність для живлення рослин змінюється залежно від фізико-хімічних та інших агрономічно-цінних властивостей ґрунту [100].

Ми не можемо змінити природні фактори, але маючи в розпорядженні низку агротехнічних та агрономічних прийомів, можемо вплинути на імунітет рослин, підвищити стресостійкість, посухостійкість, оптимізувати використання наявних елементів живлення та вологи для формування вегетативної маси та генеративних органів [36, 53, 93].

В останні роки в Україні через спрощення технологічних прийомів та

нестачу ресурсного забезпечення спостерігається погіршення родючості ґрунтів, поступове зменшення в них елементів живлення, що призводить до деградації та втрати їх продуктивних можливостей [122, 454, 455].

Всі ми розуміємо, що одержати максимальну генетично закладену врожайність навіть на високо окультурених ґрунтах можна лише за спрямованого регулювання живлення рослин з урахуванням законів формування врожаю, потреб культури, особливостей сорту або гібриду [70, 159, 456]

Для побудови оптимальної системи удобрення сільськогосподарських культур, в тому числі і кукурудзи, необхідно враховувати агрокліматичні умови вирощування, тип ґрунту, ступінь його забезпечення рухомими формами поживних речовин, а також фізіологічні потреби рослин в окремих мікроелементах живлення впродовж усього вегетаційного періоду [38, 444, 457]. Результатами досліджень Л. Анішина (2007) [456] встановлено, що за вчасного підживлення сходів кукурудзи її врожай зростає на 5-7 ц зерна з гектара.

Вдосконалення наших уявлень про тимчасові інтервали поглинання елементів живлення сільськогосподарськими та овочевими культурами в певних кількостях, розподіленні в органах рослини і реутилізації дозволяє оптимізувати дози, форми і строки внесення добрив [22, 45].

Суть оптимізації живлення рослин лежить у забезпеченні рослин елементами живлення на всіх етапах їхнього розвитку з урахуванням етапів органогенезу [24, 458]. Добрива, їхні форми, види, способи внесення, співвідношення у них елементів живлення повинні встановлюватися відповідно до етапів органогенезу рослин і вноситись у вигляді суміші макро- та мікроелементів [159, 459, 460].

Макро- та мікродобрива можливо вносити із поливною водою (**фертигація**) [461, 462].

Позакореневе листкове підживлення, головним чином у фазах інтенсивного росту і розвитку є ефективним способом забезпечення рослин мікроелементами, оскільки елементи живлення засвоюються у великих кількостях, а коренева система не завжди здатна засвоїти їх у повному обсязі до потреби [55, 69, 81].

Необхідно відмітити, що в умовах високих температур і дефіциту вологи позакореневе підживлення мікроелементами підвищує вміст колоїдно-зв’язаної води, зменшує порушення синтезу білка, знижує інтенсивність гідролізу, уповільнює накопичення в тканинах аміаку (надлишок якого призводить до пригнічення ростових процесів) та інших токсичних речовин [3, 35, 36].

Для позакореневого підживлення необхідно використовувати лише ті мікроелементи, що знаходяться в мінімумі в конкретному ґрунті [39, 52]. Застосувати мікроелементи, найкраще до появи ознак дефіциту елементів живлення, у «критичні» фази росту та розвитку культури [11, 45].

Досить часто за нестабільного зволоження та посушливих умов, особливо на ранніх етапах росту і розвитку рослин, ефективність позакореневого підживлення стає недостатньою. Через це для одержання кращих результатів від підживлення необхідно використовувати рідкі комплексні добрива, які більш технологічні та придатні для створення бакових сумішей з гербіцидами та

мікроелементами [66, 463, 464].

На інтенсивність засвоєння катіонів та аніонів з водного розчину солей в умовах проведення позакореневих підживлень рослин впливає рівень кислотності (pH). Катіони краще поглинаються за лужної реакції розчину (pH 8,3) ніж за кислої, а аніони, навпаки, за кислої реакції водного середовища. Така ж залежність існує і для кореневого живлення рослин [52]. Для кожного з елементів є своя зона оптимальних значень pH, за якої цей елемент більш доступний для рослин. Якщо pH ґрунтового розчину складно контролювати, то pH розчину для листкового підживлення легко підтримувати на оптимальному рівні [128].

В умовах застосування позакореневих підживлень рослин мікроелементи засвоюються орієнтовно на 80-90 %, тоді як за кореневого – лише на 20-30 %. Мікроелементи, які внесені на вегетуючих рослинах зразу ж потрапляючи на поверхню листка, проникають у його тканини і долучаються до біохімічних реакцій обміну в рослині (метаболізм) [87, 103].

Ступінь і швидкість засвоєння елементів живлення через листок в 3-6 разів (за внесення із засобами захисту в 30-40 разів) вища ніж в умовах засвоєння корінням рослин макро- та мікроелементів, внесених у ґрунт, але обсяги засвоєння елементів через листя обмежені. Через це, фосфор, калій і кальцій практично неможливо внести в достатній кількості шляхом позакореневого підживлення, але потребу рослин у мікроелементах через листя можна задовольнити на 100 % [39, 87, 103].

Позакореневе підживлення макро- та мікродобривами варто проводити одночасно із обробкою пестицидами. У результаті зменшується стресовий вплив дії засобів захисту рослин на культуру та підвищується дія пестицидів [33, 39, 62]. Витрата робочого розчину має становити 50-400 л/га, а саме обприскування слід проводити у хмарну погоду, краще вранці або ввечері [39].

На ефективність позакореневого підживлення здійснює вплив велика кількість чинників серед яких головними є:

1. Фаза розвитку та стан рослини: молоді листки і пагони швидше засвоюють поживні елементи [33, 53].

В міру старіння рослин, або ураження хворобами та шкідниками, знижується надходження елементів живлення і через екзоосмос вони можуть навіть виділятися з рослин у зовнішнє середовище. Безумовно, що в такий період їх онтогенезу проведення позакореневих підживлень вже не забезпечить бажаних результатів [52, 159].

2. Кліматичні: оптимальна вологість повітря і ґрунту; температурний режим [33, 39].

У стресових ситуаціях, викликаних дефіцитом вологи, посухою, низькими температурами, заморозками тощо, засвоєння елементів живлення кореневою системою є недостатнім і знижує темпи росту й розвитку рослин. Це дуже часто прослідковується в посушливі роки (ГТК <0,6), коли в ґрунті добрива знаходяться в нерозчиненому стані і їх солі майже зовсім не дисоціюють на іони, а ґрунтовий розчин набуває високого осмотичного тиску, що в свою чергу викликає плазмоліз цитоплазми клітин і поживні речовини не засвоюються

кореневою системою [39, 52, 465].

3. Здатність елементів живлення проникати крізь листки: найшвидше проникають азот, магній, натрій, повільніше – сірка і ще повільніше – кальцій, калій, фосфор (табл. 1.7).

Таблиця 1.7

Швидкість засвоєння різних елементів живлення листовою поверхнею
(за даними В. Пастернак [33])

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	1-2доби

4. Форма елемента: найкраще засвоюються елементи живлення, які в добривах знаходяться в хелатній формі. Добрива, що містять неорганічні (мінеральні) солі не здатні забезпечити рослини необхідною кількістю поживних речовин, тому що відсоток засвоєння їх буде незначний [33, 39, 52, 102].

Основна ідея використання комплексонів солей мікроелементів ґрунтується на тому, що переважна більшість хелатів металів мають значно кращу розчинність, знаходяться у напіворганічній формі, для якої характерна висока біологічна активність у тканинах рослинного організму, що суттєво підвищує їх засвоєння рослинами. Комплексони металів стійкі на всіх типах ґрунтів і обмежень за pH ґрунтового розчину для них не існує [23, 39]. Це дає змогу в кілька разів знизити норму внесення мікроелементів у перерахунку на діючу речовину і зменшити витрати на сировину та знизити рівень забруднення ґрунту та ґрунтових вод [102].

5. Додавання карбаміду: в розчині карбамід забезпечує краще розчинення, збільшує пропускну здатність листка (кутикули), що підвищує обсяги засвоєння елементів живлення і покращує ефективність дії фунгіцидів, інсектицидів [33].

6. Концентрація поживного розчину. Солі металів є токсичними речовинами для рослин і в разі перевищення оптимальної норми внесення можуть викликати опіки у місцях контакту з поверхнею рослин [39].

7. Розмір крапель [52]**.**

8. Тривалість контакту поживного розчину з поглинальною поверхнею листків [33, 52]**.**

9. Склад добрива. Кожна сільськогосподарська культура на протязі періоду свого розвитку потребує індивідуальної кількості елементів живлення – на етапі обробки насіння, під час вегетації, після збирання врожаю [39].

Наприклад проведення інкрустації насіння кукурудзи цинком і марганцем покращує розвиток кореневої системи (до 20 %), збільшує вміст хлорофілу (до 33%), підвищує стійкість до стресових ситуацій та дії гербіцидів [35, 36]. В той же час інкрустація та обробка насіння мікроелементами дозволяє зменшувати витрати протруйників на 20-30 % [2, 35, 36].

Найбільшу віддачу від внесених мікродобрив можна отримати лише в тому випадку, коли їх використовувати на ґрунтах з низьким і частково середнім їх вмістом в ґрунтовому розчині, що забезпечить можливість товаровиробнику, який має в своєму розпорядженні агрохімічні дані про вміст в ґрунті рухомих форм мікроелементів, визначитись з доцільністю додавання до складу бакової суміші, яка використовується для позакореневого підживлення сільськогосподарських культур, тих або інших мікродобрив в хелатній формі. В даному випадку за агрохімічними картограмами визначають наявність в ґрунті рухомих форм мікроелементів, порівнюють їх вміст з даними (табл. 1.8) і встановлюють доцільність використання тих або інших мікроелементів [52].

Таблиця 1.8

Рівні забезпеченості ґрунтів рухомими формами мікроелементів зернових культур, (С.М. Крамарьов, М.С. Шевченко, В.М. Шевченко, 2000 [52])

Рівень забезпеченості	Вміст мікроелементів, мг/кг ґрунту			
	Mn	Cu	Zn	Co
Для рослин, що вирощуються на низькому агрофоні				
низька	менше за 5	менше за 10	менше за 1	менше за 0,07
середня	5-10	0,10-0,20	1-2	0,07-0,15
висока	більше за 10	більше за 0,20	більше за 2	більше за 0,15
Для рослин, що вирощуються на високому агрофоні				
низька	менше за 20	менше за 0,50	менше за 5	менше за 0,30
середня	20-40	0,50-1,0	5-10	0,30-0,70
висока	більше за 40	більше за 1,0	більше за 10	більше за 0,70

Варто зазначити, що навіть у межах одного типу ґрунту варіювання вмісту мікроелементів буває досить значним, а тому для одержання об’єктивної інформації щодо вмісту мікроелементів у окремих господарствах необхідно проводити обстеження кожного поля. Ці дані щодо вмісту рухомих форм мікроелементів в ґрунтах надають можливість оцінити рівень забезпеченості ґрунтів рухомими формами мікроелементів для вирощування зернових культур і прийняти аргументоване рішення про доцільність використання для позакореневого підживлення рослин лише того мікродобрива, в якому в достатній кількості знаходиться мікроелемент. Нині асортимент мікродобрив досить широкий [3, 52].

Звичайно, не потрібно забувати, що позакореневе підживлення – це лише додатковий агротехнічний захід підвищення врожайності та якості продукції, і воно не замінює кореневого живлення. Проте досить часто позакореневе підживлення має низку переваг над кореневим. Давайте відзначимо основні: оперативно і якісно регулює процеси живлення в період вегетації рослин;

швидкість поглинання поживних речовин вища, елемент відразу засвоюється і використовується; забезпечує засвоєння елементів живлення усіма надземними органами, включаючи листя, стебла та плоди; транспортує елемент живлення безпосередньо в ту частину рослини, в якій, найбільш інтенсивніше відбуваються фізіологічні процеси; активно впливає на проходження фенологічних фаз розвитку рослин; підвищує на 5-10 % засвоєння мінеральних елементів живлення із ґрунту; позакореневе підживлення в 10 разів ефективніше, ніж основне внесення макро- та мікроелементів в ґрунт, де вони можуть зв'язуватись у недоступні сполуки; можливе поєднання в одному робочому розчині засобів захисту рослин, добрив, стимуляторів та ретардантів, що наполовину заощаджує затрати на техніку та саме внесення [3, 33].

1.5. Шкідники та хвороби як обмежуючий чинник формування продуктивності та засвоєння елементів живлення рослинами

Головними чинниками, що дестабілізують виробництво зерна та овочевої продукції є хвороби, які знижують ефективність сучасних технологій вирощування [466-468], тому подальший ріст виробництва сільськогосподарської продукції в значній мірі залежить від скорочення втрат врожаю від шкідливих організмів, за рахунок підвищення загальної культури землеробства [31, 466, 469-471].

Аналіз впливу хвороботворних організмів на формування продуктивності та ефективності засвоєння елементів живлення розпочнемо із хвороб кукурудзи.

На якість зерна більше, ніж шкідники, впливають хвороби [472]. Пошкоджені шкідниками качани в полі легко уражуються фузаріозною гниллю або пліснявінням. Збудники цих хвороб можуть викликати зниження продовольчих, фуражних і технологічних якостей зерна. Уражене зерно втрачає товарний вигляд, може набувати токсичних властивостей, погано зберігається [472-476]

В порівняні із іншими зерновими культурами кукурудза менше уражується хворобами, але вони можуть завдати значної шкоди посівам [81, 87, 471, 477].

Втрати врожаю зерна кукурудзи від хвороб в залежності від гібриду і погодно-кліматичних умов року можуть становити – 9-22 %, шкідників – 11-18 %, бур'янів – 25-30 % за середнього забур'янення, а за сильного – 30-50 % і більше [467, 469, 473, 474, 478]. Щорічні недобори і втрати врожаю кукурудзи, а також суттєве зниження якості вирощеної продукції викликають численні хвороби грибної – мікози, бактеріальної та вірусної етіології [473, 478, 479]

Збудники хвороб порушують нормальний, перебіг фізіологічних процесів у рослинах, викликають часткову або повну їх загибель, призводять до не дозрівання урожаю, зменшення кількості плодів, в результаті чого погіршується якість та знижується урожайність [480].

Варто також відзначити, що на разі немає можливості точно підрахувати втрати врожаю від ураження хворобами, перш за все за рахунок того, що

зниження густоти стояння рослин кукурудзи через ураження хворобами сходів не можна розцінювати як безумовне зниження врожаю, у зв'язку із тим, що за розрідження рослини можуть часто компенсувати втрати завдяки кращому розвитку. Величина такої компенсації залежить від родючості ґрунту та його вологості. Там, де відчувається нестача поживних речовин і вологи, компенсація має бути більшою, ніж там, де їх удосталь. Розмір площі листкової поверхні, що загинула від хвороб, не завжди свідчить про відповідну втрату врожаю [479].

Обсяги втрат в значній мірі визначається періодом початку захворювання листя. Хвороби листя, які досягають сильного розвитку лише після того як у качанах нагромадилась максимальна кількість сухої речовини, майже або зовсім не викликають зниження врожаю. У разі сильного ураження листя до моменту викидання приймочок або й трохи згодом урожай може знижуватися на 50 % [479, 481].

Протягом вегетаційного періоду та навіть під час зберігання кукурудзу уражує більше 100 видів грибів і бактерій, деякі вірусні та мікоплазмові хвороби. Переважна більшість збудників хвороб уражує лише кукурудзу і не може розвиватися на інших рослинах, лише окремі хвороби є спільними для кукурудзи й інших видів рослин. До таких відноситься, наприклад, фузаріоз, біла гниль, плісняві хвороби [482, 483]. Більшість хвороб кукурудзи викликаються грибами, менше – бактеріями та вірусами [480, 481, 484].

Важливим моментом зменшення втрат зерна кукурудзи від хвороб та збереження його якості є необхідність перед закладанням на зберігання визначати відсоток заражених грибковими та бактеріальними хворобами. Наприклад, у насінного зерна, ураженого фузаріозом, різко погіршуються посівні якості [28, 35, 36].

Варто відзначити, що в кожній ґрунтово-кліматичній зоні кукурудза уражується 10-15 збудниками хвороб та шкідниками. В зв'язку із цим найбільш шкідливу дію на урожай мають збудники, що викликають хвороби коренів, стебел і качанів, зокрема кореневі та стеблові гнилі, із шкідників: кукурудзяний стебловий метелик та західний кукурудзяний жук [485].

За останні десять років, в умовах глобальних змін клімату та агротехнічних прийомів вирощування, структура хвороб суттєво змінилася. **Найпоширенішими хворобами** для більшості регіонів вирощування кукурудзи є пухирчаста і летюча сажки [466, 478, 486], фузаріоз качанів, пліснявіння насіння, стеблові та кореневі гнилі, бактеріоз [463, 468, 473-475, 487], гельмінтоспоріоз, диплодіоз, іржа, нігроспороз, хвороби зерна під час зберігання і хвороби сходів [81, 87, 487, 488-490], вони викликають загибель уражених рослин, зниження продуктивності і погіршення якості отриманого врожаю [469, 471, 476, 479, 482, 491].

Окремим пунктом зупинимся на хворобах, що викликаються вірусами. Зокрема внаслідок порушення процесів метаболізму віруси здатні викликати різні патологічні аномалії зовнішнього вигляду та морфології рослин. Через ослаблення асиміляційних і транспіраційних функцій рослини уражені вірусами відстають у рості, часту набувають карликового вигляду та різко знижують свою продуктивність: урожай зерна і зеленої маси. У роки масового поширення

вірусних хвороб втрати врожаю можуть досягати 30-55 %. Залежно від типу і характеру джерел інфекції та часу зараження втрати продукції коливаються від 9 до 90%. У світі відомо 57 вірусів, що здатні уражувати кукурудзу: 16 з них – специфічні для кукурудзи, а інші – для злакових культур або мають широку спеціалізацію [484].

Необхідно відзначити залежність ураження вірусними хворобами від групи стиглості гібридів, зокрема ранньостиглі гібриди значною мірою схильні до різних вірусів, внаслідок чого втрати врожаю таких гібридів від збудників вірусної природи складає 54-91 %. Крім того, за ураження вірусами підвищується шкодочинність кореневих і стеблових гнилей. Через значні площі посіву кукурудзи в Україні (в 2021 році – 5,5 млн. га, в 2022 році 4,6 млн. га) зростає небезпека поширення вірусів цієї культури [2, 35, 484].

Давайте зупинимося на характеристиці найбільш поширених хворобах кукурудзи. **Пухирчаста сажка** спостерігається у всіх зонах вирощування культури, особливо в районах із нестійким і недостатнім зволоженням [492], вона максимально спеціалізована до кукурудзи. В умовах Лісостепу України ураження **пухирчастою сажкою** становить 3,7-8,3 %, а, за останніми даними, в окремих посівах може досягати 15% і більше (економічний поріг шкодочинності (**ЕПШ**) – 5-10 %) [466, 476, 493-495]

В процесі розвитку збудника пухирчастої сажки утворюються здуття на качані або стеблі вище качана та знижується на 30-50 % урожайність зерна кукурудзи [74, 492, 494, 496, 497]. Шкодочиність хвороби проявляється не лише у передчасному всиханні та відмиранні, а і у виляганні рослин, що ускладнює механізоване збирання та збільшує втрати і зменшує масу зерна з рослини, масу 1000 зерен та погіршує його якість, оскільки деформуються качани, знижується виповненість їх верхівки [471, 495]. Уражені рослини втрачають кормову цінність, оскільки пухлини (хламідіоспори) є токсичними для тварин [479, 487, 488, 498], хоча згодовування силосу, який містить пухирчату сажку не впливає на стан і здоров’я тварин [74, 81, 87].

Величина зниження урожаю кукурудзи від пухирчастої сажки залежить від ступеню стійкості гібрида до хвороб, агрокліматичних умов вирощування кукурудзи, фази (часу) зараження рослини, [488] розміру й кількості пухлин на одній рослині [473, 488, 499].

Збудником пухирчастої сажки є гриб *Ustilago zeae* (Beckm.) Unger (син. *U. maydis* (DC) Corda) [471, 488, 499]. Збудник пухирчастої сажки дуже теплолюбивий: тепловий оптимум знаходиться в межах 26-34 °С [64, 492].

Пухирчаста сажка проявляється протягом вегетації на всіх органах кукурудзи, крім підземних коренів [64, 466, 488, 493, 494]. На стеблах, листкових піхвах, качанах (рудиментарні качани), зернівках, волоті, стеблі і на повітряних коренях (кореневій шийці) утворюються здуття (нарості, пухлини, гали, жовни) різної форми і розмірів (до 15 см у діаметрі). В 1 $см^3$ пухлини тканини утворюється близько 370 млн. теліоспор [495]. Утворення пухлин пов’язане із інтенсивним розвитком міцелію гриба. Найбільші розміри пухирів часто спостерігаються на качанах (уражуються окремі зернівки у верхній частині качана) і стеблах, найменші – на листках у формі зморшок або дрібних здуттів,

які часто підсихають до утворення спор [488, 494, 497, 498]. Спори гриба розносяться вітром, опадами, комахами [81, 496].

На молодих листках і їхніх піхвах можна виявити дану хворобу, навіть починаючи із фази сходів, згодом пухирчаста сажка проявляється на стеблі, волоті, а під час цвітіння – на качанах. Після викидання волоті та початку цвітіння інфікуються пазухові бруньки, які знаходяться під піхвою листків нижче качана. Ураження стебла може викликати його викривлення, надламування і відмирання. Через це стеблова форма хвороби вважається найнебезпечнішою [471, 493, 495, 498].

На протязі вегетації кукурудзи гриб поширюється теліоспорами (розміром 8-13 мкм). Розвиток пухирчастої сажки розпочинається з невеликої світлої плями, що поступово розростається у пухлину, яка в декілька разів перевищує свої первинні розміри. Спочатку вона заповнена білою м'якоттю, брудно-білою слизистою масою, а згодом – чорною порошковидною масою теліоспор збудника хвороби. Руйнування оболонки пухирів викликає вивільнення спор, рознесення їх полем за допомогою вітру і ураження молодих органів та нових рослин. Найкраще теліоспори гриба проростають у краплині води (дощ, роса) за температури +23-25 °С, на протязі декількох годин. Мінімальна температура для проростання теліоспор – 0-5 °С. Сформована інфекційна гіфа пророслих спор проникає у рослину через епідерміс молодої меристеми. За сприятливих умов через три тижні у місцях ураження розвивається здуття з новими теліоспорами [476, 488, 493].

Спалахи хвороби з ураженням до 25% рослин спостерігаються за наявності крапельної вологи і (короткочасні опади, роси) за формування 7-9-го листків і під час цвітіння кукурудзи на фоні тривалої посухи та підвищених (+ 25°С і вище) температур [74, 477, 494, 500]. Інтенсивне зараження рослин відбувається за умов суттєвого зниження тургорності клітин [495].

Через 15-20 годин після проростання теліоспори формуються базидії з базидіоспори, які ще додатково брунькуються, утворюючи споридії (вторинні конідії), які також здійснюють ураження рослин. Останні розносяться вітром на інші рослини та заражують їх, викликаючи місцеве ураження. Базидіоспори і споридії гриба погано витримують зниження вологості й гинуть в посушливу погоду через 30-35 діб [479, 495].

Одноклітинні прозорі базидіоспори звичайно формують тонку гаплоїдну грибницю, яка вбудовується в тканини рослин, де утворюється дикаріофітна грибниця. Остання викликає гіпертрофію тканин, появи жовн, де знаходяться теліоспори. За вегетацію рослин гриб може дати 3-4, а іноді й 5 поколінь теліоспор, чим пояснюється сильний прояв захворювання перед початком збирання кукурудзи. Грибниця збудника хвороби (Ustilago zeae) дифузно не поширюється по рослині, тому кожне утворене здуття є місцем зараження рослини [488, 493, 495, 496].

Збудник може проникати в тканини рослини-господаря через продихи та механічні пошкодження. Органи рослин можуть уражуватись в будь-який період їх росту і розвитку, найнебезпечнішим є ураження молодих рослин, особливо у фазу сходів. Рослини, заражені через колеоптиль (зараження верхівкової

бруньки), гинуть. Уражені стебла і коренева шийка втрачають міцність і ламаються від вітру, качани втрачають продуктивність [479, 493, 495, 498].

Основним джерелом інфекції пухирчастої сажки є теліоспори збудника хвороби у незруйнованих пухлинах. У такому стані життєздатність спор зберігається до чотирьох років. Поодинокі теліоспори у ґрунті під дією вологи і мікроорганізмів гинуть через кілька місяців, інфекція також може зберігатися на насінні кукурудзи [74, 488, 499].

Сажкові спори зберігають життєздатність як на поверхні ґрунту, так і на глибині 20 см на протязі 10-12 місяців. Спори, які знаходяться в жовнах, можуть бути джерелом інфекції протягом 2 років. Дещо гірша життєздатність спор на поверхні ґрунту й на глибині 5 см, ніж на глибині 20-25 см. Низькі температури (до мінус 13-20°С) не впливають негативно на хламідоспори. Сухі телеоспори зберігають життєздатність до 4 і навіть до 10 років. Гриб не поширюється дифузно, кожне здуття є місцем самостійного ураження рослин [2, 74, 495].

Теліоспори, які знаходяться у вигляді пухирчастих здуттів, внаслідок поганої водопроникності протягом осені, зими і весни не гинуть. Весною при обробітку ґрунту здуття розбиваються та із них спори розносяться вітром, являючись первинним джерелом ураження рослин [499].

Пошкодження кукурудзи шведською мухою підсилює ураженість рослин пухирчастою сажкою. В той же час насіннєва інфекція має відносно невелике значення в поновлюванні пухирчастої сажки [74, 479, 499].

Ступінь розвитку пухирчастої сажки залежить також і від вологості ґрунту. За оптимальної вологості (60% повної вологоємкості) ураженість рослин завжди менша, ніж за низької (40%) або високої (80%). Коливання вологості ґрунту призводять до посилення ураження рослин. Це явище необхідно враховувати за вирощування кукурудзи на зрошуваних землях [482, 492, 493].

Розвитку пухирчастої сажки сприяють: невеликі опади під час ураження, а також пізній термін сівби і загущенні посіви [482].

Характеру епіфітотії пухирчаста сажка може набувати в посівах менш стійких гібридів, у разі порушення технології застосування післясходових гербіцидів, механічного пошкодження рослин, що виникають у результаті дії шкідників та під час догляду за рослинами або під впливом різних абіотичних факторів (градобій та ін.), тому що пошкодження «відкривають ворота» для інфекції в ті тканини, які поки що залишалися захищеними [493, 494, 499].

Наступною хворобою кукурудзи є **летюча сажка**, в Україні вона поширена в основному в центральному Лісостепу (Хмельницька, Черкаська, Кіровоградська, Київська, Харківська області) та в Степу (Одещина Херсонщина), де ураженість рослин становить 1-3 %, в окремих районах – 4-8 % [492, 495, 498].

Згідно даних Інституту захисту рослин в Україні, в окремі роки, залежно від погодних умов ураженість посівів кукурудзи летючою сажкою досягає 15 % площ, а в окремих регіонах навіть 70-100 %. При цьому спостерігається інфікування зерна кількома різними видами мікроорганізмів [468].

Ураження рослин кукурудзи летючою сажкою відбувається у фазі сходів, але прояв хвороби прослідковується лише в період цвітіння на волоті та качанах

[479, 493-495, 498]. Уражені рослини відстають у рості, надмірно кущяться, листя дуже розростається і деформується (схильні до фасціації), качани тривалий час не виступають із піхв листків [493, 498].

У середині рослин гриб розвиває дифузний міцелій, який сягає волотей і качанів і спричиняє їхнє руйнування з утворенням маси хламідоспор. Качан і волоть повністю руйнуються і перетворюються на чорну порохнисту масу спор, що при дотику порошить. Замість качана утворюється сухе овально-конусоподібне жовно (конусоподібний клубок), наповнене чорною масою теліоспор (9-14 мкм в діаметрі) і залишками провідних пучків стрижня качана, а зовні вкрите вкороченими обгортками [479, 488, 494]. Останні спочатку зелені і щільні, а згодом (фаза молочної стиглості) жовтіють, висихають і розкриваються. Сажковий клубок повільно розпилюється до фази повного достигання кукурудзи. Спори в жовні утримуються залишками волокон качана, тому вони розпилюються повільно. Волоть майже повністю перетворюється на чорну пилову масу спор збудника хвороби [488, 493, 495]

Часто волоть уражується не повністю, і тоді патоген руйнує її нижню частину, що складається зі спорової маси. Деколи руйнуються лише окремі частини суцвіття і навіть окремі квітки. Спостерігаються випадки, коли під впливом гриба відбувається заростання волоті: замість неї формуються листкові утворення [493, 499].

Збудником летючої сажки є гриб Sphacelothecareiliana (Kühn) Clint (син. Sorosporium reilianum Mc Apl f. zeae Geschele; S. holci-sorghi (Riv.) Noesz, [479, 488, 496], це теплолюбивий гриб, тому хворобу часто фіксують в південних районах України (оптимум для проростання хламідоспор і для розвитку хвороби – +28-30 °С) [74, 479].

Теліоспори S. reilianum з уражених волотей і розкритих жовен осідають на ґрунт і зерно качанів. В орному шарі ґрунту життєздатність збудника летючої сажки може зберігатися кілька років (2-4 і навіть до 5 років). Зараження рослин відбувається переважно ще у ґрунті під час проростання насіння. Уражені рослини відстають у рості, часто деформуються [488, 493, 499]. Шкодочинність хвороби виражається, як в прямому недоборі врожаю, так і в прихованих втратах, пов’язаних із випаданням окремих проростків, низькорослістю рослин і недорозвиненими качанами. За сильного розвитку хвороби недобір врожаю може сягати 15-20 % [476, 493].

Джерелами інфекції є зерно із хламідоспорами гриба, що прилипли до нього, та ґрунт, куди вони потрапляють під час збирання врожаю [74, 468, 479]. Спори збудника летючої сажки кукурудзи можуть, не втрачаючи життєздатності, зберігатися в ґрунті триваліший термін, ніж спори інших видів сажки, особливо якщо вони знаходяться не у розпорошеному стані, а у вигляді грудочок [493].

Сильне ураження кукурудзи летючою сажкою спостерігається в районах із теплою весною, жарким літом, за монокультури а також за пізніх строків сівби [479, 493, 501].

Кукурудза кременистого підвиду, окрім ранньостиглості характеризується стійкістю до грибкових хвороб (особливо летючої сажки), а зубовидна, особливо борошниста – менш стійка [502, 503].

Гельмінтоспоріоз або **бура плямистійсть** (Northern corn Leaf Blight) знижує урожайність кукурудзи на 7-31 %, а в роки епіфітотій ще більше до 80-86 % [478, 498, 504]. Шкодочинність хвороби полягає в передчасному відмиранні листя, що викликає зниження урожаю не тільки зерна, але й зеленої маси. Сильно пошкоджені рослини стають схильними до ураження стебловими гнилями [87, 479, 492, 495, 505].

Збудником гельмінтоспоріозу є незавершений гриб Exserohilum turcicum (Pass.) Leonard et Suggs (анаморфа); синоніми: Bipolaris turcica (Pass.) Shoemaker, Helminthosporium turcicum (Pass.), Drechslera turcica (Pass.) [479, 492], який уражує листя, підземні і надземні міжвузля, корені, обгортки, інколи качани, особливо інтенсивно за вологої погоди [494].

Гриб є факультативним паразитом із широкою філогенетичною спеціалізацією. Окрім кукурудзи, він здатний уражувати сорго, куряче просо та інші. E. turcicum характеризується високою мінливістю патогенних властивостей і наявністю рас. Збудник, як правило, розвивається в умовах достатнього і надмірного зволоження, інтенсивних росах, за наявності на листовій поверхні вологи протягом 6-18 годин (конідії проростають у краплинній волозі), за підвищеної температури (+23-30°С) і оптимальній вологості повітря (вище 90%). Рослини уражуються ростковою трубкою конідії через продихи, зрідка через епідерміс. Сильне ураження спостерігається за пізніх строків сівби кукурудза [479, 494].

Інкубаційний період хвороби залежить від віку рослин і стану листової поверхні. На молодих рослинах він триває від 3 до 7, а на дорослих – 7-11 діб. Найбільш інтенсивне спороношення відбувається за стовідсоткової вологості [479, 492].

Симптоми хвороби проявляється здебільшого на листках молодих і дорослих рослинах. Спочатку з’являються невеликі білуваті, а потім буріючі плями з темно-коричневою або червонуватою облямівкою, які можуть досягати 10 см завдовжки. У центрі плями утворюється бурувато-оливковий наліт. Згодом плями збільшуються, часто зливаються та охоплюють майже всю пластинку листка, внаслідок чого листки всихають і відмирають. Розвиток хвороби зазвичай починається на нижніх листках і поступово переходить на верхні. Часто плями сягають 25 і більше сантиметрів завдовжки [87, 479, 494]. За ураження коренів рослини зав’ядають. Сильно уражується кукурудза пізніх строків сівби [3, 494].

Ураження кукурудзи північним гельмінтоспоріозом впливає на масу зерна з качана, масу 1000 зерен і в меншій мірі на кількість зерен у качані та його довжину [487]. На качанах це захворювання може проявлятися біля їх основ і в поглибленнях між рядами зернівок у вигляді густого темно-коричневого повстяного нальоту [479].

За період вегетації кукурудзи гриб може сформувати 2-3 покоління конідій. Конідії є стійкими до низьких та високих температур. Зазвичай на поверхні ґрунту і на глибині до 10 см гриб зберігається в рослинних рештках у вигляді грибниці, яка весною дає нове конідіальне спороношення. В ґрунті на глибині 20 см він гине, бідні, погано удобрені ґрунти сприяють ураженню кукурудзи бурою п’ятнистістю [479, 505].

Ураження посівів кукурудзи хворобами, зумовлюється погодними умовами впродовж вегетації та якістю передпосівної підготовки насіння. Вогнища розвитку хвороб можуть виникнути на полях з порушенням технології вирощування (сівозміни мають коротку ротацію, набір гібридів обмежений для кожного господарства та ін.). Збільшують ураження рослин пізні посіви та загущення [467, 478, 483].

Грибниця збудника спочатку знаходиться між клітинами в паренхімній тканині, а потім у судинній системі листків, через це ураження нагадує листковий трахеомікоз. На поверхні листків у місцях плям гриб формує конідіальнє спороношення у вигляді дернинок. Конідієносці оливково-бурі, прямі або злегка зігнуті, з трьома перегородками, завдовжки близько 150 мк [479].

Хвороби стебел та коренів кукурудзи, які більше прогресують у другій половині літа [479, 485].

Стеблові та кореневі гнилі – хвороби старіючих рослин, що широко поширені в основних регіонах вирощування кукурудзи [506], які краще розвиваються на ослаблених рослинах за незначної кількості опадів і підвищеній температурі, що обумовлюється напівсапрофітністю їх патогенів та порушенням технології вирощування кукурудзи, механічно пошкоджених рослинах, частіше на початку та перед закінченням їх вегетації. Хвороба може поширюватися від кореня в нижні міжвузля стебла, оскільки відмирання паренхімних вузлів і міжвузль стебла починається в його нижній частині [473, 503, 507].

Подальший розвиток грибниці відбувається всередині рослини міжклітинно, при цьому патоген виділяє отруйні речовини – мікотоксини, що спричиняють відмирання і загнивання рослинних тканин. Хвороба сприяє зменшенню площі листової поверхні та зниженню тривалості фотосинтезу [480, 503, 506].

Варто відмітити, що стеблові гнилі можуть уражувати кукурудзи протягом всього періоду вегетації, незалежно від фази їх росту та розвитку. ЇЇ шкідливість зумовлена тим, що збудник хвороби пригнічує ріст та розвиток рослин у початковий період, порушуються функціональні процеси у рослинному організмі, внаслідок чого знижується продуктивність рослин. Місця локалізації інфекції різні: корені, стебла, піхви листків, пазушні бруньки і зерно, тобто відсутня органотропна спеціалізація збудника [507, 508].

Ознаки гнилей стебла зазвичай не проявляються, доти поки рослина не буде близька до дозрівання, саме зараження кукурудзи проходить набагато раніше. Хвороба залишається прихованою до тих пір, поки стебло містить високі концентрації розчинних вуглеводів [509].

В молодих рослин розвиток хвороби відбувається на коренях (первинних і вторинних) у вигляді загнивання паростків. Починаючи із молочної стиглості качанів, хвороба переходить на нижню частину стебла, охоплюючи декілька міжвузль (2-3 нижніх вузла та міжвузля), супроводжуючись загниванням нижньої частини стебла і коренів [479, 480, 482, 494].

Розвиток хвороби на початкових стадіях супроводжується появою на стеблі бурих або солом’яних п’ятен різної форми, які вкриваються червоно-білим або біло-розовим нальотом. Зовнішні ознаки хвороби звичайно появляються в

фазі молочно-воскової стиглості зерна в вигляді бурих плям різної форми в нижній частині стебла, біля вузлів і на листових піхвах деколи помітний червоно-білий або біло-рожевий наліт [480, 482, 485].

В процесі розвитку стеблових та кореневих гнилей відбувається мацерація і зневоднення уражених частин рослини. Підземне міжвузля і корені набувають червоного кольору, а паренхіма серцевини руйнується, тканини уражених вузлів та міжвузль загнивають, стебло трухнявіє, в ньому утворюються порожнини, судинні пучки розщеплюються вздовж і легко відстають одне від одного [480, 482, 510]. Після молочно-воскової стиглості в період дозрівання крім стеблових гнилей з роду Fusarium рослини кукурудзи можуть уражуватися і сапрофітними мікроорганізмами [479, 485, 510].

Збудники кореневих та стеблових гнилей сприяють утворенню небезпечних мікотоксинів цеараленонів і трихотеценів (T_2-ТОКСИН і HT_2-токсин), які спричинюють у разі споживання інфікованих зерен у людини та тварин важкі захворювання [81, 479].

Кількість рослин уражених стебловими гнилями з року в рік може змінюватися і залежить, головним чином, від метереологічних умов другої половини періоду вегетації та від стійкості рослин конкретних гібридів [28, 35]. Ураженість рослин кукурудзи стебловими та кореневими гнилями знаходиться в межах 8-15 %, а в роки, сприятливі для розвитку хвороби досягає 37-60 % і вище. Ураження рослин стебловими гнилями знижує урожайність зерна, в середньому, на 10-16% [473, 496], і навіть на 20 %, а на окремих полях можуть сягати і 50 %. Пошкодження сходів кукурудзи фузаріозними кореневими гнилями супроводжується загибеллю до 5 % рослин [74, 511].

Не менш шкодочинною є прихована форма хвороби, за якої продуктивність зерна уражених рослин знижується на 15-20 %, листостебельної маси на 26-48 %, а в окремих випадках і до 60 %. Часто цей вид втрат не беруть до уваги багато дослідників, однак урожай уражених, але не полеглих рослин кукурудзи все ж значно нижчий, ніж у здорових [512].

Рівень ураження рослин залежить не лише від ступеня поширення, але й від фізіологічної будови і конституції рослини. Ця хвороба особливо сильно розвивається в посушливих умовах на піщаних і легких ґрунтах [74].

Однією із причин накопичення в ґрунті збудників кореневих гнилей, сажкових хвороб, гельмінтоспоріозу, диплодіозу, ризоктоніоз тощо є часте вирощування кукурудзи на одному й тому самому полі або її монокультура [470, 476, 487, 494, 503]. Шкідливість кореневих і стеблових гнилей підвищується і за неякісної підготовки насіння та пошкодження рослин ґрунтовими шкідниками [504].

Важливе питання стійкості до кореневих і стеблових гнилей для посівів кукурудзи, які збираються після тривалого перестою і вилягання на таких посівах це перша причина зростання втрат, ускладнення механізованого збирання і погіршення якості зерна. В свою чергу, ступінь ломкості стебла визначається інтенсивністю руйнування паренхіми стебла і виникненням перекидаючого моменту, що створюється масою стебла з качаном, дія якого особливо підсилюється в дощову і вітряну погоду. Відсутність ломкості є наслідком не

лише міцної бокової стінки стебла, але і в якійсь мірі щуплості зерна в качанах уражених рослин [485, 513-516]. Збирання зламаної і полеглої кукурудзи – не легка справа, а качани, що торкаються вологого ґрунту, швидко уражуються й руйнуються грибами [479, 500, 517].

Стеблові гнилі викликають декілька збудників: Pectobacterium carotovorum subsp. Carotovorum; Enterobacter dissolvens, уражує лише кукурудзу; Dickeya zeae, крім кукурудзи Dickeya zeae за штучної інокуляції уражує сорго і овочеві культури; Pseudomonas syringae pv. Lapsa, інфекція передається насінням, через ґрунт і стебловою блішкою Diabrotica buties [480].

В умовах України збудники стеблових гнилей кукурудзи представлені видами Fusarium в основному F. Moniliforme та F. Graminearum, які можуть уражувати і інші культури та мають екологічні популяції, пристосовані до певних кліматичних зон [81, 500, 507].

В усіх зонах кукурудзосіяння на Україні переважає фузаріозний тип гнилі, гельмінтоспоріозний частіше виявляється у західних областях, біла, сіра та інші гнилі – в північних та центральних регіонах і в умовах зрошення [493].

Fusarium це незавершені гриби, які часто розвиваються на рештках рослин і нерідко уражують зернівки кукурудзи та інших культур. Поширюються гриби спорами – конідіями, що утворюються у грибниці. Конідії бувають двох типів: макроконідії – веретено- або серпоподібні з 3-5 перегородками і мікроконідії – овальні або грушоподібні одно- або двоклітинні, безбарвні, в масі рожевуваті [479, 499, 507, 518].

Також варто відмітити, що в першу половину вегетації кукурудза містить речовини, що пригнічують розвиток патогенів в стеблі, а після утворення качанів вона втрачає цю властивість, в результаті чого відбувається проникнення патогенів в рослину. Важливу роль в поширенні стеблових гнилей відіграють токсини, утворення їх характерне для всіх факультативних паразитів. Вбиваючи сусідні клітини, гриб забезпечує собі можливість розвитку всередині рослини. Хвороба починається із ураження кореневої системи і закінчується ураженням стебла. Відмирання клітин кореня і паренхіми стебла ведуть до передчасного старіння рослин [519].

Кореневі гнилі найбільш активно проявляються в умовах дефіциту вологи на початку вегетації (проростання насіння – фаза 3-5 листків) і в фазі молочної стиглості [482, 518]. Низький рівень вологи викликає ослаблення рослин, відмирання окремих клітин і тканин, що знижує їхню стійкість до хвороби [494].

Шкодочинність стеблових гнилей підвищується в умовах посух, які супроводжуються помірними температурами (+18-30 °С) та рясними росами протягом вегетаційного періоду [467, 478, 481, 503].

Зрошення, в свою чергу, може підвищувати стійкість кукурудзи до ураження стебловими гнилями, в умовах достатнього вологозабезпечення фізіологічне старіння рослин зміщується, стебло тривалий час продовжує залишатися соковитим і зеленим із здоровими та живими клітинами.

Висока температура і довгі періоди з відносною вологістю повітря нижче 30 % під час органогенезу, цвітіння і запліднення кукурудзи (третя декада травня – друга декада серпня), тобто посуха і жара в період активної вегетації кукурудзи

(хронічний водний стрес, в період з високою транспірацією), сприяють інтенсивному старінню рослин і обезводнення тканин та ураженню кукурудзи стебловими гнилями, особливо ранньостиглих гібридів. Нестійкі до гнилей рослини кукурудзи характеризуються інтенсивним нагромадженням сухої речовини на одиницю біомаси, що швидко старіють. На середньостиглих та середньопізніх генотипах ці закономірності прослідковуються в меншій мірі, оскільки на них патологічний процес проходить в осінні місяці [507, 520, 521].

Подовження періоду вегетації у гібридів кукурудзи підвищує стійкість їх до стеблових та кореневих гнилей, тобто скоростиглі форми уражуються більше ніж пізньостиглі, така закономірність обумовлена, тим, що сприйнятлива фаза у скоростиглих форм частіше співпадає із сприйнятливими погодними умовами (температурою і вологістю) для гриба і інтенсивністю розвитку хвороби. У пізньостиглих форм сприйнятлива фаза припадає на пізній період, коли середньодобова температура повітря нижче 20 ºС, тобто є нижчою оптимуму для розвитку грибів [87, 503, 522].

Відхилення кількості опадів у липні від середньої багаторічної норми у сторону зменшення в 1,5-2,0 рази сприяє розвитку стеблових гнилей, а збільшення опадів в цей період, навпаки, підсилює опір рослин [507, 523].

Інтенсивному розвитку стеблових та кореневих гнилей сприяє, також, випадання великої кількості опадів в період збирання (повна стиглість зерна), яке викликає сильне розмокання стебел і нижньої частини міжвузль [519].

На стійкість кукурудзи до стеблових та кореневих гнилей суттєвий вплив здійснює характер розвитку кореневої системи. У рослин, що мають добре розвинену кореневу систему існує підвищена стійкість до вилягання та ураження кореневими та стебловими гнилями [510, 524].

Підвищена кислотність ґрунту може також підвищувати ураження рослин кукурудзи стебловими гнилями [509].

Форми кукурудзи із пониженою збиральною вологістю зерна більше уражуються стебловими гнилями, а з підвищеною – більш стійкі. Ураження кукурудзи стебловими гнилями часто сприяє передчасному відмиранню рослин, внаслідок чого зупиняється накопичення сухої речовини, і зерно, як правило, стає щуплим, з меншою масою і пониженим вмістом вологи [510, 516].

Вагоме значення у стійкості кукурудзи до стеблових гнилей має ремонтантність, щільність паренхімної тканини, товщина та міцність бокової стінки стебла [28, 522]

Ремонтантні форми кукурудзи (stay green-ефект) мають значну інтенсивність фізико-хімічних процесів, та характеризуються великою кількістю живих клітин стебла в період дозрівання, що дозволяє їм залишатися стійкими до стеблових та кореневих гнилей. Ремонтантні гібриди, у яких листостеблова маса повільно старіє, мають більш високий вміст цитокініну і менший – абсцизової кислоти, ніж рослини інших гібридів [28, 35, 522].

Втрата ремонтантності, пов’язана із тривалим перестоєм після дозрівання або ранніми заморозками, прямо пропорційна втраті стійкості до стеблових та кореневих гнилей [64, 512, 522].

Фузаріозна гниль поширена скрізь, де вирощують кукурудзу, особливо в

районах надмірного зволоження та у вологі роки, розвиваючись на нижній частині стебла і на міжвузлях та качанах у вигляді світло-жовтих або бурих плям, на яких у вологу погоду з'являється біло-рожевий або червонуватий наліт – конідіальне спороношення збудника хвороби [448, 470, 473, 479]. За інтенсивного розвитку хвороби рослини набувають сірого забарвлення, стають подібними до пошкоджених морозом або посухою [495].

На стеблах хвороба проявляється у вигляді трьох форм: некрозу лише вузлів, міжвузлів і одночасно некротичного ураження і вузлів, і міжвузлів. Стебло у місцях ураження стає порожнистим, підземне міжвузля і корінці набувають червоного кольору, а паренхіма серцевини руйнується [482, 495, 496, 499].

Фузаріоз з'являється, починаючи з фази молочної стиглості. Качани з нещільною обгорткою сильніше уражуються фузаріозом зерна, ніж качани зі щільно прилеглою [479]. Суттєво збільшує ураження рослин фузаріозом пошкодження бавовниковою совкою, кукурудзяним метеликом і ураження біллю. У такому випадку збудник проникає в ендосперм, руйнує його, а потім переходить на здорові зернівки [470, 471, 479].

Уражені зернівки втрачають блиск, стають чорно-бурими, крім того частина зерен у качані, які розміщені за вогнищем ураження, не мають видимих ознак ураження, однак є інфікованими [479, 499].

Сильний розвиток хвороби зернівок викликає значні втрати сухої речовини, внаслідок чого маса зерна зменшується майже вдвічі. Після збирання й обмолочування качанів кукурудзи розвиток гриба на зернівках може тривати і далі за порушення умов зберігання [28]. Уражена продукція не використовується в якості корму, так як мітотоксини шкідливі для здоров'я тварин [74].

Збудником хвороби є сумчастий гриб *Giberella fujikuroi* (Sawada) Ito et Kimura [471, 479, 495]. Конідіальне спороношення гриба представлено численними мікроконідіями і незначною кількістю макроконідій. Мікроконідії безбарвні, веретено-яйцеподібні, одноклітинні або з однією перегородкою. Вони формуються на верхівках конідієносців у вигляді ланцюжків або несправжніх головок. Макроконідії безбарвні, шиловидні або злегка серпоподібні, що поступово звужуються до обох кінців, з 3-7 поперечними перегородками. Деколи на грибниці формуються темно-сині кулясті склероції [473, 495].

На уражених рослинних рештках гриб формує сумчасте спороношення у вигляді темно-синіх округлих або яйцевидних плодових тіл – перитеціїв. Сумки циліндричні, колбоподібні, сумкоспори подовжено-еліптичні з однією перегородкою [28, 473].

Хвороби буряків столових. Соковиті коренеплоди, як відомо, є добрим поживним субстратом для багатьох збудників хвороб. В період вегетації рослини уражує значна кількість фітопатогенів, що негативно впливає на урожай коренеплодів буряка столового і вміст у них поживних речовин. Під їх дією у коренеплодах накопичуються шкідливі сполуки, які утруднюють вихід цукру з патоки на цукропереробних заводах [525, 526].

Коренеїд. Хвороба проявляється на проростках у період від початку проростання насіння до утворення другої пари справжніх листків. На

уражених рослинах на корені й підсім'я дольному коліні з'являються поздовжні бурі плями і смуги, які часто зливаються, охоплюючи весь корінь. Уражені ділянки загнивають, поблизу сім'ядольного коліна часто утворюються перехвати. За інтенсивного ураження загнивають черешки сім'ядолей та листків. Якщо збудники хвороби проникають у судинну систему, то рослини швидко в'януть. Хвороба спричиняє почорніння і загибель проростків, що призводить до зрідження сходів. За незначного ураження рослини видужують після линьки коренів, проте вони відстають у рості, знижується їх цукристість, а також стійкість проти гнилей під час зберігання.

Слід зазначити, що коренеїд за своєю етіологією належить до комплексних захворювань. Першопричиною хвороби є несприятливі умови навколишнього середовища для розвитку проростків рослин: утворення щільної ґрунтової кірки, важкі за гранулометричним складом ґрунти, що запливають, солонці і солончаки, глибоке загортання насіння в ґрунт, різкі коливання температури, перенасиченість ґрунту вологою (понад 80%) або її нестача (40% і нижче), низька якість насіння та ін. Всі ці фактори знижують стійкість рослин проти мікроорганізмів, лише ослаблені проростки уражуються ґрунтовими патогенами [525, 526].

Збудниками хвороби є близько 100 видів грибів і бактерій. Серед них найпоширенішими є *Aphanomyces cochlioides* **Drechsler,** який належить до царства **Chromista,** шгаму **Oomycota,** порядку **Saprolegniales,** *Pleospora bjoerlinglii* **Buford** (анаморфа: *Phoma betae* (Oud.) **Frank.),** який належить до царства **Fungi,** штаму **Ascomycota,** порядку **Dothideales,** мітоспоровий гриб *Rhizoctonia aderholdii* **Kolosch,** *Pythium de barianum* **R. Hesse** Джерелами інфекції є ґрунт і насіння.

Ураженість сходів столового буряку коренеїдом значною мірою залежить від попередника і передпопередника. Найменший розвиток коренеїду спостерігається за вирощування культури після озимої пшениці, висіяної по чорному або зайнятому (вико-вівсом) пару. За вирощування столових буряків після озимої пшениці, післяпопередником якої були горох і багаторічні трави (конюшина, еспарцет, вівсяниця), спостерігається помітне зростання (в 1,2-1,3 рази) розвитку хвороби в порівнянні, коли післяпопередником був чорний і зайнятий пар. Кукурудза на силос, ячмінь, гречка в якості попередника цукрових буряків також сприяють підвищенню ураженості сходів коренеїдом до 20 % і більше порівняно із горохом, соєю, конюшиною і еспарцетом [527].

Коренеїд **надзвичайно шкідливе захворювання.** Він викликає загибель паростків ще при їх підземному розвитку, є причиною недружності і зрідження сходів, відставання рослин у розвитку. За значного зрідження сходів товаровиробники вимушені пересівати буряки. Але за пізніх строків сівби суттєво зменшується врожай коренеплодів, знижується вміст поживних речовин. Так, за розвитку хвороби 25 % маса коренеплодів знижується на 20 %, за розвитку – 75% – до 50 % і більше. Вихід цукру при цьому зменшується відповідно від 26 до 45 %. За незначного ураження рослин

коренеїдом після линьки кореня рослини одужують, проте їх розвиток уповільнюється, що призводить до зниження врожаю кореннеплодів на 10-30 % [525-527].

Захисні заходи. Дотримання сівозміни, використання кращих попередників і передпопередників, насичення сівозміни культурою не більше 10%, протруєння насіння, оптимальні строки сівби, збалансоване живлення рослин, вапнування кислих ґрунтів, висока аерація ґрунту.

Несправжня борошниста роса (пероноспороз). Хвороба проявляється на фабричних посівах і на насінниках. У буряків уражуються найчастіше центральні листки розетки. Вони скручуються краями донизу, потовщуються, стають крихкими навіть у жарку погоду, всихають або загнивають. З нижнього боку листкової пластинки формується сіро-фіолетовий наліт – конідіальне спороношення гриба. У висадків на початку вегетації уражуються молоденькі листочки центральної розетки або периферійних бруньок, потім верхівки квітконосних пагонів, молоді листки, оцвітина, клубочки насіння, іноді весь квітконосний пагін. У вологу погоду уражені органи покриваються сіро-фіолетовим нальотом. Уражені пагони висадків відстають у рості, деформуються, часто гниють [525].

Збудником хвороби є гриб ***Peronospora farinosa*** **Fr.** ***f. sp. betae*** (син. ***P. schachtii*** **Fuckel),** який належить до царства **Chromista,** штаму **Oomycota,** порядку **Peronosporales.** У циклі свого розвитку формує конідіальне спороношення і ооспори. Конідієносці 5-6-разово вилчасторозгалужені, виступають з продихів по 2-3, заввишки 25-0600 х 8-12 мкм. Конідії кулясті або яйцеподібні, сіро-фіолетові, розміром 21-28 х 16-23 мкм. Під час вегетації рослин гриб поширюється конідіями, формує декілька генерацій. В ураженій тканині рослин статевим шляхом утворює ооспори. Вони жовто-коричневі, з товстою гладенькою оболонкою. **Сприяє розвитку хвороби** висока вологість повітря (понад 70 %) і його температура 14-17 °С. Необхідною передумовою для проростання конідій гриба та поширення інфекції є наявність краплинної вологи. Інкубаційний період розвитку хвороби за таких умов коливається в межах 5-8 днів [527].

Основне джерело інфекції – грибниця патогена, яка зберігається в головках маточних буряків. Первинна інфекція може поширюватися не тільки з насінників висадкової і безвисадкової культур, а й з молодих рослин самосівів, що зимують на полях після висадків, а також від уражених коренеплодів, які перезимували в ґрунті після збирання врожаю і сформували розетку. За умов використання заражених коренеплолів на насінниках грибниця патогена спочатку уражує молоді розеткові листки, а потім і квітконосні пагони. **Додатковим джерелом інфекції** є ооспори гриба в уражених рештках і в насінні. Навесні ооспори проростають, утворюють інфекційний росток, який проникає в молоду тканину листків, розгалужується в ендогенну грибницю, а згодом формує поверхневе конідіальне спороношення. **Шкідливість** хвороби залежить від часу її появи і ступеня розвитку. В уражених рослинах порушуються фізіолого-біохімічні процеси, уповільнюється фотосинтез, обмін речовин, знижується активність

окисно-відновних процесів, посилюється дихання, знижується вміст цукру і підвищується вміст органічних кислот. Шкідливість хвороби залежить від часу її прояву і ступеня ураження. За ранньої появи хвороби й інтенсивного розвитку гине від 30 до 40% рослин. За більш пізнього прояву хвороби маса кореня зменшується до 30%, цукристість – до 10%, а недобір насіння становить 60-70%. За переробки уражених коренеплодів вихід цукру з них знижується на 20% і більше. Коренеплоди буряку з хворих рослин характеризуються низькою стійкістю до кагатної гнилі [525 526].

Захисні заходи. Дотримання просторової ізоляції (1,0-1,5 км) між фабричними посівами і насінниками, безвисадковими насадженнями, своєчасні фітопрочистки посівів з видаленням уражених рослин і наступною дезінфекцією ґрунту в місцях вегетації хворих рослин, за необхідності профілактичні обприскування посівів фунгіцидами, після збирання урожаю – обов'язкове глибоке загортання в грунт рослинних решток.

Церкоспороз. Хвороба поширена у всіх бурякосіючих районах, але найбільш шкідлива в західних та центральних областях України. Епіфітотійний розвиток церкоспорозу спостерігається у вологі роки, коли за розвитку хвороби 60% і вище уражуються практично всі рослини. Ознаки хвороби проявляються на розвинутих листках, які закінчили ріст, коли на них з'являються округлі світло-бурі, світло-сірі плями з червоною або червоно-бурою облямівкою й діаметром від 0,2-0,3 до 0,5-1,0 см. В суху погоду уражена тканина випадає, листки стають продірявленими. У вологу погоду в місцях плям з обох боків листкової пластинки з 'являється сірувато-білий наліт – конідіальне спороношення гриба. Бурі вдавлені видовжені плями з'являються також на черешках листків. На насінниках довгі бурі плями виявляються на стеблах рослин і більш округлі плями – на оплодні насінних клубочків.

Збудником хвороби є мітоспоровий гриб ***Cercospora beticola*** **Sacc.** Патоген уражує всі види буряків, а також люцерну, горох, сою, картоплю, щирицю, лободу, ост, подорожник, мальву, березку польову, щавель, кульбабу та ін. Під час вегетації рослин поширюється конідіями. **Сприяють** розвитку хвороби температура повітря вночі вище 15 °С і вдень 20-25 °С та його відносна вологість вище 70 %. За таких умов інкубаційний період триває біля 7 діб, за інших умов він може становити 1,5-4,0 діб і більше. Інтенсивний розвиток відбувається в роки, коли суха жарка погода чергується з помірно теплою вологою погодою, за випадання нетривалих частих теплих дощів або випаданні рясних ранкових рос. Епіфітотійний розвиток хвороби спостерігається за умов відносної вологості повітря 96-100 % протягом 3-5 днів не менше 10-12 годин протягом кожної доби за температури повітря 25-28 °С [527].

На розвиток хвороби суттєво впливають агротехнічні заходи. За насичення сівозміни буряком від 10 до 20%, кількість уражених рослин церкоспорозом збільшується вдвічі, а за насичення до 50% – в чотири рази. Ураженість рослин зростає також в загущених насадженнях буряків. Зимує гриб у вигляді ущільненої грибниці в уражених рештках (відмерлих листках,

черешках) оплоднях насіннєвих клубочків. У такій формі патоген зберігає свою життєздатність у верхньому шарі ґрунту (до 10 см) протягом 1–2 років. **Джерелом** інфекції можуть бути і маточні коренеплоди із залишками уражених черешків листків на їх головках. **Шкідливість** хвороби проявляється у зменшенні асиміляційної поверхні рослин в результаті передчасного відмирання уражених листків. У хворих рослин транспірація зростає у 3–4 рази, порушується азотний обмін. На заміну відмерлим рослина формує нові молоді листки, витрачаючи на це значну кількість пластичних речовин коренеплоду. їх ріст уповільнюється і суттєво зменшується вміст цукру. За слабкого ураження рослин церкоспорозом недобір цукру з 1 га становить 5–1 0 %, за середнього – до 20, а за сильного – до 70%. В коренеплодах уражених рослин накопичується так званий шкідливий азот, який під час цукроваріння збільшує вихід патоки і зменшує вихід цукру. У коренеплодів з уражених церкоспорозом рослин знижена стійкість проти кагатної гнилі.

Захисні заходи. Вирощування стійких сортів і гібридів, якісне і своєчасне виконання всіх агротехнічних прийомів технології вирощування буряків цукрових. Серед профілактичних заходів проти церкоспорозу дієвим є збирання ураженої гички і її подальше силосування, що суттєво знижує джерело зимуючої інфекції, застосування фунгіцидів в період вегетації рослин. Боротьба з бур'янами і знищення залишків рослин, обробка насіння препаратом «Максим» або «Вітавакс» і обприскування посадок фунгіцидом «Імпакт» або «Рекс дуо» [527].

Рамуляріоз. Хвороба більш поширена в господарствах західних та центральних областей України. Зовнішні ознаки її подібні до ознак церкоспорозу. Плями спочатку брудно-зелені, потім сірувато-білі, округлі або неправильної форми, але в більшості випадків без облямівки, поступово розмір їх збільшується до 4–8 мм. Характерною ознакою рамуляріозу, яка відрізняє його від церкоспорозу, є те, що в суху погоду уражена тканина плям викришується, а у вологу плями покриваються сріблясто-сірим або білим порошкоподібним нальотом, що являє собою конідіальне спороношення **збудника** хвороби, яким є мітоспоровий гриб ***Ramularia beticola*** **Fautrey et Lambotte** (син. ***R. Betae*** **Rostr.).** В циклі свого розвитку гриб формує конідіальне спороношення. Конідієносці на обох боках листків виступають у вигляді пучків. Конідії циліндричні, розміром, на кінцях звужені або загострені, одноклітинні або з однією перетинкою. Під час вегетації гриб поширюється конідіями. Сприяє розвитку хвороби висока вологість повітря (95 % і вище), помірно тепла погода (температура повітря 15-17 °С), дефіцит сірки в ґрунті. Рослини буряків цукрових інтенсивніше уражуються в загущених посівах.

Джерело інфекції – уражені рештки (листки, черешки, оплодні насіннєвих клубочків), в яких зберігається грибниця патогена. Залежно від розвитку хвороби на листках недобір урожаю коренеплодів може становити 10-20 % [525-527].

Захисні заходи. Всі заходи, які проводяться проти церкоспорозу, є

ефекктивними і проти рамуляріозу.

Зональна плямистість (фомоз). Виявляється хвороба повсюди, де вирощують буряки цукрові, кормові та столові, але найбільшої шкоди завдає в господарствах Київської, Вінницької та Черкаської областей. Ураженість рослин сягає 14-20 %. Особливо шкідлива хвороба на насінниках. Проявляється у вигляді жовтуватих або світло-бурих концентричних плям діаметром 0,8-2,0 см на нижніх фізіологічно старих листках. Пізніше в місцях уражень з'являються чорні крапи - пікніди гриба. На насінниках хвороба проявляється на стеблах і клубочках насіння у вигляді крапчастості.

Збудником хвороби є гриб ***Pleospora bjoerlinglii*** **Buford** (анаморфа: ***Phoma betae*** (Oud.) **Frank),** який належить до царства **Fungi,** штаму **Ascomycota,** порядку **Dothideales.** Біологічні особливості гриба описані за розгляду коренеїду. Патоген також викликає суху гниль коренів (гниль сердечка), приймає участь в розвитку кагатної гнилі коренеплодів. Під час вегетації буряків гриб поширюється пікноспорами. Інтенсивне розповсюдження інфекції відбувається за вітряної дощової погоди. Розвитку фомозу сприяє висока вологість повітря, часті незначні мрячні дощі, випадання вранці рясних рос, часті тумани, помірна температура повітря в межах 15–20°С, значне накопичення інфекції в ґрунті. Сумчаста стадія гриба формується на відмерлих уражених рештках і представлена напіввкритими плодовими тілами – кулястими перитеціями. Сумки булавоподібні, з подвійною оболонкою, в кожній із них формуються по 8 сумкоспор з трьома поперечними перегородками [525].

Підвищує стійкість рослин до фомозу внесення в Грунт мікроелементу бору або проведення ним позакореневого підживлення буряків. **Шкідливість** хвороби виявляється в передчасному відмиранні уражених листків, особливо в умовах жаркого сухого літа, відмирання окремих уражених пагонів насінників. Найбільш шкідлива на безвисадкових насінниках. Недобір урожаю насіння за сильного ураження насінників досягає 5 % і більше, суттєво знижується маса 1000 насінин і їх схожість. Урожай буряків столових від рослин, отриманих з такого насіння, значно нижчий. З уражених листків гриб попадає на насіння, коренеплоди, у зв'язку з чим підвищується загроза ураження сходів коренеїдом, а коренеплодів – сухою гниллю (гниллю сердечка) під час вегетації, особливо за дефіциту в грунті бору, і кагатною гниллю під час їх зберігання.

Джерелом інфекції являються уражені рештки та насіння, в яких зберігаються пікніди з пікноспорами та перитеції з сумками і сумкоспорами гриба. Накопичення інфекції в ґрунті відбувається за умов порушення агротехніки вирощування культури та з несвоєчасним і неякісним проведенням хімічного захисту рослин. Навесні з перитеціїв вивільняються сумки з сумкоспорами, які слугують первинною інфекцією [525].

Захисні заходи. Врятувати рослини можна обприскуванням борною кислотою (3 г на 10 л води). В останній період вегетації рослини буряків удобрюють засобами, що містять калій. Не можна забувати про дотримання правил сівозміни, своєчасної прополці рядків буряків і проріджуванні сходів.

Всі опалі рослинні залишки з грядок прибирають і спалюють. Захистити буряк від фомозу допомагає внесення в грунт бури, а також обробка коренеплодів до закладки на зберігання розчинами «Фундазола», «Беназола», «ТМТД».

Аскохітоз. Ознакою хвороби є поява на нижніх фізіологічно старих листках спочатку округлих синювато-зелених плям, які згодом поступово буріють. Центр їх темно-бурий з великою кількістю чорних крапок – пікнід. На оплоднях клубочків насіння проявляється у вигляді чорної крапчастості [527].

Збудником хвороби є мітоспоровий гриб ***Ascochyta betae*** **Prill, et Del.,** який в циклі свого розвитку формує пікнідіальне спороношення. Пікніди кулясті, знаходяться в ураженій тканині. Пікноспори циліндричні, прямі або трохи зігнуті, одно – або двоклітинні, безбарвні. У період вегетації рослин гриб поширюється пікноспорами. **Зберігається** патоген на уражених рештках і клубочках насіння у формі пікнід. Шкідливість хвороби полягає в зменшені асиміляційної поверхні рослин в результаті передчасного відмирання уражених листків, зменшенні продуктивності рослин. Недобір урожаю коренеплодів може досягати до 5 % від валових зборів. Гриб може бути причиною коренеїду сходів.

Захисні заходи. Всі заходи, які рекомендовані проти церкоспорозу, ефективні і проти аскохітозу [525-526].

Альтернаріоз. В останні роки хвороба інтенсивно почала прогресувати на фабричних посівах і насінниках буряків цукрових у господарствах західних та центральних областей України. Хвороба проявляється на нижніх фізіологічно старих листках бурувато-чорними неправильної форми плямами. Спочатку вони з’являються на верхівці листкової пластинки, потім поширюються по всій периферії листка. Плями зливаються, тканина відмирає, покривається суцільним чорно-зеленим нальотом. В суху погоду листки скручуються, відмирають.

Збудником хвороби є мітоспоровий гриб ***Alternaria alternata*** (Fr.:Fr.) **Keissl.** Біологічні особливості його описані при розгляді альтернаріозу чорного зародка пшениці, тютюну. Крім посівів столових буряків патоген уражує також висадки і насіння. **Джерело інфекції** – уражені рештки різних видів рослин і насіння, в яких зберігаються грибниця і конідії гриба. Рослини інтенсивніше уражуються альтернаріозом за дефіциту в ґрунті марганцю, бору та інших мікроелементів. Частіше уражуються рослини, які інфіковані вірусом слабкої жовтухи. Сприяють розвитку хвороби підвищена вологість повітря, температура повітря в межах 16-24 °С, сонячна інсоляція. **Шкідливість** хвороби аналогічна аскохітозу [527].

Захисні заходи. Рекомендовані фунгіциди проти церкоспорозу ефективні і проти альтернаріозу. Проти насіннєвої інфекції слід використовувати протрує насіння.

Іржа. Захворювання виявляється повсюди у більшості випадків осередками і столових буряках, цукрових і кормових як на фабричних їх посівах, так і на насінника Але найбільшу шкоду хвороба спричиняє в

господарствах західних та центральні областей України. Ураженість рослин в осередках інколи сягає 10% і більше. Хвороб проявляється навесні спочатку на нижніх листках і черешках розетки висадків, пізніше на листках буряків у вигляді опуклих помаранчевих плям. У місцях ураження спочатку формуються округлі спермогонії, а пізніше чашечкоподібної форми. Поряд з таким проявленням хвороби починають з'являтис і поступово наростають на листкових пластинках червоно-бурі подушечки – уредіні гриба. Наприкінці вегетації формуються чорні телії з теліоспорами патогена [525].

Збудником хвороби є однодомний гриб ***Uromyces betae*** **Lev,** який належить до штаму **Basidiomycota,** класу **Teliomycetes,** порядку **Uredinales.** Патоген розвиваєтьо за повним циклом. Спермогонії діаметром до 150 мкм, світло-жовті, ецїї діаметром де 1 мм, помаранчеві. Еціоспори помаранчево-жовті, округлі, одноклітинні, яйцеподібні з шипуватою оболонкою, розміром. Теліоспори одноклітинні, округлі або еліпсоподібні, із світло-коричневою гладенькою оболонкою, на верхівці із соскоподібним виростом. Під час вегетації гриб поширюється уредініоспорами, формуючи декілька поколінь. Інкубаційний період розвитку хвороби при заражені рослин уредініоспорами за температури 16-22°С становить 10-17 діб. Розвитку хвороби сприяє тепла й волога погода. **Зберігається** гриб у формі теліоспор на рештках, на черешках головки маточних коренеплодів, на ураженому насінні й уредініогрибницею на живих листках зимуючих маточних буряків. **Шкідливість** хвороби полягає в тому, що за дозрівання пустули гриба розривають епідерміс, утворюючи порошисті рвані рани. В результаті цього у хворих рослин порушується асиміляція, підвищується транспірація й дихання, знижується посухостійкість, вони витрачають значну енергію і пластичні речовини для зарубцювання ран. Як наслідок різко знижується їх продуктивність. Вміст цукру в коренеплодах уражених рослин знижується на 0,1-0,3 %, урожай насіння – на 5-7 % [527].

Захисні заходи. Вирощування стійких сортів і гібридів, дотримання всіх вимог технології вирощування культури в кожній ґрунтово-кліматичній зоні, ретельне загортання післязбиральних решток у грунті.

Борошниста роса. Хвороба поширена повсюди, де вирощують буряки цукрові, кормові та столові, але найбільшу шкоду спричиняє насінникам і фабричним посівам у зоні Степу та Лісостепу. Захворювання проявляється в другій половині липня – на початку серпня у вигляді білого ніжного павутинного нальоту на листках фабричних буряків, на листках і стеблах висадків, а також на насінні. Пізніше наліт ущільнюється, стає порошистим, на його поверхні з 'являються бурі або чорні крапки – клейстотеції гриба.

Збудником хвороби є гриб ***Erysiphe betae*** (Vanha) **Weltzien** (син. ***E. Communis*** **Grev.** ***f. betae*** **Roteb.),** який належить до штаму **Ascomycota,** порядку **Erysiphales.** Під час вегетації гриб поширюється конідіями. Конідієносці безбарвні, прості, короткі. Конідії овальні, безбарвні. Статевим шляхом гриб формує також сумчасту стадію, яка представлена закритими кулястими плодовими тілами – клейстотеціями, в яких утворюються сумки з сумкоспорами. В кожній сумці формується по 3-6 сумкоспор. Вони

дозрівають в сумках від початку і до середини літа і являють собою **первинне джерело ураження** рослин. Під час вегетації рослин патоген поширюється за допомогою конідій, які є вторинною інфекцією. Інтенсивний розвиток хвороби відбувається у суху і жарку погоду, коли температура знаходиться в межах 20-30 °С, за тривалої відсутності опадів, коли рослини втрачають тургор і в'януть, що знижує їх стійкість до хвороби [525].

Джерелом інфекції є уражені рештки, головки маточних коренеплодів і насіння, на яких зберігаються клейстотеції гриба. Шкідливість хвороби полягає в суттєвому зниженні асиміляційної поверхні рослин у результаті передчасного відмирання уражених листків, у посиленні транспірації рослин, порушенні процесів синтезу цукрів, погіршенні відтоку пластичних речовин у корінь, швидкому старінні уражених листків.

Маса коренеплодів в уражених рослин, залежно від інтенсивності розвитку хвороби, знижується на 10-40 %, а вміст цукру – на 0,5-1,5 %. Недобір урожаю коренеплодів може становити 10-15 % і більше. Розвиток борошнистої роси на насінниках суттєво знижує продуктивність рослин та якість насіння.

Захисні заходи. Дотримання сівозміни і просторової ізоляції між насінниками і фабричними посівами, своєчасне обприскування рослин фунгіцидами з суворим дотриманням регламентів їх застосування.

Мозаїка. Хвороба поширена у всіх зонах, де вирощують буряки цукрові, кормові, столові, але найбільшої шкоди завдає їх насінникам у господарствах Львівської, Тернопільської, Вінницької, Київської, Полтавської та Черкаської областей. Перші її ознаки спочатку виявляються на листках насінників, пізніше – на рослинах фабричних посівів. На молодих листках з'являються жовта крапчастість та посвітління жилок, а пізніше на листкових пластинках виникають водянисто-прозорі, світло-забарвлені плями різної форми і величини, бліді численні кільця, які чергуються із здоровими ділянками листкової пластинки. Краї листків часто скручуються, пластинка деформується. В уражених листках зменшується вміст хлорофілу, пластинка стає тоншою, пізніше вона некротизується [525-527].

Збудником хвороби є вірус ***Beet mosaic virus*** **(BMV),** який належить до родини Potyviridae, роду Potyvirus. Віріони його ниткоподібні, довжиною 730-750 нм, шириною близько 12 нм із спіральною симетрією та витком 3,4 нм. Від хворої рослини до здорової вірус передається неперсистентним способом – попелицями, цикадами, клопами. Інкубаційний період вірусу мозаїки цукрових буряків у рослині становить 10-12 днів. Крім буряків, уражує горох, конюшину, кормові боби, шпинат, осот, лободу, щирицю. Збудник зимує у соку уражених маточних коренеплодів і в кореневищах бур'янів. У хворих рослин порушується асиміляція, обмін речовин, знижується продуктивність. Урожай коренеплодів знижується на 5-10 %, їх цукристість знижується відповідно – на 0,5-1,7 %. На насінниках недобір насіння сягає до 15 % і більше, суттєво знижується якість насіння.

Запобіжними заходами проти поширення вірусної мозаїки є знищення переносників – різних видів попелиць за допомогою обприскування рослин

рекомендованими інсектицидами [527].

Жовтяниця. Ознаки хвороби проявляються спочатку на насінниках, а пізніше і на рослинах фабричних посівів пожовтінням листків, яке починається з верхівок, а згодом поширюється вздовж їх країв і поміж центральними жилками. Тканини вздовж жилок і біля основи листка тривалий час залишаються зеленими. Листкова пластинка потовщується, стає крихкою. На старих листках часто з'являються червонуваті або бурі некротичні плями.

Збудниками хвороби є змішана вірусна інфекція, частіше вірус жовтухи буряків *Beet yellows virus* (BYV), який належать до родини **Closteroviridae,** роду **Closterovirus** і вірус слабкого пожовтіння жилок **Beet mild yelloving virus (BMYV)**, який до родини **Luteoviride**, роду ***Polerovirus***. Віріони BYV ниткоподібні, з гвинтовою симетрією. Вірус передається попелицями, в основному двома їх видами – буряковою та зеленою персиковою. Крім різних видів буряків вірус уражує шпинат, щирицю, лободу, мокрець, будяк та інші бур'яни. Вірусні частки **BMYV** мають ізометричну форму, діаметром 26-28 нм. Вірус передається різними видами попелиць, в основному зеленою персиковою, без розмноження в організмі комахи. Збудник окрім буряків уражує цвітну і брюсельську капусту, шпинат, білу гірчицю, редьку, редис, салат, петунію. **Основне джерело інфекції** – заражені маточні коренеплоди і кореневища багаторічних бур'янів, у соку яких зберігаються віруси. Жовтяниця, порівняно з мозаїкою, є більш шкідливою хворобою. Урожай коренеплодів, інфікованих рослин цими вірусами зменшуватися більш, як на 40 %, а цукристість – на 1,5-3 %.

Запобіжні заходи, які проводяться на буряках цукрових проти вірусної мозаїки, є ефективними й проти жовтяниці [527].

Ризоманія. Назва хвороби в перекладі з грецької означає «химерність кореня». В останні роки в посівах буряків цукрових хвороба почала стрімко поширюватися і наразі виявлена в 17 областях (західні, центральні та північні) і в темчасово окупованої АР Крим. В окремих господарствах концентрація вірусу у грунті перевищує допустимий поріг у декілька десятків разів. Рослини з ознаками ризоманії мають пригнічений вигляд, вони дуже низькорослі, часто в 'януть. Характерною ознакою хвороби є пожовтіння листкових жилок, які пізніше стають світло-коричневими або некротичними. Спочатку на листках поміж жилками з'являються жовтуваті або хлоротичні плями, згодом жилки листків жовтіють, часто буріють, пізніше некротизуються. Інколи листки інфікованих рослин мають видовжену ланцетоподібну форму, у них, як правило, довгі черешки, пластинки забарвлені у блідо-зелено-жовтий колір, подібний до забарвлення листків у рослин за азотного голодування. Коренеплоди уражених рослин невеликі за розміром, недорозвинуті, короткі, з великою кількістю бокових тоненьких мичкуватих корінців у вигляді «бороди» або «мочки», тверді, волокнисті, часто загнивають під час зберігання. За ранньої інфекції нестійкі рослини часто гинуть, за пізнішого інфікування рослини формують дрібні коренеплоди. Характерною ознакою різоманії є те, що на поздовжньому

розрізі коренеплоду судинні пучки мають блідо-жовтувато-коричневе або некротичне забарвлення [525, 526].

Збудником хвороби є вірус некротичного пожовтіння жилок буряків ***Beet necrotic vein yellow virus*** **(BNVYV),** який належить до родини **Tombusviridae,** роду ***Benyvirus,*** віріони якого паличкоподібні, завдовжки 280-310 нм. Переносником вірусу є нижчий гриб ***Polymyxa betae*** **Keskin,** який належить до царства **Protozoa,** штаму **Plasmodiophoramycota,** порядку **Plasmodiophorales.** Патоген паразитує на коренеплодах буряків. Вірус виявляється в цитоплазмі клітин гриба, всередині плазмодіїв, в зрілих зооспорангіях, на поверхні цистосорусів. Ураження коренів починається у фазу змикання рослин у рядках і закінчується восени. Оптимальними умовами для його розвитку є наявність нейтральних і слаболужних грунтів (pH 7-8), температура ґрунту 20-28°С і його висока вологість, близьке залягання грунтових вод. У плазмодіях гриба вірус зберігається до 30 років. Поширюється інфікованим ґрунтом, який прилипає до робочих органів сільськогосподарських машини, а також разом з коренеплодами, бульбами, саджанцями плодово-ягідних культур і розсадою більшості рослин, які вирощувались на заражених ділянках, і корені яких вкриті частками інфікованого ґрунту. Спори гриба розносяться на значні відстані також з ґрунтом, який змивається талими й дощовими водами [527].

У 2009 році виявлений новий для України вірус – ***Beet soil-borne virus*** **(BSBV),** що разом з вірусом ***Beet virus Q*** **(BVQ)** утворюють змішану інфекцію, переносником якої є також гриб ***P. betae.*** Обидва віруси є морфологічно подібними до **BNVYV.** Під дією цих вірусів некротизується судинна система рослин, вони сповільнюють ріст. За певних обставин рослини з ознаками ураження гинуть. Коріння некротизується, утворюючи «бороду», подібну до тієї, що виникає при ураженні рослин **BNVYV.** Різоманія є **досить шкідливим захворюванням,** урожай коренеплодів зменшується на 30-80%, а цукристість – до 10% [525].

Захисні заходи. На заражених збудниками ділянках необхідно вирощувати лише стійкі до хвороби гібриди буряків столових. На заражених ділянках – не вирощувати коренеплідні, бульбоплідні та цибулеві рослини.

Хвороби коренеплодів. На коренеплодах найбільш поширеними хворобами є парша, туберкульоз, рак, різні гнилі – хостова, сіра, бура, червона, фузаріозна, кагатна.

Хвостова гниль (гомоз). Виявляється хвороба у всіх зонах бурякосіяння. Ознаками хвороби на буряках першого року вегетації є загнивання і відмирання кінчиків коренеплоду і бокових корінців. Листки уражених рослин набувають хлоротичного вигляду, некротизуються й відмирають – спочатку нижні, а потім інші [525-527].

Збудником хвороби є бактерія ***Erwinia bussei*** **Magrou.** Це рухомі грамнегативні палички з перитріхальними джгутиками, спори утворюють, аероби. Бактерія, як правило, викликає захворювання сильно ослаблених рослин за тривалої посухи та надмірної кількості внесених азотних добрив. Джерело інфекції – неперегнилі уражені рештки. Коренеплоди, уражені

збудником хвостової гнилі, продовжують гнити під час зберігання в кагатах, підсилюючи розвиток кагатної гнилі.

Для захисту столового буряка від фузаріозно гнилей потрібно підгодовувати правильно посіви органічними і мінеральними добривами з вмістом бору, вапнувати кислі грунти, глибоко рихлити міжряддя на сильно зволожених грунтах, чергувати культури і боротися зі шкідниками. Уражені рослини необхідно відразу видаляти з грядки і спалювати.

Парша. На коренеплодах буряків трапляється три види парші: звичайна, пояскова і бородавчаста. **Звичайна парша** характеризується утворенням на коренеплодах неглибоких поверхневих темно-бурих струпоподібних кірочок або тріщин, які пізніше загоюються, тканина пробковіє. Хвороба більш інтенсивно проявляється на ущільненому ґрунті, після рясних дощів та за підвищення температури до 30 °С [525-527].

Пояскова парша проявляється на шийці коренеплоду появою кільцевих перехватів. Уражена тканина пробковіє, поверхня стає хвилястою. Спостерігаються ознаки хвороби на рослинах, які хворіли на коренеїд. **Збудником** звичайної та пояскової парші є деякі види актиноміцетів із роду *Streptomyces* **Waks. et Henr.:** *S. scabies* **Waks. et Henr.; S.** *cretaceus* **Krassil;** *S. nigrijicans* **Woll.** та ін. Активний розвиток звичайної і пояскової парші на коренеплодах відбувається за температури ґрунту у межах 22-30 °С, його вологості в межах 60 %, на ґрунтах з нейтральною або слаболужною реакцією (pH 7,0-7,2). Уражена поверхня коренеплодів під час їх зберігання швидко заселяється мікроорганізмами, в тому числі грибами з роду Fusariim spp., які спричиняють загнивання коренеплодів [525].

Бородавчаста або прищувата парша характеризується утворенням на поверхні коренеплоду бородавок, які пізніше розтріскуються, внаслідок чого виникають темно-бурі виразки. Часто вони зливаються, утворюючи великі плями на шийці або у верхній частині коренеплоду.

Збудником хвороби є бактерії ***Erwinia scabiegene*** **Magrou (*Bacillus scabiegenum* Stapp),** які являють собою рухливі грамнегативні палички з перитрихіальними джгутиками, спор не утворюють, аероби. **Джерело інфекції** – уражені неперегнилі рештки рослин. Коренеплоди, хворі на паршу, як правило, надзвичайно тверді, що утруднює їх подрібнення, і містять підвищену кількість азоту, який утруднює кристалізацію цукру в патоці.

Туберкульоз коренеплодів. Хвороба проявляється на верхній частині коренеплоду у вигляді дрібних наростів діаметром 1-3 см, які бувають поодинокими або в групах, неправильної форми. Поверхня наростів дуже горбиста і має темне забарвлення. Нарости з'єднані з коренеплодом широкою основою. Іноді нарости загнивають, і на поверхні коренеплоду утворюються пустоти, які заповнюються сірувато-жовтим слизом. **Збудником** хвороби є бактерія ***Xanthomonas beticola*** **Brown et Tow,** яка представлена рухливими паличками з полярними джгутиками, грамнегативні, аероби [525-527].

Джерело інфекції-неперегнилі уражені рештки. Уражені коренеплоди на туберкульоз непридатні для зберігання.

Рак (зобоватість) коренеплодів. Ознаки хвороби проявляються на коренеплодах найчастіше в зоні кореневої шийки появою наростів різної форми і різної величини, іноді розмір наросту більший від коренеплоду. Характерною особливістю проявлення хвороби є те, що наріст відокремлений від коренеплоду вузьким перешийком. Поверхня наростів спочатку гладенька, пізніше стає горбистою, вкрита пробковим шаром. **Збудником** хвороби є бактерії ***Agrobacterium tumefaciens*** (Smith et Townsend) **Conn** (син. ***Pseudomonas tumefaciens*** **Dugger).** Вони паличкоподібні, рухомі, мають 1-3 перитрихіальних джгутики, грамнегативні, неспороносні, уражують не тільки цукровий буряк, а й виноград, вербу, моркву, томат, плодові культури, соняшник, хризантеми та ін. Потрапивши у місця пошкодження коренів, бактерії подразнюють тканини рослин, внаслідок чого відбувається посилений поділ клітин коренеплодів. **Основне джерело інфекції** – неперегнилі уражені рештки. Уражені раком коренеплоди при зберіганні, як правило, загнивають [527].

Сіра гниль. Хвороба проявляється на коренеплодах при механічних пошкодженнях як під час вегетації рослин, так і під час зберігання буряків у кагатах. Уражена тканина буріє, загниває і покривається сірим пухким нальотом – конідіальним спороношенням гриба. Побуріння тканин поступово поширюється, розростається, коренеплід повністю загниває. На сірому нальоті формуються чорні склероції. **Збудником** хвороби є гриб ***Botrytis cinera*** **Fr.** Морфологічні і біологічні особливості гриба наведено за розгляду інфекції сірої кукурудзи, гороху, ріпаку, соняшнику та інших культур. Гриб спричиняє кагатну гниль буряків. **Джерело інфекції** – рослинні уражені рештки, на яких зберігаються склероції гриба [525].

Бура гниль. Хвороба виявляється у вигляді окремих осередків, переважно на запливаючих грунтах, а також у низиннах, де застоюється дощова та поливна вода. Ознаки хвороби проявляються як під час вегетації рослин, так і при зберіганні коренеплодів за появи сухої гнилі буряків і за швидкого в’янення листків, спочатку периферійних, а потім і розеткових. На коренеплодах гниль переважно виявляється на їх хвостовій частині, але нерідко уражується головка і шийка. Загнила тканина набуває темно-бурого або майже чорного кольору. Характерною ознакою бурої гнилі є чітка лінія між здоровою і ураженою тканинами. У вологу погоду уражена тканина покривається густим повстяним бурим нальотом, який поширюється на черешки листків і з'являється на поверхні ґрунту навколо уражених рослин. На нальоті спостерігаються дрібні чорні склероції. **Збудником** хвороби є гриб-поліфаг ***Thanatephorus cucumeris*** (Frank) **Donk** (анаморфа: ***Rhizoctonia solarti*** **Kuhn),** який належить до штаму **Basidiomycota,** класу **Basidimycetes,** порядку **Ceratobasidiales.** В основному розвивається вегетативно. Іноді за високої вологості на уражених черешках листків патоген формує базидіальну стадію у вигляді порошистого, сіро-білуватого гіменію базидій з базидіоспорами. Інтенсивний розвиток хвороби відбувається за температури 25-30 °С і високої вологості ґрунту. Гриб зберігається протягом декількох років у ґрунті у вигляді склероціїв [525-527].

Червона (повстяна) гниль. Зовнішні ознаки хвороби на коренеплодах виявляються у вигляді спочатку появи сірих вдавлених плям, на яких пізніше з ’являється темно-фіолетовий повстяний наліт, на якому формуються темні червоно-фіолетові склероції. Уражені рослини часто недорозвинені і сильно пригнічені. Коренеплоди загнивають, листки в’януть, рослини гинуть. **Збудником** червоної гнилі коренеплодів є гриб *Helicobasidium purpureum* (Tul.) Pat (анаморфа: *Rhizoctonia violaceae* **Tul.),** який належить до штаму Basidiomycota, класу Basidimycetes, порядку Ceratobasidiales. Молоді гіфи гриба майже безбарвні, потім стають бурувато-фіолетовими. Грибниця щільно повстяна або у вигляді шнурів, на її поверхні формуються склероції. Характерною особливістю збудника хвороби є те, що він розвивається в природних умовах вегетативно й може тривалий час зберігатися в ґрунті. Склероції гриба можуть проростати гіфами, з яких формується поверхнева грибниця, або формувати базидіальну стадію – базидії з базидіоспорами. Інтенсивний розвиток хвороби відбувається за температури 22-25 °С. Крім буряків уражує моркву, брукву, петрушку, цикорій, хміль, люцерну, тютюн, еспарцет, конюшину, чорну і червону смородину, виноград та деякі інші рослини. В природних умовах повстяна гниль виявляється на понижених місцях, як правило, у вигляді окремих осередків у другій половині літа за умов надмірної кількості опадів і підвищеної температури повітря. Частіше хвороба виявляється на полях, де застоюється вода. Інтенсивніше рослини уражуються на солончакових, лужних та дерново-карбонатних грунтах.

Джерело інфекції – уражені рештки, на яких зберігаються склероції гриба [527].

Фузаріозна гниль. Хвороба проявляється під час вегетації у вигляді в’янення листків і почорніння їх черешків. Коренеплоди відстають у рості, на них формуються багато бокових корінців, ураження охоплює внутрішні частини коренеплоду, в тому числі судинні пучки, і супроводжується утворенням сухої гнилі та дупел (порожнин), які покриті білим або рожевим нальотом. Гнилі та загнилі ділянки уражених коренеплодів цілком втрачають цукор, внаслідок чого стають зовсім непридатними для переробки.

Збудником хвороби є гриби із роду *Fusarium* spp. Розвиток фузаріозної гнилі визначається екологічними умовами. Найактивніше заселення тканин цукрових буряків та судинно-волокнистих пучків ґрунтовими грибами припадає на 28-30 день розвитку рослин. За настання несприятливих умов для росту рослин (дефіцит вологи, висока температура тощо) гриби, що інфікували їх, в подальшому активізуються і зумовлюють захворювання кореневої системи – некрози та гнилі. Високі температури повітря в червні-серпні сприяють активному проникненню грибів у коренеплоди ще в полі, які уражують не тільки ослаблені, а й відносно міцні здорові корені. Інтенсивне зараження коренеплодів збудниками фузаріозної гнилі відбувається за наявності механічних пошкоджень коренеплодів, нанесених робочими органами сільськогосподарських машин і ґрунтовими шкідниками. Висадки з ураженими фузаріозною гниллю коренями або зовсім не утворюють насіння, або воно з’являється щуплим. Інфекція зберігається на

уражених рештках у вигляді хламідоспор, мікросклероціїв, макро- та мікроконідій [527].

Захисні заходи. Проти гнилей коренеплодів буряків цукрових ефективними заходами є дотримання сівозміни з поверненням культури на попереднє місце не раніше, як через 4–5 років. Висівати буряки цукрові необхідно не лише по кращим попередникам, але й по перед попередникам. Потрібними є вапнування кислих ґрунтів, збалансоване живлення рослин, дотримання водного режиму на поливних полях, вирощування стійких сортів і гібридів, глибоке загортання післязбиральних решток.

Хвороби моркви. Спалахи борошнистої роси, альтернаріозу, фомозу, стемфільозу, церкоспорозу на листках і розвиток ризоктоніозу, білої, сірої і повстяної гнилей, фомозу і мокрої бактеріальної гнилі на коренеплодах моркви спричиняють значні недобори і втрати вирощеного врожаю коренеплодів і насіння. Значні відходи коренеплодів (до 50-70 %) під час зимового зберігання викликають гнилі – біла, сіра, чорна, суха і мокра бактеріальна [525-527].

Біла гниль. Хвороба проявляється на коренеплодах під час їх зберігання у вигляді водянистих мокрих плям, покритих білим ватоподібним або пластівчастим нальотом, який являє собою грибницю збудника хвороби. Пізніше на поверхні грибниці формуються темні склероції.

Збудник хвороби – сумчастий гриб ***Sclerotinia sclerotiorum*** (Lib.) **de Bary** (син. ***Whetzelinia sclerotiorum*** **(Lib.) Korf et Dumont).** Коренеплоди моркви можуть уражуватися ще в полі до збирання врожаю, але найбільш інтенсивний розвиток хвороби, як правило, спостерігається під час зберігання на прив'ялених або підморожених, ослаблених та пошкоджених коренеплодах. Гриб проникає в рослину як через ранки, так і через непошкоджені оболонки клітин. У сховищах збудник хвороби поширюється грибницею за контакту ураженого коренеплоду із сусіднім здоровим коренеплодом, тому захворювання виявляється у вигляді окремих осередків.

Основним джерелом інфекції є склероції гриба. Інфекція накопичується в полі і в сховищах. Склероції можуть зберігатися на уражених рештках рослин, на підлозі і стелажах овочесховищ, після зберігання коренеплодів моркви та іншої ураженої патогеном рослинної продукції, можуть зберігатися в ґрунті протягом декількох років. Найбільш шкідлива хвороба на коренеплодах у період їх зберігання, що спричиняє їх масове загнивання. В результаті ураження тканина коренеплоду стає м'якою, мокрою. Розм'якшення тканини коренеплоду зумовлено тим, що гриб містить ферменти із групи пектіназ, крім того, патоген виділяє токсини, які отруюють тканини рослин, у результаті чого вона відмирає [525].

Шкідливість хвороби виявляється в тому, що уражені коренеплоди моркви стають непридатними для вживання в їжу, для переробки та використання в якості маточників. За умов садіння уражених коренеплодів у грунт насінники відстають у рості, часто в'януть і гинуть.

Сіра гниль. Симптоми хвороби проявляються на коренеплодах під час їх зберігання. Коренеплід моркви стає м'яким, мокрим, як і при білій гнилі,

але уражена тканина, на відміну від білої гнилі, набуває бурого забарвлення. За високої вологості повітря на поверхні коренеплоду формується сірий пухкий наліт, пізніше на якому з'являються дрібні чорні склероції.

Збудником хвороби є гриб ***Botryotiana fuckeliana*** (de Bary) **Whetzel** (анаморфа: ***Botrytis cinerea*** (Fr.) **Pers),** який відноситься до факультативних некрофітних паразитів і здатний уражувати тільки ослаблену тканину рослин. Гриб проникає в рослину через механічні пошкодження, продихи. Завдяки наявності у своєму арсеналі нападу токсинів, гриб може проникати і через непошкоджену кутикулу. Біологічні і екологічні особливості гриба описані за розгляду сірої гнилі гречки, гороху, соняшнику, ріпаку, капусти.

Джерелом інфекції є грибниця патогена на уражених рештках і склероції в грунті, які зберігають свою життєздатність до 8 років і більше. Первинне зараження коренеплодів грибом може відбуватися як в полі, так і в сховищах. Подальше поширення інфекції в сховищах може відбуватися за допомогою конідій повітряними течіями [527].

Завдяки конідіальному спороношенню поширення інфекції від первинних осередків може в подальшому викликати зараження коренеплодів у різних місцях сховища. Тому перебирання коренеплодів у даному випадку не тільки не доцільне, а й являє собою серйозну загрозу масового поширення інфекції по всьому сховищу. Патоген у сховищах передається також контактним способом – дотиком хворого коренеплоду до здорового. Резерватором інфекції можуть бути склероції патогена, які потрапляють в овочесховище з частками інфікованого ґрунту, з ураженими рослинними рештками. Шкідливість сірої гнилі на моркві аналогічна білій гнилі.

Захисні заходи. Проти білої і сірої гнилей коренеплодів моркви ефективними заходами є дотримання правильної сівозміни, вапнування кислих ґрунтів, збалансоване живлення рослин, збирати коренеплоди моркви в полі слід за температури ґрунту на вище 5°С, ретельне перебирання з вибракуванням хворих коренеплодів перед закладанням їх на постійне зберігання, опудрення коренеплодів крейдою, зберігання коренеплодів за оптимальних умов у сховищах.

Фомоз (бура суха гниль). Хвороба проявляється у двох основних формах – як суха гниль коренеплодів під час їх зберігання в сховищах і як випадання насінників в результаті відмирання уражених рослин у полі. Діагностичні ознаки проявлення хвороби на насінниках: на стеблах, частіше біля їх основи і в місцях розгалужень гілок і черешків листків, спочатку з'являються темні смуги і видовжені плями з ліловим відтінком. Утворення таких плям часто супроводжується виділенням клейкої маси. Пізніше уражені ділянки висихають, стають сірими і вкриваються численними чорними крапками – пікнідами гриба, що викликає це захворювання. Подібні ознаки проявляються і на суцвіттях, біля їх основи, на квітконіжках, в основі зонтиків. Уражені органи відмирають. При зараженні насіння на їх поверхні можуть також виявлятися пікніди гриба [525-527].

Збудником хвороби є гриб ***Leptosphaeria rostrupii*** **Lind.** (син. ***L. Libanotis*** **Sacc.)** анаморфа: ***Phoma rostrupii*** **Sacc),** який відноситься до

царства **Fungi,** штаму **Ascomycota,** порядку **Dothideales.** В циклі свого розвитку гриб формує пікнідіальну і рідко сумчасту стадію. Пікніди кулясті, пікноспори дрібні, одноклітинні, еліпсоподібні, світло-червоні, виштовхуються із пікніди за наявності краплинної вологи у вигляді закрученої коричнювато-червоної нитки. На уражених рештках гриб восени і навесні утворює статевим шляхом плодові тіла – перитеції, в яких формуються сумки із сумкоспорами. Сумкоспори веретеноподібні, сірувато-білі, з трьома поперечними перегородками. Ураження рослин може відбуватися від пікноспор, а за наявності сумчастої стадії – і від сумкоспор гриба. В період вегетації рослин гриб формує кілька генерацій пікнідіального спороношення, викликаючи нові ділянки зараження. Найчастіше і найшвидше уражуються сусідні рослини, які знаходяться поруч з ураженою, проте інфекція може поширюватися і на значні відстані. Частіше всього це відбувається у другій половині літа і навіть восени, в кінці вегетації, коли в масі проявляється фомоз на насінних кущах. Потрапляючи на головку коренеплоду, гриб викликає загнивання його верхівки. Але в полі така форма захворювання проявляється слабо і на незначній кількості рослин [525].

Гниль коренеплоду починає активно розвиватися під час зберігання. На його поверхні утворюються сірі, трохи вдавлені плями. Тканина під ними суха, часто трухлява, коричневого (на відміну від чорної гнилі) кольору. За швидкого розвитку гнилі в трухлявій тканині можуть утворюватися пустоти, поверхня яких вкривається слабким білим нальотом грибниці патогена. Починаючи з середини зими і протягом весни на поверхні ураженої тканини коренеплодів виявляються плодові тіла – пікніди гриба, які розташовуються локально у вигляді окремих груп. Хворі маточні коренеплоди з ураженою верхівкою часто не проростають, або з них формуються недорозвинуті, інтенсивно уражені рослини. Більшість хворих рослин в’яне ще до утворення на них суцвіть, на уражених стеблах, черешках, суцвіттях з ’являються сірувато-бурі плями з ліловим відтінком, з чисельними чорними дрібними пікнідами. Такі рослини являють собою первинні вогнища інфекції фомозу, від яких може відбуватися масове зараження насінників [525].

Основним джерелом інфекції для насінників є висаджені хворі коренеплоди. Крім того, інфекція може зберігатися також і на уражених післязбиральних рештках, на яких пікноспори і сумкоспори залишаються життєздатними до двох - трьох років. Для рослин першого року **джерелом інфекції** можуть бути як насінники, за умови недотримання просторової ізоляції між полями товарних і насіннєвих посівів, так і рослинні рештки, за умов порушення сівозміни. Інфекція може передаватися і зараженим насінням. За висіву зараженого насіння в ґрунт з’являються уражені сходи, частина інфікованих проростків гине ще в грунті, інша – в період вегетації.

Масовому розвитку хвороби на насінниках сприяє висока вологість, оскільки пікноспори вивільняються з пікнід, коли останні перебувають у краплі води. В сховищах гниль коренеплодів прогресує тим швидше, чим вища в ньому температура. Коренеплоди недорозвинуті або перезрілі також уражуються фомозом сильніше, ніж ті, які зібрані вчасно. Захворювання

більш інтенсивно проявляється на коренеплодах, які були вирощені на супіщаних грунтах. Шкідливість хвороби полягає у випаданні сходів, зниженні врожаю насіння і погіршенні його посівних якостей, зниженні товарного вигляду коренеплодів, їх непридатності для тривалого зберігання, значних втратах врожаю в результаті загнивання коренеплодів у сховищах.

Захисні заходи. Дотримання сівозміни і просторової ізоляції між товарними посівами і насінниками та іншими селеровими культурами, збір насіння лише із ділянок зі здоровими насінниками, протруєння насіння, закладання на зберігання здорових коренеплодів, ретельне знищення післязбиральних решток, вирощування стійких сортів і гібридів [527].

Чорна гниль (альтернаріоз). Хвороба проявляється на рослинах різного віку. На рослинах першого року – у вигляді «чорної ніжки» сходів. Коренева шийка у таких рослин чорніє, тканина загниває, згодом листки жовтіють, рослина в'яне і відмирає. У вологу погоду на поверхні ураженої тканини з'являється темно-зелений або зеленувато-коричневий пліснявий наліт, який являє собою конідіальне спороношення гриба – збудника хвороби. Така форма прояву хвороби характерна за сівби в ґрунт зараженого насіння.

Типові ознаки альтернаріозу на моркві товарних посівів з'являються наприкінці періоду вегетації рослин. На черешках нижніх листків, на листкових пластинках з'являються розпливчасті бурі плями, які покриваються у вологу погоду ледь помітним нальотом, від чорно-зеленого до оливкового забарвлення. Згодом плями розростаються і часто займають всю поверхню листкової пластинки. Уражені листки жовтіють, буріють і відмирають, а гриб по черешку проникає у верхню частину коренеплоду і викликає його загнивання в період зберігання. На насінниках хвороба спочатку проявляється в нижній частині стебла у вигляді характерних темних, дещо заглиблених і витягнутих плям, які вкриваються зеленувато-оливковим бархатистим нальотом. Згодом такі плями виявляються на черешках листків і в верхній частині стебла. Уражені рослини в'януть, поступово відмирають. Насіння у них або зовсім не утворюється, а якщо і формується, то воно уражене і низької якості [525-527].

На коренеплодах під кінець вегетації рослин, особливо під час їх зберігання, збоку або на їх верхівці з'являються сухі, трохи сіруватого забарвлення ледь вдавлені плями, які згодом заглиблюються і розростаються, охоплюючи все більші ділянки поверхні. Уражена тканина всередині коренеплоду набуває чорного забарвлення. На його ураженій поверхні утворюється сірувато-зелений, до оливкового пліснявий наліт, який складається з грибниці і конідіального спороношення гриба [525].

Збудником хвороби є мітоспоровий гриб ***Alternuriu rudicinu* Meier, Drechsl. Et** Eddy. В циклі свого розвитку гриб формує конідіальне спороношення. Конідіносці поодинокі, прості, інколи з розгалуженнями, прямі або звивисті, циліндричні з перегородками, димчасті або оливково-коричневі, гладенькі, до 200 мкм. На їх верхівках формуються поодинокі або зібрані в ланцюжки конідії. В період вегетації ними гриб розповсюджується

за допомогою вітру, крапель дощу, комах. Оптимальна температура для їх проростання – 28°С. Зараження моркви патогеном відбувається на ослаблених тканинах рослини, особливо в дощову осінь за підвищеної температури. гриб викликає мацерацію тканин ураженої рослини. Крім моркви гриб уражує петрушку, селеру, кріп та інші селерові культури. На маточних коренеплодах у сховищі інфекція зберігається на залишках обрізаних черешків листків у вигляді темних плям з характерним темно-зеленим нальотом. За висадки таких коренеплодів захворювання продовжує розвиватися на насінниках. Як правило, спочатку хвороба виявляється в нижній частині стебла, а згодом і на всій рослині. У сховищах коренеплоди заражаються в місцях механічних пошкоджень, при закладанні їх на зберігання в теплі сховища. Інфекція від хворих коренеплодів до здорових передається конідіями, які поширюються повітряними течіями. Розвитку хвороби сприяє підвищена температура, висока вологість, часте зволоження поверхні коренеплодів у результаті утворення конденсованої роси за незначних коливань температури в сховищі, недостатньої вентиляції сховища [527].

Джерелом інфекції альтернаріозу є уражені рештки рослин, маточні коренеплоди і насіння, в яких патоген зберігається грибницею і конідіями. Основною діагностичною ознакою, за якою можна легко відрізнити чорну гниль від фомозної на коренеплодах моркви, є колір ураженої тканини. На розрізі ураженого коренеплоду альтернаріозна гниль має вугільно-чорне забарвлення (фомозна – коричневе) і уражена тканина різко відмежована від здорової (за фомозної гнилі межа більш розмита). У вологих умовах зберігання у випадку чорної гнилі на вдавлених плямах коренеплоду утворюється сірувато-зелений до оливкового пліснявий наліт – грибниця і конідіальне спороношення гриба. За ураження фомозом на поверхні ураженої тканини коренеплоду утворюється лише світла, безбарвна грибниця без спороношення. **Шкідливість** альтернаріозу такаж, як і фомозу [525-527].

Захисні заходи. Всі заходи, які проводяться на моркві проти фомозу, є ефективними і проти альтернаріозу.

Повстяна гниль (ризоктоніоз, суха фіолетова гниль). Зовнішні ознаки хвороби проявляються на коренеплодах як під час вегетації рослин, так і при їх зберіганні у сховищах. Спочатку на коренеплодах з’являються сірувато свинцеві підшкірні плями, які згодом заглиблюються і покриваються фіолетово-бурим повстяним нальотом. Пізніше на ньому з’являються дрібні численні крапки – псевдосклероції, спочатку вони червоно-фіолетового, пізніше чорного забарвлення. При ураженні коренеплодів під час вегетації рослин листки їх жовтіють, в’януть і відмирають. Уражені корені загнивають і рослина гине [525].

Збудником хвороби є гриб ***Helicobasidium purpureum*** **(Tul.) Pat'** (анаморфа: ***Rhizoctonia violaceae*** Tul.), біологічні і екологічні особливості якого описані за розгляду червоної гнилі коренеплодів столових буряків. В природних умовах повстяна гниль виявляється на понижених місцях, як правило, у вигляді осередків, у другій половині літа за умов надмірної

кількості опадів і підвищеної температури повітря. Частіше хвороба виявляється на ґрунтах, де застосовується вода. **Джерело інфекції** – уражені маточні коренеплоди і зараження ґрунт, в яких зберігаються псевдосклероції гриба. Первинне зараження відбувається ї полі, в період вегетації рослин, за рахунок інфекції, яка знаходиться в ґрунті. В період зберігання можливі повторні зараження [526].

Захисні заходи. Заходи ті ж самі, що й проти білої та сірої гнилей.

Борошниста роса. Зовнішні ознаки хвороби проявляються на листках, черешка: стеблах і суцвіттях у вигляді білого борошнистого нальоту. Пізніше на ньому з'являються чорні крапки – клейстотеції гриба. Уражені рослини стають шорсткими крихкими. Листки жовтіють і передчасно відмирають.

Збудником хвороби є гриб ***Erysiphe umbelliferarum*** dBy., який належить до штаму Ascomvcota, порядку Erysiphales. В циклі свого розвитку гриб формує конідіаль: – і сумчасте спороношення. Конідії циліндричні, одноклітинні, безбарвні, зібрані і ланцюжки. Клейстотеції округлі, з короткими придатка. Протягом вегетації рослин гриб поширюється: допомогою конідій. **Джерело інфекції** – уражені рештки, на яких гриб зберігастг. у формі клейстотеціїв. Первинне зараження рослин відбувається від сумкосі: вторинне – від конідій. **Шкідливість** хвороби виявляється у зменшенні асиміляції:поверхні рослин у результаті передчасного відмирання уражених листків, зниженні продуктивності [525].

Захисні заходи. Дотримання сівозміни, обприскування рослин фунгіцила ретельне видалення післязбиральних решток рослин і глибока зяблева оранка поля

Церкоспороз. Перші ознаки хвороби виявляються на моркві першого року вегетації в середині літа. На листках, нерідко з верхівкових часток, починають і з'являтися дрібні, 1-2 мм у діаметрі округлі або неправильної форми бурі плями. Пізніше центр плям світліє, а на межі здорової і ураженої тканин з'являється червоно-бура облямівка. Поступово плями збільшуються в розмірі, краї листків скручують, згодом відмирають. На черешках і стеблах насінників плями жовто-бурі або стають видовжені, трохи вдавлені. З нижнього боку листкової пластинки в місцях формувані плям утворюється сіруватий наліт, який складається із конідіального спороношення гриба.

Збудником хвороби є мітоспоровий гриб ***Cercospora carotae*** (Pass.) Kasn. В своєму циклі розвитку гриб формує конідіальне спороношення. Конідій зібрані в пучки, блідо-оливкові, прямі або дещо зігнуті, безбарвні, трохи булавоподібні, одноклітинні. Протягом вегетації рослин гриб поширюється конідіями. Особливо інтенсивне ураження хворобою відмічається з дощову похмуру погоду за температури 23-24 °С. Зберігається гриб на рослинних рештках у ґрунті і на насінні. **Шкідливість** хвороби виявляється в зменшенні асиміляційної поверхні рослин у результаті передчасного відмирання уражених листків, зниженні продуктивності хворих рослин. Недобір врожаю насіння досягає 15-30 % [527].

Захисні заходи. Дотримання сівозміни і просторової ізоляції між товарними посівами і насінниками та плантаціями інших селерових культур,

збір насіння лише здорових ділянок насінників, протруєння насіння, ретельне знищення післязбиральні решток.

Стемфільоз. Проявляється хвороба на всіх надземних органах рослин моркви – листках, стеблах, суцвіттях. На листках утворюються темно-бурі, інколи з концентричною зональністю плями, які покриті чорним сажистим нальотом Хворі листки засихають і відмирають. На черешках, стеблах і суцвіттях плями неправильної форми, темно-бурі, уражена тканина покривається суцільним чорним нальотом.

Збудником хвороби є мітоспоровий гриб ***Slemphyllium botryosunt*** (Neereavd)**.** Конідієносці темно-оливково-жовтувап, оагатокіптинт, з пухирчастими вдутими верхівками, поодинокі, шипуваті або бородавчасті, округло-квадратні до прямокутних, з легкими, перетяжками біля перегородок, оливково-коричневого забарвлення. Гриб уражує близько 50 видів рослин із різних родин, у тому числі капусту, цибулю, горох, квасолю, люпин, огірки, диню. У період вегетації поширюється конідіями. Мінімальна температура для росту гриба – 4°С, оптимальна – 20–23, максимальна – біля 35°С. Зберігається на рослинних рештках у ґрунті. Інфекція може передаватися з насінням. Дуже часто стемфільоз розвивається на моркві одночасно з альтернаріозом. **Шкідливість** хвороби полягає в зменшенні асиміляційної поверхні рослин, що призводить до зниження їх продуктивності. За висіву зараженого насіння проростки часто гинуть, не досягаючи поверхні грунту, за розвитку хвороби на насінниках насіння на них не утворюється або якщо і формується, то воно щупле, з низькою схожістю [525-527].

Захисні заходи. Всі заходи, які проводяться на моркві проти церкоспорозу, є ефективними і проти стемфільозу.

Мокра бактеріальна гниль. Хвороба проявляється на коренеплодах як у польових умовах, так і під час зберігання. Під час вегетації рослин на хвостовій частині коренеплоду з’являються водянисті плями, які, розростаючись, охоплюють значну його частину. Уражена тканина зморщується, мацерується, рослини в’януть і гинуть. Особливо інтенсивно хвороба розвивається в сховищах. Під час зберігання на поверхні головки коренеплоду або на кінчику кореня спочатку з’являються світло-коричневі, згодом темні водянисті плями, які швидко розростаються по всьому коренеплоду. На розрізі видно більш або менш глибокі осередки гнилі, які чітко відділені від здорової тканини. Уражена тканина втрачає тверду консистенцію, коренеплоди загнивають, стають слизистими і перетворюються на кашоподібну масу, яка має неприємний запах. Такі коренеплоди заражають здорові, що лежать поряд. Найбільш сприйнятливі до хвороби підв’ялені переохолоджені і механічно пошкоджені коренеплоди.

Збудником хвороби є широко спеціалізовані бактерії ***Erwinia carotovora pvcarotovora*** **(Jones) Bergey et ai,** морфологічні і біологічні особливості яких описані за розгляду мокрої гнилі картоплі, слизового бактеріозу ріпаку, капусти. Серед овочевих культур гриб уражує також селеру, петрушку, пастернак, цибулю, картоплю та ін. Зараження

відбувається через механічні пошкодження, які завдаються під час збирання врожаю та закладанні коренеплодів на зберігання у сховища. Інтенсивне загнивання коренеплодів спостерігається в теплу осінь, за раннього закладання мокрих коренеплодів у сховища, за високої вологості повітря і температури в сховищах вище 3°С. **Джерелом інфекції** є неперегнилі уражені рештки рослин і хворі маточні коренеплоди [527].

Захисні заходи. Всі заходи, які проводяться на моркві проти білої і сірої гнилей, є ефективними і проти мокрої бактеріальної гнилі.

Система заходів із захисту кукурудзи від хвороб включає організаційно-господарські, агротехнічні, хімічні та біологічні методи контролю [470, 503]. Особлива увага у захисті кукурудзи від хвороб зосереджується на агротехнічних заходах (оранка, культивація, розпушування міжрядь) та протруюванні насіння, а проведення фунгіцидних обробок в період вегетації явище доволі рідкісне [470, 476, 490, 528, 529].

Глибока оранка з полицями сприяє загортанню у ґрунт збудників хвороб, які знаходяться на поверхні або на рештках рослин, зменшує ураженість рослин сажкою, кореневими та стебловими гнилями у 1,5-2 рази [529-531]

Здійснення сівби в оптимальні строки та забезпечення гарної аерації у зоні проростання насіння суттєво зменшує кількість рослин кукурудзи уражених хворобами [87, 463, 482, 532]. За раннього строку сівби необхідно застосовувати передпосівну обробку насіння захисно стимулюючими речовинами та бактеріальними препаратами (інкрустація, дражування, капсулювання, інокуляція) [74, 476, 532, 533].

Для запобігання пліснявінню насіння, ураженню сажковими хворобами та для зниження пошкодження висіяного насіння, проростків та сходів ґрунтовими шкідниками слід дотримуватись оптимальних норм висіву та глибини загортання насіння, що визначені для кожної ґрунтово-кліматичної зони [470, 507, 509, 534].

Велике значення у боротьбі із хворобами має підбір попередників. Такі попередники, як озима пшениця, кормовий буряк, гречка сприяють очищенню ґрунту від збудників сажкових захворювань, а ячмінь і горох, навпаки, підвищують ураженість кукурудзи цими хворобами [81, 535].

Науково-обґрунтоване чергування культур у сівозміні сприяє зменшенню інфекції багатьох хвороб, оскільки частина збудників гине, не знайшовши рослини-господаря, а деякі відмирають унаслідок появи іншої мікрофлори в ризосфері рослин [470, 476, 494, 495, 503]. Конідії, хламідоспори, склероції та інші зачатки грибів, що викликають гнилі, чуттєві до фунгістатичної активності ґрунту, проростання і зараження рослини-господаря в звичайних умовах проходить під дією кореневих виділень кукурудзи.

Поля в сівозміні розміщують так, аби посів кукурудзи поточного року не був поряд із торішнім її посівом. Це зменшує поширення інфекції хвороб на нові посіви кукурудзи. Не слід також розміщувати посіви проса й могару (головчастого проса) поблизу посівів кукурудзи, оскільки це може викликати посилення розвитку бактеріозу на качанах унаслідок пошкодження їх хлібними клопами [476, 495, 503, 535].

Стійкість до стеблових та кореневих гнилей зумовлена частково

генетично, але основними причинами, що викликають ураження кукурудзи хворобами є погана якість насіння та недотримання технології вирощування та дощова погода [28]. Для розвитку більшості хвороб кукурудзи найсприятливішими умовами є велика вологість і помірні температури [479, 482].

Захист посівів кукурудзи від шкідників (насамперед від ґрунтових та кукурудзяного метелика і бавовникової совки) обмежує ураження рослин стебловими і кореневими гнилями та хворобами качанів, зокрема фузаріозом [28, 473, 482].

Одним із головних організаційних заходів захисту від хвороб є своєчасний збір урожаю та післязбиральне заорювання пожнивних решток, на яких зберігаються конідіальне і сумчасте спороношення та хламідоспори гриба. За оптимальних строків збирання кукурудзи відбувається розбиття пухирів (гал) сажок, які можуть перебувати в життєздатному стані до 3 років, і їх загортання в період збирання врожаю, що сприяє нейтралізації теліоспор. Завдяки цьому заходу ураженість у подальшому зменшується у 3-5 разів [470, 487, 503, 505]. Загортання рослинних залишків і їхнє посилене розкладання послабляє розвиток хвороби, тому що целлюлозолітичені бактерії, що розкладають рослинні залишки, здійснюють фунгістатичну дію на збудників стеблових гнилей.

Велике значення для боротьби з хворобами, особливо із сажковими має підготовка насіння до сівби – протруювання насіння перед посівом (видалення хворих насінин, сортування, калібрування), вилучення хворих, недорозвинених зерен. Препарати фунгіцидної дії захищають висіяне насіння, проростки та сходи від комплексу хвороб [36, 60, 68, 470, 494].

Дефіцит елементів живлення, екстремальні погодно-кліматичні умови суттєво підвищують схильність рослин кукурудзи до ураження хворобами [469, 494, 495]. Стеблові гнилі інтенсивно поширюються, якщо вміст азоту в ґрунті перевищує кількість калію [507, 509].

Стійкість рослин проти хвороб зростає після вапнування кислих ґрунтів [479]. Висока буферність ґрунту також підвищує стійкість кукурудзи до збудників кореневих та стеблових гнилей.

Оптимізація живлення рослин кукурудзи за рахунок внесення органічних і мінеральних добрив, особливо фосфорних і калійних, а також мікродобрив (сірчанокислий марганець і цинк) підвищує не лише адаптивні властивості рослин (холодостійкість), а і стійкість до хвороб (пухирчастої сажки, кореневих і стеблових гнилей) [28, 71, 495, 503, 536]. Це можна пояснити зміною хімічного складу тканин, співвідношенням окремих груп речовин (амінокислот, білка, жиру, крохмалю і мінеральних солей) яке відбувається під впливом засобів хімізації [28].

За нестачі калію спостерігається розвиток такої хвороби кукурудзи, як диплодіоз стебел [479, 481]. Азотні добрива (в оптимальних дозах) забезпечують зниження ураження рослин хворобами. При цьому ступінь їх впливу залежить від форми добрив. В боротьбі із пухирчастою сажкою, кореневими і стебловими гнилями доцільніше вносити азот у вигляді нітратної форми, а за імовірності розвитку пліснявіння проростаючого насіння і проростків, необхідно або взагалі відмовитись від застосування азоту, або, використовувати амонійну форму азоту.

[468, 470, 499, 503]. Надлишок азоту збільшує небезпеку ураження рослин кукурудзи пухирчастою сажкою [28, 52, 64].

Внесення марганцевих і цинкових мікродобрив підвищує стійкість до кореневих і стеблових гнилей. Бор забезпечує стійкість до хвороб [28, 39].

Один із резервів збільшення валового зборів кукурудзи, моркви та буряка столового є ліквідація втрат і недоборів зерна через фітофагів [35, 470, 471, 537]. Серед низки чинників, що перешкоджають реалізації потенційної продуктивності сучасних гібридів у межах 80-85 %, на частку шкідливих організмів припадає від 33-35 % до 50 % і більше, або втрати в середньому сягають близько 3 т/га зерна [470, 538].

Шкідники сходів (ґрунтові і наземні) можуть зменшити густоту стояння рослин на 4-10 % і більше, ґрунтові шкідники вегетуючих рослин – на 15-30 %, шкідники стебел і генеративних органів – на 7-24 %. Ці показники наведені для років підвищеної чисельності або спалаху масового розмноження того чи іншого виду фітофагів, тобто для підвищеної чисельності одного-двох видів, коли інші перебувають у депресивному стані [28, 470, 539].

Шкідники можуть бути переносниками збудників хвороб, а осередки пошкоджень – місцями інфекції [472].

Порівняно з іншими культурами кукурудза менше пошкоджується хворобами і шкідниками [74, 539].

Нна території України кукурудзу пошкоджують від 190 до 400 видів комах [491]. До найбільш поширених та небезпечних належать 22 види. Переважна більшість шкідників – це багатої дні (різні види коваликів – темний, посівний, смугастий та інші; чорниші – мідляк кукурудзяний, широкогрудий, кукурудзяний стебловий метелик; попелиці – звичайна злакова, соргова або кукурудзяна, волохата кукурудзяна), що є домінантними у різних зонах [469, 472, 540-542]. На разі до спеціалізованих видів добавився новий для України карантинний вид – західний кукурудзяний жук, до напівспеціалізованих – південний сірий довгоносик [541].

Одночасно з інтенсивним потеплінням у першій половині 90 років XX ст. розпочалась дестабілізація фітосанітарного стану агроценозів, який сформувався впродовж попередніх десятирічь. Збільшилися в 1,5-2,0 рази багаторічні середні показники чисельності основних комах шкідників [476, 543].

Всі шкідники кукурудзи можна розділити на шкідники листя, зерна та рослини в цілому [539, 544].

На початку вегетації сходам кукурудзи шкодять ґрунтові шкідники (дротяники, несправжні дротяники, личинки хрущів, гусениці підгризаючих совок). У Північному Лісостепу зрідження від дротяників, підгризаючих совок сягало 2-6 % [476, 487, 491]. В умовах затяжної холодної весни шкодочинність ґрунтових шкідників значно більша. З настанням сухої та спекотної погоди личинки мігрують в нижні шари ґрунту й піднімаються у верхні шари лише за сприятливих умов [545].

Після фази 5-7 листків і до кінця вегетації найбільшої шкоди посівам кукурудзи завдають бавовникова совка, попелиці та стебловий кукурудзяний метелик, які пошкоджують стебло та качани (вигризаючи зерно в качанах) [469,

489, 497-498, 546, 547]

Стебловий (кукурудзяний) метелик – найпоширеніший та найнебезпечніший шкідник кукурудзи всіх термінів достигання та усіх регіонів (агрокліматичних зон) вирощування в Україні [68, 471, 498], де складаються найсприятливіші гідротермічні умови для розвитку і розмноження фітофага (ГТК 1,1-1,6), або середньодобова температура в червні-серпні від +20 °С до +28 ºС, а кількість опадів за цей період – понад 200 мм [487, 490, 498, 542, 548, 549].

Протягом останніх років кукурудзяний метелик заселяє у лісостеповій зоні 67-91 %, у степовій та поліській – 60-100 % площ посіву кукурудзи [551, 552]. Якщо на кінець дев'яностих років XX століття, продуктивність кукурудзяних агроценозів могла знижуватись на 5-7 %, а як максимум – на 12-15 %, то нині втрати можуть становити 20-25, а інколи більше 50 % [470, 471, 497, 551].

Причиною збільшення шкодочинності стеблового метелика є зростання посівних площ кукурудзи (до 5,5 млн. га у 2021 році та 4,6 млн. га у 2022 році) [2, 159, 532].

Ознаки пошкодження рослин кукурудзи цим шкідником проявляються у вигляді подовжених смуг на листі – слідів вигризання тканин листя гусеницями, а на стеблах, качанах і волотях кукурудзи – у вигляді округлих отворів із ходами гусениць всередині рослини [497]. Сильне пошкодження качанів кукурудзяним стебловим метеликом на ранніх етапах розвитку призводить до їх загибелі, за пізнього пошкодження – недорозвиваються й спотворюються [471, 553, 554]. Якщо ніжку качана пошкоджено на пізніших етапах розвитку, качан обламується. Пошкоджені стебла і качани у вітряну погоду надламуються і падають, що підвищує втрати врожаю до 40 % і більше [81, 554, 555].

Шкодочинність стеблового метелика зумовлена не лише кількістю пошкоджених рослин, а й характером цих пошкоджень. Гусениці перегризають судинно-волокнисті пучки стебел, порушуючи таким чином живлення рослин, спричиняючи затримку цвітіння і зменшення розмірів листків та міжвузлів, через пошкоджену волоть погіршується запилення [471, 498]. Якщо ходи і камери гусениць охоплюють більшу частину кільця судинно-волокнистих пучків, то у місцях пошкоджень провідні пучки розриваються, що порушує надходження поживних речовин до качанів, сильно пошкоджені стебла легко ламаються на рівні 2-3 міжвузля, через те що перше міжвузля вкорочене і низько розташоване, а качани поникають. У разі пошкодження качанів знижується врожай зерна та його якість, підвищується ураженість качанів збудниками фузаріозу, сірої гнилі, цвілі та пліснявіння качанів [471, 498, 551, 553].

Стебловий метелик пошкоджує біля 50 видів культурних рослин (просо, сорго, перець, коноплі, бавовник, хміль рідше соняшник, люпин, картоплю, горох, конюшину і сою та ін.) і понад 100 видів диких рослин (великостеблові бур'яни – полин звичайний, щириця, будяк, куряче просо, дурман, амброзію полинолисту та ін.) [476, 486, 556, 557].

Зимують гусениці у стеблах і стрижнях кукурудзи, стеблах коноплі, проса і бур'янистих великостеблових рослин. До часу збирання кукурудзи гусениці переміщуються в нижню частину стебла де і зимують. Навесні за температури +15-16 °С або на початку червня заляльковуються. Розвиток лялечок триває 10-

25 днів до 4-7 тижнів [28, 35].

Виліт метеликів розпочинається, коли температура ґрунту на глибині 10 см досягає +15-16 °С, а середньодобова температура повітря – +18-20 °С. Початок масового льоту спостерігається за суми ефективних температур 260-270°С і порогу розвитку +15,5 °С. Метелики літають до листопада, літ різних поколінь. Для розвитку статевої репродукції метеликам потрібне додаткове живлення нектаром і краплинна волога на квітучих рослинах протягом 3-4 діб. Метелики активні і живляться із настанням сутінок, на світло летять слабо [548, 552].

Через 3-5 днів після вильоту із лялечок самиці відкладають яйця, розмішуючи їх купками по 15-20 шт. із нижньої частини листків, це припадає на фазу 6-10 листків. Плодючість самиць залежно від умов у період розвитку – знаходиться в межах від 100 до 1200 шт., в середньому – 25-400 шт. Через 3-13 діб із яєць відроджуються гусениці. Оптимальні умови для ембріонального розвитку: температура +18-28 °С, відносна вологість повітря більше 70 %. Після відродження гусениці деякий час живуть на поверхні рослин (1-2 години, а за деякими даними до 3-4 днів) і живляться паренхімою а потім через піхву листків проникають у пазухи листків, черешки, волоть, заглиблюючись у стебла, де і розвиваються близько місяця та зимують. Гусениці молодих поколінь дуже рухомі та здатні мігрувати не тільки на одній кукурудзі, а і з рослини на рослину. Гусениці метелика прогризають ходи у стеблах, ніжках качанів, волотях, пошкоджують листки, качани, зерно. Температурний оптимум для розвитку гусениць – +23-28 °С, нижній поріг відносної вологості повітря – 80 %. Розвиток гусениць триває 13-58 діб [64, 545, 552, 558, 559].

Самиці кукурудзяного стеблового метелика відкладають яйця на рослини кукурудзи, які мають найвищий вміст цукрів, а у межах рослини вибирають самі цукристі листки. В цьому можуть проявлятись елементи неспецифічної стійкості рослин кукурудзи до пошкодження личинками стеблового метелика [560].

Гусениці першого покоління заселяють переважно верхню частину рослини, в старшому віці утримуються в середній частині стебла. Закінчення живлення та переміщування гусениць у нижню частину стебла «пеньок» на зимівлю відбувається з середини вересня [551, 555].

Метелики першого покоління літають з початку червня до середини липня, другого – з кінця серпня до середини вересня [490]. Метелик має розмах крил 26-32 мм, з чітко вираженим диморфізмом. У самки передні крила біло-жовті або світло-коричневі з двома поперечними хвилястими лініями, задні крила світліші. У самців передні крила світло-коричневі або бурувато-сірі з блідо-жовтими смужками, а задні – зі світлим обідком посередині [81, 87, 555].

У зонах Полісся та Лісостепу кукурудзяний (стебловий) метелик розвивається в одному поколінні (окремими сприятливими роками буває друге, факультативне), а в умовах Степу можлива й друга генерація. При цьому пошкоджує листки, стебла, волоть, качани, зерно [476, 498, 542, 561, 562].

Стійкість до пошкодження кукурудзяним стебловим метеликом залежить від групи стиглості гібриду, вирощування ранньостиглих гібридів кукурудзи, у зонах розвитку двох поколінь, дозволяє уникнути пошкодження гусеницями кукурудзяного метелика другого найбільш шкодочинного покоління

шкідника [563] В зв’язку із цим, в зоні Лісостепу найбільше пошкоджуються стебловим метеликом гібриди кукурудзи із ФАО<300 [561]

Механізм стійкості гібридів до пошкодження стебловим метеликом криється, як у комплексі морфологічних ознак рослини (товсте, сильно лігніфіковане стебло тощо), так і в особливостях фенологічних коадаптацій гібридів різних груп стиглості [561, 564, 565].

Пошкодження гібридів кукурудзи є біологічним показником, який характеризує кожен конкретний біотип на стійкість до ураження шкідниками та хворобами [51, 60, 472]. Стійкість кукурудзи до кукурудзяного стеблового метелика має полігенну основу і є частиною адаптивної системи рослин [28, 35].

Боротися зі стебловим кукурудзяним метеликом досить важко через те, що складно визначити оптимальний строк обприскування за досить розтягнутого періоду вильоту метелика (впродовж 45 днів) та прихованому способі життя гусениць, що робить малоефективним використання хімічних засобів. Тому в посівах кукурудзи одночасно зустрічається гусінь старших і молодших віків [68, 497, 549].

Застосування інсектицидів проти стеблового кукурудзяного метелика необхідно проводити через 2-3 неділі після початку льоту метеликів або під час масового їх льоту, до того коли гусениці проникнуть в середину стебла [490, 542].

Початок цвітіння кукурудзи зазвичай збігається із початком його льоту і відкладання яєць, а дозрівання яєць зазвичай відбувається протягом одного тижня, тобто пошкоджує рослину на X-XI етапах органогенезу (молочна стиглість зерна [68, 471, 476, 557]. Через це обробку посівів проти стеблового метелика повинна проводитись у червні – на початку липня (у період викидання волоті кукурудзи) [467, 556].

Для початку яйцекладки метелики потребують крапельно-рідинну вологу. ЇЇ дефіцит та прохолодне літо викликає діапаузи гусениць, затримує процес заляльковування, зменшує плодючість метеликів і забезпечує безпосередню загибель яєць і гусениць першого віку. Фізіологічна підготовленість стеблового метелика в дані роки до зимівлі різко погіршується, так як частина популяції не встигає закінчити свій розвиток до настання холодів і приречена на загибель. Під час перезимівлі гусениці здатні тривалий час витримувати низькі температури [542, 566].

Різкі зміни чисельності метелика зумовлені погодними умовами: велика кількість опадів сприяє масовому розмноженню шкідника [498], суха погода та підвищення температур (+30 °С і вище та за вологості 30%) яйцекладки та молоді гусені всихають і гинуть [467, 476, 487]. Масові розмноження стеблового метелика циклічні. Підвищення температури повітря, теплі зими сприяють кращій перезимівлі шкідників [518, 554, 567]. Заливні дощі викликають загибель гусениць стеблового кукурудзяного метелика.

Зростання суми ефективних температур за рахунок зміни клімату вплинуло на взаємовідносини в системі комахи-фітофаги – рослини живителі, які регулюються речовинами вторинного метаболізму рослин [477, 568]. Динаміка синтезу цих речовин в більшій мірі пов’язана із погодними умовами [543, 569].

Потепління клімату оптимізує характеристики екологічних чинників довкілля для комах, сприяє їх розмноженню та поширенню. Саме такі процеси і відбулися в Україні: після тривалої депресії (майже 70 років) було зареєстровано спалах масового розмноження саранових, збільшились популяції озимої совки, лучного метелика та інших фітофагів. За умов подальшого потепління клімату слід очікувати суттєвих загроз загальному різноманіттю ентомофауни, яка виконує провідну роль у забезпеченні екологічної стійкості агроландшафтів [568].

Подовження сезону вегетації в умовах потепління може призвести до дисбалансу коадаптації, що вплине на стійкість рослин та шкідливість комах. Так за збільшення вуглекислого газу в атмосфері процес фотосинтезу уповільнюється. Внаслідок цього рослини синтезують менше протеїнів, якими живляться комахи. Для підтримання трофічного балансу комахами повинні з'їдати більше рослинної маси [28, 159].

Всі комахи є пойкілотермними істотами, тому глобальне потепління клімату сприяє їх поширенню та активному розмноженню. Вчені вбачають загрозливу ситуацію у збільшенні інтенсивності поширення комах в агроценозах, оскільки ентомофауна виконує важливу роль у стабілізації агроекосистем [561, 570].

Монокультура та відсутність систематичної боротьби зі стебловим метеликом сприяє його накопиченню. Тоді навіть у разі вжиття належних заходів можливий спалах розвитку і, як наслідок, пошкодження культури на 30 % і більше [476, 571, 572]

Для зниження пошкодженості кукурудзи кукурудзяним метеликом, застосовують посіви її смугами із соєю. За пошкодження кукурудзи на суцільному посіві – 41,0 %, у смугах з 8 рядків кукурудзи і 8 рядків сої пошкодженість становила 34,2 % і 6 рядків тієї та іншої культури – 22,7 % [28, 35].

Економічний поріг шкодочинності стеблового метелика для кукурудзи на зерно становить 60-80 гусениць на 100 рослин, наявність кладок яєць на 15-24 % рослин за одночасного виявлення гусениць чисельністю 1-2 екз. /рослину у фазі шести-восьми листків і викидання волоті кукурудзи або п'яти кладок яєць на 10 рослин через два тижні після піку льоту метеликів [68, 557, 573], або 5-6 гусениць/м^2 [542, 545].

Крім стеблового метелика посівам кукурудзи значної шкоди завдає бавовникова совка [558, 571], ранніх етапах завдають озима совка, дротяники, личинки хрущів, шведська муха [571].

Бавовникова совка (Helicoverpa armigera Hb., ряд лускокрилих – Lepidoptera, родина совки – Noctuidae) розвивається в двох-трьох поколіннях. На відміну від кукурудзяного метелика за сприятливих умов дає 4-5 поколінь [497, 552]. В Україні найчастіше пошкоджує кукурудзу та соняшник у степовій і лісостеповій зонах [532, 548].

В умовах прямої сівби шкодочинність бавовникової совки та інших листогризучих совок зростає, що пояснюється більшою кількістю бур'янів, які є осередком розвитку і джерелом поживних речовин для гусениць шкідника до

настання фази формування зерна [487, 530, 574]

Протягом останніх років у степовій частині України спостерігається масове розмноження бавовникової совки, яка на 90 % пошкоджує рослини, що викликає втрати врожаю до 10 %. Більшість районованих гібридів кукурудзи схильні до пошкодження бавовниковою совкою [545].

Окрім кукурудзи совка пошкоджує близько 120 видів рослин, серед яких, коноплі, бавовник, томати, тютюн, нут, сорго, гарбузи, кабачки, квасоля,соя, горох, люцерну, перець, капусту, цибулю, квасолю, арахіс, соняшник, плодові (яблуню, грушу, сливу, персик) та ін., охоче живиться на бур'янах – пасльоні чорному, щириці, блекоті, дурмані тощо [497, 548]

Гусениці І покоління живляться на бур'янах, а ІІ-ІІІ – в посівах кукурудзи. За сприятливих умов перезимівлі, задовільного зволоження навесні, наявності нектароносів шкідливість їх спостерігається повсюдно [470, 548, 574].

Гусениці першого віку пошкоджують верхівкове листя кукурудзи, томатів, люцерни; з другого віку переходять на живлення генеративними органами: пошкоджують нитки качанів, зерна кукурудзи, бутони, квітки, зав'язі і плоди томатів, тютюну, боби й насіння нуту молоді, коробочки бавовнику тощо [64, 497, 548].

Гусениці совок після першої линьки починають пошкоджувати зерно, виїдаючи його вміст, не поглиблюючись в середину стебла та качанів. У плодах вони вигризають чималі й глибокі ямки неправильної форми. У цей період гусениці постійно живуть на качанах, під обгорткою. Згодом вони виходять із під обгорток і заляльковуються в поверхневому шарі ґрунту. У місцях пошкодження гусеницями на качанах утворюються проходи й камери, де за дощової погоди розвиваються плісняві гриби, які уражують і здорові зерна [487, 497, 498]

Шістнадцятиногі гусениці бавовникової сови мають тіло вкрите дрібними чорними шипиками [498]. Фаза перед-лялечки триває влітку 2-3 доби, фаза лялечки -10-15 діб. Увесь цикл розвитку совки влітку в середньому становить 25-40 діб [548, 552].

Велике значення, для виживання лялечок протягом зимово-весняного періоду, має волость і температура ґрунту, різкі коливання температури промерзання ґрунту за підвищеної вологості викликають загибель лялечок, які зимують. Тепла, з достатньою кількістю опадів весна зумовлює розвиток квітучих нектароносів, сприяє живленню самок, які відкладають у такі роки дуже багато яєць, а згодом живленню гусениць [548]. Суха жарка погода, нестача опадів сприяють висиханню кладок яєць. В таких умовах спостерігається також передчасне висихання рослин кукурудзи та доживлення гусениць на томатах і перці [558].

Метелик у розмаху крил від 30 до 40 мм. Передні крила сірувато-зелені з домішками рожевих або зеленуватих відтінків. Кругла і ниркоподібні плями, часто нечітко виражені, темно-сірого кольору. Задні крила більш світлі з бурою смугою по зовнішньому краю і темною місяцеподібною плямою посередині [28, 64]. Виліт метеликів із лялечок починається за температури +15-16 ºС. Метелики літають з середини червня до вересня місяця. Самки відкладають яйця по одному, рідше два-три на листки і генеративні органи. Плодючість до 2700 яєць.

Ембріональний розвиток триває від 2 до 12 днів [552].

На відміну від стеблового метелика, гусениці бавовникової совки наприкінці живлення (через 13-22 дні) залишають рослини і заляльковуються в ґрунті (на глибині до 10 см), а не в рослинних рештках, тому важливим агротехнічними заходами у цьому разі є глибокий полицевий обробіток та міжрядні обробітки під час догляду за посівами, які практично повністю знищують лялечки в ґрунті [497].

Для бавовникової совки II та III генерації ЕПШ – заселеність качанів – понад 5 %, або 2 особини/м^2 [87].

Озима совка (Agrotis segetum schiff) – багатоїдний шкідник, шкоду завдають гусениці совки, які зимують в орному шарі ґрунту на глибині 10-20 см, з розмахом крил 40-45 см. Вони пошкоджують висіяне насіння, бічні корені, листки і навіть качани [471]. Метелики літають тільки в сутінках і вночі. Самка відкладає яйця на нижню сторону листків бур'янів (до 2250 шт.). Через 6-12 днів відроджуються гусениці, які спочатку живляться на бур'янах, потім переходять на посіви кукурудзи картоплі, і інших культур [28].

Гусениці совки першого і другого покоління підгризають біля поверхні ґрунту молоді стебла кукурудзи і проникають в них, виїдаючи їх внутрішню частину. Верхня частина таких рослин в'яне і всихає, внаслідок чого вони утворюють пасинки і гинуть. Гусениці старших поколінь підгризають стебло в основі та бокові корені. Пошкоджені рослини вилягають, що ускладнює збирання врожаю. Пізні строки сівби підвищують шкодочинність озимої совки [74].

Шведська муха має переважно шкодочинність на півдні України, на середньостиглих гібридах (у середньому до 5 % рослин). Якщо пошкодження відбулося в період сходи - третій листок, то центральний листок в'яне й рослина гине. Для запобігання розповсюдженню злакових мух необхідний високоякісний обробіток ґрунту після збирання врожаю, вчасне знищення бур'янів і просторова ізоляція від інших зернових культур [28, 35, 487].

Шведські мухи найбільшу небезпеку для кукурудзи створюють на ранніх етапах розвитку. До часу проростання кукурудзи ранні зернові культури вже не приваблюють мух, вони шукають молодші проростки, якими у цей час є сходи кукурудзи. За швидкого росту стебла кукурудзи силою свого росту виштовхують личинок назовні, проте в разі повільного розвитку рослин, які пригнічуються, наприклад, весняною засухою, в пошкоджених рослин деформується листя, спостерігається загибель головного стебла і, як наслідок, сильна кущистість рослин. ЕПШ сходів кукурудзи від шведських мух за чисельності 30 мух/100 помахів сачком, або пошкодження 15 % рослин [545].

Пошкоджені рослини кукурудза шведською мухою сильно уражуються сажковими хворобами, а в роки з вологою погодою – бактеріозом [487, 545].

Попелиці. Кукурудзу пошкоджує багато видів попелиць, шкодочинність їх проявляється протягом всього вегетаційного періоду. За живлення попелиць на рослинах порушуються процеси асиміляції і живлення. Тканини в місцях утворення колоній знебарвлюються, жовтіють, згодом всихають. За сильного заселення попелицями затримується ріст рослин і рослини запізнюються з

викиданням волоті, не повністю запліднюються. Пошкодження попелиць сприяють проникненню збудників хвороб, окрім того, самі попелиці є переносниками вірусних хвороб. Пошкоджені рослини знижують продуктивність, зерно в них формується щуплим [64, 487].

Рослинам кукурудзи найчастіше завдають шкоди зелена та коричнева, а також різні види злакової попелиці. Зустрічаються також випадки ураження чорною буряковою попелицею [64].

В період між початком збирання озимих та ярих колосових злаків посіви кукурудзи інтенсивно заселяють крилаті розселювачки попелиць, трофічно пов'язані зі злаковими культурами. Переважно колонії попелиць починають утворюватись у період викидання волоті [555]. Шкідник розповсюджується, в основному, в сухі, теплі роки на різних ґрунтах [64, 555].

Виникають осередки з чисельністю попелиць на рослину від кількох сотень до незліченної: якщо так відбувається до викидання волоті, слід проводити хімічні обробки (за появи колоній попелиць на 20 % рослин, або заселення понад 200 екз./ рослину). Ефективними заходами профілактики є вчасна зяблева оранка, внесення комплексних добрив, сівба культури в оптимально ранні терміни. Поширення та шкідливість злакових попелиць залежить від агрокліматичних умов і заходів захисту, які проводять на посівах [487, 545].

Діабротіка або **західний кукурудзяний жук** – за рік розвиває одну генерацію. За характером живлення західний кукурудзяний жук вважається олігофагом. Шкодять як личинки, так і жуки. Личинки відроджуються в другій половині травня (за температури ґрунту понад +11 °С) і живляться виключно корінням кукурудзи, що призводить до значного зменшення кореневої маси та вилягання рослин; імаго – пилком, приймочками, приймочками, зерном та листками кукурудзи [64, 470, 575].

Личинки білі з темно-коричневою головою і грудним щитком [87]. Жуки 4-5 мм завдовжки блідо-зеленувато-жовтого забарвлення з трьома темними поздовжніми смужками на надкрилках у самок. З'являються на посівах у період викидання волоті у кукурудзи [28, 81].

Західний кукурудзяний жук не поширюється насінням кукурудзи. На величину втрати врожаю, спричиненою кукурудзяним жуком, впливає багато факторів (гібрид, погода, ґрунтові умови тощо) [64].

Великої шкоди сходам кукурудзи завдають птахи, які видзьобують молоді паростки і можуть спричинити зрідження посівів на 10-15 % [491].

Шкідники буряка столовго. Останніми роками фітосанітарний стан на бурякових полях ускладнився зростанням чисельності багатьох фітофагів, які щорічно пошкоджують посіви. У посівах буряків столових в Україні зареєстровано більш як 250 видів шкідників. З них до найбільш небезпечних належать 43 види, які спричиняють різні пошкодження протягом вегетаційного періоду, внаслідок чого посіви зріджуються, врожай знижується, якість його погіршується. Шкідливість їх визначається погодними умовами весняно-літнього періоду та знижується комплексом заходів, які направлені, у першу чергу, на попередження масового

накопичення фітофагів [576].

Буряк столовий пошкоджує велика кількість шкідників, що належать до різних класів, рядів і родин, які впродовж вегетації вони спричиняють різноманітні типи пошкоджень рослин: виїдають висіяне насіння та паростки, пошкоджують сходи і надземну частину вегетуючих рослин, коренеплоди [526, 577].

До ґрунтових шкідників, що пошкоджують висіяне насіння, паростки, підземну частину стебел, корені й коренеплоди, належать: бурякова крихітка, личинки коваликів, чорнишів, пластинчастовусих, звичайний буряковий довгоносик, гусениці підгризаючих совок, коренева бурякова попелиця та ін. [578].

Сходи пошкоджують сірий буряковий довгоносик, блішки, щитоноски, піщаний мідяк, що призводить до загибелі посівів, а також значних втрат і зниження якості урожаю [579, 580].

До групи, що пошкоджують надземну частину вегетуючих рослин належать: личинки і жуки мертвоїдів, щитоносок, бурякова листкова (бобова) попелиця, личинки бурякової мінуючої мухи, гусениці лучного метелика, мінуючої молі, листогризучих совок та ін. Вивчення біології, екології, етіології шкодочинних об’єктів з подальшим описом протягом тривалого періоду проводили багато дослідників [581-584].

Одними з найбільш небезпечних грунтових комах, що значно шкодять бурякам столовим на початку їх вегетації є **ковалики**, а саме їх личинки – дротяники (родина Elateridae, ряд твердокрилі або жуків – Coleoptera), які пошкоджують підземні частини рослин. За даними літератури в Україні нараховується 171 вид родини коваликів, з яких у Поліссі поширені 60, Лісостепу – 82, степовій зоні – 51, Карпатах і Закарпатті – 129, а у гірському Криму – 50 видів. На орних землях зустрічається близько 40 видів, із яких 23 є шкідниками сільськогосподарських культур [585].

Найбільш поширеними видами коваликів в зоні Полісся України є смугастий (*Agriotes lineatus* L.), блискучий (*Selatosomus aeneus* L.) та темний (*Agriotes obscurus* L.). **Ковалик смугастий** – звичайний вид у Поліссі, Лісостепу і Карпатах, а також у Криму та прибережних смугах степових річок. **Ковалик темний** поширений повсюдно, але найбільш чисельний у горах Карпат, в Західному Поліссі та Північному Лісостепу. **Ковалик блискучий** – в Поліссі та Лісостепу. Пошкоджує різноманітні сільськогосподарські культури, особливо кукурудзу, картоплю, овочеві.

За характером живлення коваликів відносять до поліфагів. Серед них розрізняють види, яким властива фітофагія, сапрофагія, некрофагія та хижацтво. По відношенню до роду Agriotes вони є лише факультативними фітофагами, здатними до сапрофагії за достатньої вологості ґрунту. Разом з тим личинки першого віку цього роду належать до сапрофагів, а перейшовши у старші віки, вони стають виключно фітофагами [583].

У **коваликів** (**смугастого**, **темного** і **блискучого**) зимують жуки і личинки в грунті. Жуки значної шкоди не завдають; вони виходять на поверхню ґрунту в квітні-травні. Для них необхідне додаткове живлення, при

цьому вони поїдають листки злаків, конюшини, пелюстки квіток, квітковий пилок, а жуки блискучого ковалика об'їдають пагони молодих сосен на узліссях біля полів. Самиці після спаровування відкладають яйця купками по 3-5 штук у ґрунт на глибину 3-5 см (150-200 яєць). Через 20-30 днів відроджуються личинки (дротяники). Таку назву вони отримали за подовжене тверде тіло жовтого або коричневого забарвлення, що нагадує шматочки дроту.

Розвиток личинок триває 3-5 років. Впродовж свого розвитку линяють 9-11 разів і перед кожною линькою адсорбують 14-30 % води від маси тіла. За температури нижче +9 °С розвиток дротяників не відбувається. Починаючи з другого року життя личинки можуть завдавати значної шкоди культурним рослинам: пошкоджують сходи, підземну частину стебла молодих рослин, вгризаються у вузол кущення, відгризають корінці та виїдають проростаюче насіння. Слабо заселеними в нечорноземній зоні вважаються ґрунти в яких нараховують до 5 личинок на м^2, середньо – 6-15, сильно – понад 15 личинок на м^2. Закінчивши живлення личинки перетворюються в лялечку в ґрунті, і вже через 2-3 тижні з'являються молоді жуки, які там же залишаються на зимівлю

У пошуках сприятливих умов (температура ґрунту + 20 °С, вологість 50-60 %) і їжі ці комахи здійснюють вертикальні і горизонтальні переміщення проходячи за добу у розпушеному ґрунті відстань до 1 м [586].

Слід зазначити, що міграція дротяників також може бути спричинена екологічними і фізіологічними чинниками, наявністю їжі в ґрунтових горизонтах. За наявності достатньої кількості їжі і вологи у субстраті дротяники не здійснюють міграцій у горизонтальних напрямках.

Одним із головних чинників, що спонукають комах до вертикальної міграції є температура ґрунту весною і восени. За даним В. П. Федоренка, початок осінньої міграції відбувається за зниження температури у верхньому шарі до +7-9 °С. Деякі автори пояснюють міграцію дротяників зональними умовами: висотою стояння ґрунтових вод і висотою снігового покрову. Так, в місцях, де ґрунтові води підходять близько до поверхні ґрунту, а висота снігового покрову велика, личинки зимують в 20-30 см горизонті. Малосніжні зими спонукають їх до більш глибоких міграцій 50-60 см [587].

Вивчаючи біологію коваликів встановивлено, що у літній період дротяники після дощів зазвичай піднімаються до верхніх, а в суху спекотну погоду опускаються до глибших з більш низькою температурою і більшою вологістю горизонтів ґрунту. Восени з пониженням температури, дротяники мігрують на глибину 50 см. У літній та ранній осінній періоди вертикальна міграція дротяників значно залежить від вологості ґрунту. Личинки коваликів рухаються, переважно, у верхніх орних горизонтах, а весною у період повних сходів, що співпадає з їх значним зволоженням – у шарі 10-15 см.

В.П. Федоренком та іншими науковцями встановлено, що личинки коваликів розподіляються по горизонтах ґрунту таким чином: 0-15 см – 13 %, 16-30 см – 37 %, 31-45 см – 25 %, 46-60 см – 12 %, 61-80 см – 4 %, 81-

100 см – 6 %, 101-120 см – 3 %, при загальній щільності дротяників 18,9 екз./м^2 [587].

Важливу роль екологічних хеморегуляторів в видовій конкуренції коваликів відіграють їх статеві феромони. Антропічний вплив і взаємодія симпатричних видів під дією феромонів дають деякі пояснення специфіки формування популяцій коваликів, домінуванню щільності популяції одного виду над іншим, характеру і просторовому розселенню в результаті порушення сигнальної комунікації у конкуруючого виду. Ці дослідження можуть бути враховані при розробці екологічних методів блокування розмноження шкідливих видів коваликів [588].

Згідно досліджень вчених, характер і ступінь пошкодження рослин залежить від видового і вікового складу дротяників і особливо проявляється в посушливі роки, що іноді може призвести до необхідності пересіву. Інтенсивність пошкодження насіння і молодих рослин навіть при стабільній чисельності дротяників неоднакова і змінюється по роках в одній і тій же місцевості. Однією із причин є характер весняного потепління і швидкість прогрівання ґрунту. В умовах затяжної, прохолодної весни, що обумовлює затримку сівби культур, шкодочинність дротяників значно менша, ніж в умоваххкороткої інтенсивної весни з ранніми строками сівби.

Як відмічає В.Т. Саблук, найбільш інтенсивне пошкодження сільськогосподарських культур дротяниками відбувається у роки, коли в популяції переважають личинки старших віків, які інтенсивно живляться перед заляльковуванням. Якщо такі роки збігаються із сприятливими для личинок коваликів погодними умовами, дротяники створюють реальну загрозу для сільськогосподарського виробництва [582].

Найбільшої шкоди завдають посівам буряків на полях, де попередником були багаторічні трави, кукурудза та на забур'янених пирієм повзучим [589].

Великої шкоди молодим рослинам буряків у середині 80-х років минулого століття завдавали дротяники у Рівненській, Львівській, Черкаській та ряді інших областей. У фазі 2-х пар листків на окремих полях нараховували біля кожної рослини від 3-5 до 9-12 личинок коваликів, які у цей період мігрували з нижніх шарів ґрунту й атакували сходи з усіх боків, знищуючи їх інколи за лічені години. Зберегти посіви за цих умов практично було не можливо [585, 590].

Найшкідливішими представниками родини довгоносики (Curculionidae) ряду Coleoptera є звичайний, сірий і чорний бурякові довгоносики.

Звичайний буряковий довгоносик (*Asproparthenis* (*Bothynoderes*) *punctiventris* Germ) вперше описаний в 1974 році Германом під назвою *Lixus punctiventris*. На території України його виявлено у 40-х роках XIX ст., перші ж повідомлення про нанесення ним шкоди опубліковані у 1851 році у журналі Міністерства внутрішніх справ [591].

Звичайний бурякового довгоносика, як найбільш масовий і шкодочинний вид на посівах цукрових буряків, протягом останніх десятиліть вивчали надзвичайно ретельно багато дослідників. Шкідник поширений у

лісостеповій і степовій зонах Європи, Казахстану, Алтайського краю, Криму, а також в Румунії, Угорщині, Югославії, Болгарії, Австрії, Польщі, Німеччині, Туреччині, Китаї, на Синайському півострові, на Балканах, у Малій Азії і т.д. В Україні поширений у центральних, південно-західних і східних областях [577].

Біологію звичайного бурякового довгоносика вперше вивчав Ф.Х. Штос. Шкідник розвивається в одному поколінні. Згідно літературних джерел, повнийцикл розвитку довгоносиків від яйця до імаго триває від 65 до 168 діб (усередньому 116,5 діб).

Зимують жуки переважно на минулорічних бурякових полях в ґрунті втих самих печерках, що відродилися на глибині 15–45 см, але після холодного

та дощового літа і при ранньому настанні холодів зимують частково личинки і лялечки. За таких умов більша їх частина гине від низьких температур і ураження збудником грибного захворювання (мускардинозу). Окремими роками значна частина їх (до 15 %) діапазує і виходить з ґрунту через 2-3 роки. Окрім того, розвиток довгоносика може відбуватися на лободових бур'янах за межами бурякового поля. В теплу осінь частина жуків виходить на поверхню, а за настання холодів знову ховаються в ґрунт [592].

Легкі, вилужені чорноземи, повітропроникні й швидко прогріті навесні ґрунти сприятливіші для розвитку шкідника, ніж важкі глинисті, в яких личинки та лялечки масово гинуть від хвороб.

Вихід жуків з ґрунту після зимівлі починається при прогріванні ґрунту на глибині залягання до +7…+10 °С і триває не менше 20 діб. За підвищення температури до +18…+20 °С спостерігаються перельоти жуків до 200-300 м, а завітром вони можуть перелітати за день до 10 км [593].

Шкоди завдають жуки і личинки. Жуки з'їдають сім'ядолі, перегризають паростки, обгризають листки. Особливо небезпечні в період розвитку сходів до утворення 2-4 пари листків. При появі сходів один жук може знищити 10-15 рослин в день, протягом життя поїдає 9,0-12,5 г зеленої маси листків (в 100 разів більше за свою власну масу) [592].

Особливо відчутної шкоди сходам буряків столових багатьох областей України звичайний буряковий довгоносик завдав у 2000 році, за деякими даними було знищено 75 тис. га посівів [593].

Личинка розвивається на корінцях і коренеплодах буряка, вигризаючи на них виразки. При цьому рослини затримуються в рості, прив'ядають, пошкоджений корінь розвиває велику кількість бічних корінців, коренеплід стає виродливим, його маса зменшується. Яйця відкладають у верхній шар ґрунту біля рослин буряків.

Дям'янюк М.М. (2016 р.) відмічає, що у період вегетації буряків жуки довгоносика заселили 30-95 % посівів за середньої чисельності 0,1-1,0 макс. 4 екз. на кв.м і слабко пошкодили 5-20 %, в осередках Вінницької, Київської, Полтавської, Сумської та Чернігівської областей 65 % рослин [591].

Зоря С.Ю. зазначає, що навіть за проведення захисних заходів на середньому рівні недобір врожаю буряків столових може складати 30 % і

більше[594].

Детальному вивченню біології, фізіології, екології цього шкодочинногооб'єкта присвячена значна кількість робіт [592, 595].

Заходи захисту. Реалізація в повному обсязі комплексу агротехнічних заходів, що забезпечують появу дружних сходів і подальший інтенсивний розвиток рослин. Розпушування ґрунту в періоди відкладання довгоносиком яєць і виплодження личинок. Видалення підземних частин рослин після збирання висадків. Глибоке переорювання бурякових плантацій після збирання врожаю. Підживлення посівів аміачною водою також обмежує розмноження шкідника. Якщо на минулорічних буряковищах виявлено велику чисельність довгоносиків, що перезимували (понад 1 жук на 1 $м^2$), ці буряковища й розташовані поряд з ними бурякові плантації обкопують крайовими канавками, на дні яких роблять колодязі. Ці колодязі періодично обробляють інсектицидами. З хімічних заходів ефективною є передпосівна обробка насіння буряків столових на заводах. Іри заселенні бурякових плантацій жуками в кількості понад 0,2 екз./ $м^2$ (при висіві на кінцеву густоту) та 0,5 екз./$м^2$ (при загущеному висіві) проводять обприскування інсектицидами. В разі потреби обробки повторюють [525, 596].

Сірий буряковий довгоносик (*Tanymecus palliatus* F.) належить до підродини Tanymacinae, відноситься до групи короткохоботкових довгоносиків (*Curculionidae adelognathi*). Описаний Фабріціусом. Поширений повсюди в Європі, окрім Крайньої Півночі і Західного Сибіру [595].

В Україні сірий буряковий довгоносик відомий з кінця XIX ст. Поширений повсюдно, проте до зони підвищеної шкодочинності входить південна частина Полісся, Лісостеп і північна частина Степу, найбільш багато численний в центральному і східному Лісостепу.

Сірий довгоносик здатний живитися не лише сільськогосподарськими культурами, але й багатьма видами культурних рослин, у зв'язку з чим його відносять до багатоїдних шкідників. Багаторічну динаміку чисельності сірого довгоносика вивчали В.П. Федоренко, С.І. Струкова [593].

Зимують у ґрунті, на глибині 15-20 см, статево недозрілі жуки і личинки різного віку двох суміжних поколінь. Аналіз літературних даних свідчить, що невелика частина популяції залягає у шарі завтовшки до 15 см і глибше – 20-60 см. Перехід жуків до поверхні починається після прогрівання ґрунту до +3°С. Масовий вихід закінчується в середині квітня при прогріванні ґрунту до 10 °С. Жуки активні у сонячні теплі години дня, при похолоданні ховаються під грудочками ґрунту. В цей період живляться бур'янами, пізніше переходять на сходи столових буряків, соняшнику, кукурудзи, відростаючі бобові трави. Вони обгризають краї молодих листків і сім'ядолі так, що від рослин залишаються тільки пеньки.

Встановлено, що один жук здатен з'їсти за день 24 мг листкової маси. При чому відмічено, що тривалість життя при живленні виключно буряками цукровими найменша і становить 64 дні. Найбільш сприятливим кормом для довгоносика є осот рожевий. Згідно даних В.П. Федоренко, якщо жук об'їдає листки не пошкоджуючи точку росту, то рослини буряків цукрових

виживають [584].

Тривалість життя жуків становить 2,5-3 місяці. Самиці відкладають яйцяв поверхневий шар ґрунту групами, безпосередньо біля березки й осоту – основних кормових рослин личинок. Ця вибірковість є основною причиною осередкового поширення шкідника. Ембріональний розвиток за температури +20…+28 °С триває 18-20 діб. Відроджені личинки дуже рухливі, проникають до коренів і вигризають у них неглибокі ямки. Крім осоту й березки личинки можуть також живитися коренями чортополоху, полину, конюшини, люцерни, буркуну, еспарцету.

Вслід за ростом коренів личинки заглиблюються в ґрунт і до осені можуть бути на глибині 60-100 см. У цей період віковий склад буває різним – від 2-го до 8-го (всього у сірого бурякового довгоносика 10 віків).

Навесні личинки піднімаються у верхні шари ґрунту і продовжують живлення. У липні – серпні личинки другого року життя заляльковуються і через 20-25 діб перетворюються на жуків, які залишаються в лялечкових колисочках до весни наступного року. Генерація дворічна, однак невелика частина личинок не встигає завершити розвиток і перезимовує вдруге, завершуючи біологічний цикл за три роки [590-596].

Встановлено, що щільність популяцій сірого довгоносика залежить від річної кількості опадів. Чисельність цього шкідника незначна в тих місцях, де річна кількість опадів не перевищує 250 мм, а також що у живленні жуків велику роль відіграють бур’яни. Так, як бурякам шкодить тільки дорослий жук, а личинка живе на корінцях бур’янів. Дослідники зазначають, що у зв’язку з цим, жуки на полях розміщені нерівномірними вогнищами, що пов’язано із ступенем забур’яненості полів.

Як вказують вчені, личинки сірого бурякового довгоносика можуть розвиватися на коренеплодах буряків цукрових, але повний їх розвиток відбувається на коренях багаторічних трав і бур’янів, оскільки після збору культури відбувається розрив трофічних зав’язків. Личинки проникають на значну глибину: на окультурених ґрунтах до 120 см. Розвиваються вони 14 місяців. Весною вертикальна міграція жуків починається за прогрівання ґрунту до +3 °С. На поверхні з’являються в І-ІІ декадах квітня, хоча ці терміни можуть змінюватись.

Шкідник має широку екологічну валентність, підвищену резистентність до інсектицидів і, за значного забур’янення посівів бур'янами, залишається масовим шкідником культур бурякової сівозміни Центрального Лісостепу і Полісся. Широка поліфагія цього шкідника дає можливість уникати токсикованих рослин і підтримувати високу життєздатність популяції [592].

У 2014 році сірим буряковим довгоносиком було заселено 10-45 % посівів буряків з середньою чисельністю 0,2-0,5 екз./м^2, максимальною – 1,0 екз./м^2, а пошкодженя рослин сягало 38 % у слабкомуступені. У 2011 році ним було заселен 16-100 % бурякових площ, пошкоджено 3-8 %, максимально 10-32 % рослин у слабкому та середньому ступенях. Найбільшу загрозу для сходів фітофаг створював у Київській, Вінницькій,

Хмельницькій, Чернівецькій, Волинській, Харківській областях за максимальної чисельності 1-2 екз./м^2 [526].

Через поліфагію і стійкість до інсектицидів, цей шкодочинний об'єкт потребує всебічного вивчення з подальшою розробкою засобів захисту з ним.

Заходи захисту. Очищення полів від багаторічних коренепаросткових бур'янів (осоту, березки). Створення для вирощуваних культур умов, що сприяють кращому розвитку рослин. Застосування до появи сходів отруєних принад. Інтоксикація рослин. Оскільки широкий набір ферментів сірого бурякового довгоносика сприяє інтенсивній інактивації інсектицидів, для обприскування сходів проти цього шкідника краще застосовувати не монопрепарати, а такі, що містять у собі декілька діючих речовинк. Обприскування краще здійснювати в першій половині дня.

Чорний буряковий довгоносик (*Psalidium maxillosum* F.) є досить розповсюджений багатоїдний шкідник – представник східно-середньоземноморської фауни. На півночі його ареал включає Хмельницьку, Вінницьку, Київську, Полтавську, Харківську області, на півдні і південному сході – Крим, Кавказ (Краснодарський край, Грузія, Вірменія), західну частину Казахстану. Також зустрічається в північно-східній частині Європи (Угорщина, Балканський півострів), а також у Малій Азії і Сибіру. На півдні лісостепової і степової зон України – є одним із самих небезпечних шкідників сходів буряків та соняшнику.

Ще з кінця XIX століття як шкідники сходів буряків цукрових з твердокрилих відомі **бурякові блішки**, які належать до родини листоїди (Chrysomelidae). Із 350 видів блішок нашої фауни на цукрових буряках зареєстровані: **звичайна** (*Chaetocnema concinna* Marsh.), **південна** (*Chaetocnema breiuscula* Fld.), **західна** (*Chaetocnema tibialis* Ill.) бурякові блішки [580].

На початку XX століття їх вивчали Ю.Н. Бруннер, В.Ф. Палій. Ареали різних видів блішок суттєво відрізняються. У Поліссі України зустрічається звичайна бурякова блішка. В Україні поширена в усіх зонах бурякосіяння, але більше шкодить у Житомирській, Київській, Чернігівській, Сумській і північній частині Вінницької, Черкаської, Полтавської та Харківської областей. Шкідник розповсюджений в полеарктичних межах, крім тундри і тайги Східного Сибіру, рідко зустрічається у Передкавказзі, але присутня на Кавказі. Завдає значної шкоди також і в західній Європі, Китаї, Японії, Кореї [590-595].

Шкодочинність **звичайної бурякової блішки** у значній мірі залежить від погодних умов істану рослин. Тепла весна викликає раннє пробудження і високу активність жуків. За холодної весни та вологої погоди блішки мало активні, не розселяються з місць зимівлі, внаслідок чого слабо заселяють плантації. Томуїх шкодочинність різко зменшується [596].

Зимують статево недозрілі жуки у рослинній підстилці в лісосмугах, садах, на узбіччях доріг, полях багаторічних трав. У холодні й дощові сезони, а також на півночі та заході України до 50 % жуків залягають на зимівлю в ґрунт на глибині 20-30 см. Із місць зимівлі жуки виходять дуже рано – наприкінці березня – на початку квітня, коли температура повітря досягає 6-

8 °С, а на поверхні ґрунту – 12-15 °С. За температури повітря 14-16 °С починають живитися бур'янами з родин гречкових і лободових, а з появою сходів буряків цукрових переходять на них.

Масове заселення посівів столових буряків відбувається у фазі вилочки або першої пари справжніх листків. Спочатку концентруються на посівах по краях поля, пізніше розселяються по ньому рівномірно. Відкладання яєць починається наприкінці травня – на початку червня. Самиці відкладають яйця по одному або невеликими групами в ґрунт біля стебел гречкових на глибину 3-5 мм. Максимальна плодючість самиці – 200-240 яєць [590-596].

Через 10-14 діб відроджуються личинки, які проникають до коренів культурної гречки, щавлелистної гречки, ревеню, щавлю, і живляться упродовж 26-40 діб. Линяють двічі, проходячи відповідно три віки. Заляльковуються личинки в земляних колисочках у ґрунті на глибині 10-20 см. Лялечка розвивається 14-18 діб. При високій вологості ґрунту, що сягає 65-75 %, спостерігається масова загибель лялечок від бактеріальних хвороб [592]. Вихід жуків нового покоління розпочинається наприкінці червня – на початку липня. До настання осінніх похолодань (вересень – жовтень) жуки живляться на столових буряках, лободових і гречкових бур'янах, потім концентруються в місцях зимівлі. Розвивається одна генерація за рік [595].

Жуки, що перезимували, шкодять з моменту появи сходів до фази 2-3 пар справжніх листків. Найбільшої шкоди столовим бурякам жуки завдають у сонячну й суху погоду та при недружній появі сходів. Вони вигризають зверху на листі виразки, залишаючи недоторканим нижній епідерміс [592]. На відміну від інших фітофагів, якщо бурякові блішки завдавали меншої шкоди на бурякових плантаціях, то все ж в окремі роки їх шкодочинність була настільки суттєвою, що призводила до значних втрат врожаю [595].

З представників родини Chrysomelidae в Україні сходи буряків цукрових пошкоджують також такі види **щитоносок**: **бурякова** (*Cassida nebulosa* L.), **лободова** (*C. nobilis* L.) і **жовто-бура** (*C. berolinensis* Suffi.).

На початку XX століття Є.М. Васильєвим була вивчена бурякова щитоноска. Про лободову щитоноску повідомляється значно пізніше, та й то, як про супутній вид, хоча в Західній Європі вона була вже небезпечним фітофагом. Проте згодом лободова щитоноска згадується як шкідник буряків, що зашкодочинністю не поступається звичайній [593].

Найчисельніші і шкодочинні щитоноски в південно-західних і центральних областях Лісостепу. В зоні достатнього зволоження домінують бурякова щитоноска, нестійкого – лободова. На думку деяких дослідників зростанню чисельності лободової щитоноски у 80-х роках нинішнього століття посприяли лободові бур'яни. Шкоду рослинам спричиняють жуки й личинки.

Зимують жуки в полі під рослинними рештками, в чагарниках, лісонасадженнях під опалим листям. Навесні пробуджуються на початку квітня за температури повітря +10 °С, а на поверхні ґрунту – 15-20 °С, перелітають на ділянки, де ростуть лободові бур'яни, якими і живляться до

появи сходів буряків. Вони вигризають весь м'якуш листка і залишають цілими лише великі жилки. Через тиждень після початку живлення жуки паруються і починають відкладати яйця на нижній бік листків кормових рослин (бурякова щитоноска - до 20 шт. у кладці, лободова – по одному), закриваючи їх слизом, що утворює буру плівку. Період відкладання триває 1-2 місяці. Бурякова щитоноска може повністю розвиватися лише на лободових бур'янах, інші рослини, в тому числі і цукрові буряки, для її розвитку малопридатні. Лободова щитоноска краще розвивається на буряках цукрових. Середня кількість яєць, відкладених самицею бурякової щитоноски на лободі, становить 273 (максимальна – 646), на буряках цукрових – 5-6 (максимальна – 32) шт. Лободова щитоноска на буряках цукрових здатна відкласти в середньому 60, максимально – 136 яєць. Ембріональний розвиток триває 4-12, розвиток личинки – 12-25 днів. Живуть личинки зісподу листків, виїдаючи в них великі округлі ділянки, але не пошкоджуючи зверху. Заляльковування відбувається на листках [591-594].

Жуки першого покоління виходять у червні. Деякий час вони живляться на лободових бур'янах, а потім переходять на посіви буряків, сильно пошкоджуючи їх у липні. Після двотижневого живлення жуки спаровуються і відкладають яйця. Личинки, які вийшли з них, закінчують розвиток на буряках до середини серпня. У другій половині серпня виходять жуки другого покоління. У вересні вони залишають плантації, скупчуються на ділянках високотрав'я і чагарників, де до жовтня місяця залягають на зимівлю. Згодом жуки мігрують із плантацій, а потім відлітають у місця зимівлі. Чисельність щитоносок обмежують паразити й хижаки. Жуки, личинки й лялечки є їжею для хижого клопа цикрони голубої *(Zicrona coerulea* L.). Лялечок заселяє також наїзник *Tetrastichus cassidarum* Rtzb., а яйця-яйцеїд *Closterroceus ovulorum* Rtzb.

Заходи захисту. Утримання посівів буряків у чистому від бур'янів стані. Повсюдна інтоксикація сходів способом передпосівної обробки насіння системними інсектицидами. З появою жуків у кількості понад 1 екз./м^2 у фазі 2-4 пар справжніх листків обприскування посівів інсектицидами

З родини сильфіди (Silphidae) сходи і вегетуючі рослини буряків пошкоджують мертвоїди. В Україні зустрічається близько 30 видів. Згідно літературних даних, найчастіше розмножується у великій кількості і шкодить посівам буряків **матовий мертвоїд** (*Aclypaea opaca* L.), який значно поширений у зоні достатнього зволоження. Поліфаг. У небезпечній чисельності частіше відмічається в північних і західних регіонах України. Супутні види: **мертвоїд голий** – *Aclypaea undata* Miill., **мертвоїд темний** – *Silpha obscura* L., **мертвоїд чорний** – *Phosphuga atrata* L. В Україні трапляються повсюдно [595].

Ще один представник ряду Coleoptera, який належить до родини чорнотілки (Tenebrionide) є **піщаний мідяк** (*Opatrum sabulosum* L.), який розповсюджений на всій території колишнього СРСР, за винятком крайньої півночі, а ареал його доходить на південь – до Узбекистану, на схід до

Байкалу.

За кількістю і значенням завданих жуками пошкоджень серед чорнотілок займає перше місце [590-595].

Піщаного мідляка можна зустріти скрізь: і в полі, і в садах, і в виноградниках. Але найбільш типовими для нього угіддями є посіви просапних культур, де є прогріті сонцем ділянки розпушеного ґрунту. В Україні поширений повсюдно, найбільш в Кіровоградській, Одеській, Миколаївській, Херсонській, Запорізькій областях [592].

Жуки і личинки **мертвоїдів** (**матовий**, **голий**, **темний**, **чорний**) багатоїдні, можуть пошкоджувати більшість польових культур. Розвиваючись на буряках, жуки і личинки пошкоджують сходи і вегетуючі рослини, обгризаючи їх з країв, молоді листочки з'їдають повністю. Особливо відчутної шкоди завдають, коли вони масово з'являються у період проростання насіння [592-593].

У мертвоїда матового (*Aclypaea opaca* L.), зимують жуки в ґрунті, під грудочками ґрунту та в різних рослинних рештках. Частина жуків зимує двічі. Самиця відкладає яйця навесні в поверхневий шар ґрунту до 5 см. Личинки шкодять 18-20 днів, проходячи 4 віки. Завершивши свій розвиток заляльковуються у поверхневому шарі ґрунту на глибині до 10 см. Повний циклрозвитку шкідника триває 32-44 дні. В Україні розвивається 1 генерація фітофагу.

Як жуки, так і личинки живляться у вечірні й нічні години. Розвитку і розмноженню мертвоїдів сприяє підвищена вологість, тому вони найшкідливіші на вологих понижених місцях. Найбільше потерпають посіви пізніх строків сівби, оскільки поява їх сходів збігається з відродженням личинок [595].

У зоні Лісостепу України серед родини пластинчастовусих (Scarabaeidae) відчутних пошкоджень рослинам буряків завдають личинки звичайного травневого хруща (*Melolontha melolontha* L.), концентруючись на посівах зернових колосових культур, у тому числі і на пшениці озимій як попереднику. Розповсюджений у всіх бурякосіючих зонах України [590].

Із пластинчастовусих шкідників найбільшої шкоди посівам буряків завдає **західний травневий хрущ**. Зимують личинки й жуки в ґрунті. Літ жуків починається в останній декаді квітня і триває більше місяця. Початок льоту збігається з початком розпускання листя на деревах. Масовий вихід жуків відмічається за температури ґрунту +9-14 °С на глибині 10 см. Після спарювання самки зариваються в ґрунт на глибину 10-15 см і відкладають по 20-30 яєць у два-три заходи. Плодючість – 60-70 яєць [591-595].

Через 25-30 діб відроджуються личинки, які до осені живляться дрібними корінчиками та перегноєм. У весняно-літній період здійснюють горизонтальні та вертикальні переміщення, концентруючись у шарах ґрунту з вологістю 6-7 % і температурою +17…+20 °С. Згідно досліджень вчених на вертикальний рух личинок травневого хруща головним чином впливає температура, хоча і трофічний фактор також має велике значення у міграційнихпроцессах [596].

У вересні личинки заглиблюються в ґрунт на 1 м і глибше. Це пов'язано з невисокою холодостійкістю личинок. Їх загибель починається за температури +0,7…+1°С. Після кожної перезимівлі личинки піднімаються у верхні горизонти ґрунту, переходять у наступний вік і продовжують живлення. Після третьої перезимівлі у червні – липні линяють востаннє і заляльковуються в земляній колисочці на глибині 20-50 см. Лялечка розвивається 30-40 діб. Новоутворені жуки залишаються в земляній колисочці до весни. Личинки травневого хруща розвиваються протягом 3-4 років, повний розвиток шкідника завершується на Поліссі і заході Лісостепу за 5 років [591].

Личинки перегризають дрібні корінці і головні корені, а в коренеплоді вигризають ямки різної форми. Такі пошкодження призводять до в'янення та загибелі добре розвинених коренеплодів. У посушливі періоди року небезпечними шкідниками агробіоценозу бурякового поля є також личинки хлібного жука (*Anisoplia austriaca* Herbst.), хрестоносця (*A. agricola* Poda), красуна (*A. segetum* Herbst.), які поширені у всіх зонах вирощування буряків [596].

Відчутної шкоди буряковому агроценозу з ряду Coleoptera може завдавати **бурякова крихітка** (*Atomaria linearis* Steph), яка належить до родини скритноїди (Cryptophagidae). В умовах України цей шкідник вперше виявлений в Луганській області Ф.П. Кеппено. За сприятливих умов бурякова крихітка зустрічається в Лісостеповій зоні Західного Сибіру, Казахстані, Киргизстані, Закавказзі, Молдавії, а також в Західній Європі [591-596].

Посилаючись на ряд дослідників, В.П. Федоренко відмічає, що зона масового розмноження крихітки пов'язана з підвищеною вологістю, північна межа якої досягає 60° північної широти. В Україні найбільшої шкоди завдає у Львівській, Тернопільській, Чернівецькій, Хмельницькій, Вінницькій областях, у південних районах Рівненської, Житомирської та Київської областей, у західних – Черкаської і Кіровоградської [592].

Протягом року шкідник розвивається в одній генерації. Зимують жуки на полях, де вирощувалися буряки, їх насінники, або на розташованих поблизу ділянках. Весняне їх пробудження відбувається за середньодобової температури 2–3°; пробуджуються вони також у період зимових відлиг, але ж часті й різкі перепади температури спричиняють їх загибель. Розселення жуків навесні спостерігається за середньодобової температури повітря 9-12 °С, досягаючи максимуму при 17-19 °С. Перельоти жуків надто активні за 19-22 °С й часто тривають два з половиною – три місяці. Буряки цукрові заселяються жуками в період появи сходів на полях поблизу буряковиїц (раніше) й на відстані від них (трохи пізніше). Жуки пошкоджують підземні частини молодих рослин буряку, вигризаючи в них ямки-ранки різного розміру, що за сильного ступеня пошкодження призводить до загибелі рослини. В місцях найбільшої чисельності жуків (ЕПШ – 2 екземпляри на 1 дм^3 ґрунту в рядку) посіви зріджуютьс настільки, що виникає потреба в їх пересіві. Ранки на підсім'ядольному коліні можуть бути місцем проникнення збудників захворювання рослин коренеїдом, що підсилює зріджування посівів [591-595].

Самиці відкладають яйця, починаючи з першої половини травня й продовжують в червні – липні, тобто до природного відмирання. Відкладання яєць відбувається на глибині 20-30 см. Плодючість самиці – близько 50 яєць. В травні з ’являються личинки, чисельність їх продовжує наростати до червня, розвиток закінчується в липні й навіть серпні. Спочатку личинки скупчуються в верхніх шарах ґрунту на глибині 5-7 см, де знаходиться основна маса корінців буряків першого року й насінників. При пересиханні верхнього горизонту та його перегріві вони переміщаються глибше, до осені закінчують розвиток і заляльковуються в основному на глибині 60-90 см. Молоді жуки починають виходити в першій половині липня, а масово – у вересні. З кінця вересня – початку жовтня вони рухаються до поверхні ґрунту, де скупчуються в самому верхньому шарі (0-3 см) під листям буряку й іншими рослинними рештками. Після збирання буряків та очищення поля від післязбиральних решток жуки розселяються на ділянках, що знаходяться поблизу. Часто вони масово заселяють узбіччя лісосмуг, лісів, польових доріг, схили рівчаків тощо. Частина жуків залишається на зимівлю ґрунті на різних глибинах, особливо багато їх зимує в пересохлому ґрунті.

Заходи захисту. Велике значення мають агротехнічні заходи: зяблева оранка й передпосівний обробіток ґрунту, застосування добрив. Добре розвинені сходи, як правило, менше страждають від пошкоджень, ніж слабкі. Висів насіння, лише обробленого системними інсектицидами. Ефективне також внесення в рядки під час сівби рекомендованих гранульованих препаратів препарату (наприклад, Форс 1,5 G, г. (4 кг/га). За значної чисельності шкідника доцільне обприскування посівів інсектицидами [595].

Серед ряду Рівнокрилих (Homoptera) одним із небезпечних шкідників столового буряка, який поширений в усіх зонах бурякосіяння є **листкова бурякова (бобова) попелиця** (*Ahpis fabae* Scop.), представник родини Aphididae. Шкідник належить до групи попелиць, які мігрують з деревних (первинних) рослин-господарів на трав’янисту рослинність. В останні роки за даними прогнозу Головдержзахисту бурякова попелиця щорічно заселяє буряки столові по всій території України. Найпоширеніша вона у зонах Лісостепу і Поліссі, особливо у Вінницькій, Івано-Франківській, Київській, Хмельницькій, Сумській, Рівненській та Черкаській областях, де заселяє 100 % площ культури [594].

Найшкідливіший сисний шкідник бурякового агроценозу **бурякова листкова попелиця** (*Ahpis fabae* Scop.) є мігруючим видом та поліфагом. Перші стадії розвитку попелиці проходять на таких чагарникових рослинах як європейська бруслина (*Euonymus europaeus* L.), бруслина бородавчаста (*Evonymus verrucosa* L.), калина (*Viburnum opulus* L.), та жасмин садовий (чубушник) (*Philadelphus mierophylus* Gray) з яких вона перелітає на культурні рослини [593].

Ряд вчених [591-595] дослідили, що листкова бурякова попелиця зимує у фазі яєць, які вона відкладає восени на гілки та стебла первинних рослин-господарів. Найбільш інтенсивно яйцекладка відбувається на бруслині європейській (50 екз./м). Проте досить часто вони трапляються поодиноко, і

лише в окремі роки – масово.

У квітні за середньої температури 7-9 °С з яєць, що перезимували, відроджуються личинки, які через 12-14 діб живлення на бруньках і листі перетворюються на безкрилих самиць-засновниць. Самиці-засновниці розмножуються партеногенетично, відроджуючи щодня 5-8 личинок, усього в середньому 50-70. На первинних кормових рослинах розвивається 3-4 покоління попелиць – доти, доки не завершиться приріст кущів. Наприкінці травня – на початку червня з'являються крилаті партеногенетичні самиці, які розлітаються у пошуках проміжних трав'яних рослин і, зокрема, буряків столових. Поява крилатих самиць-розселювачок та їх міграція зумовлюються погіршенням якості корму у зв'язку із загрубінням або підсиханням пагонів на кущах. Міграція буває повною і факультативною, за якої частина попелиць знаходиться на первинному хазяїні увесь сезон, до появи амфігонного покоління. Передусім попелиця заселяє бурякові висадки, які раніше, ніж буряки першого року, починають свій розвиток. На буряках та інших трав'яних рослинах попелиця швидко партеногенетично розмножується до осені, даючи за цей час 8-10 і більше поколінь безкрилих і крилатих попелиць [597].

Згідно даних науковців, за температури 20-23˚С і відносній вологості повітря 60-80% від початку червня до середини липня можливий розвиток 4-7 поколінь. Тобто, розвиток однієї генерації триває в середньому 9-14 днів. Впродовж весняно-літнього періоду, залежно від метеорологічних умов, можливий розвиток від 12 до 17 поколінь [595].

Вченими встановленно, що на розвиток цього фітофага впливав і стан рослин. Якщо рослина пригнічена посухою, то спостерігалось зниження плодючості шкідника і розвиток ставав більш тривалим [595-597].

Найбільша заселеність рослин буває зазвичай у першій половині липня. Наприкінці серпня – у вересні з'являються крилаті й безкрилі статеноски. Крилаті самиці після спарювання відкладають на пагони біля основи бруньок 3-7 яєць, що залишаються до весни наступного року [593].

Розвиток цього виду корелює перш за все з гідротермічним показником. Збільшенню чисельності попелиці сприяє помірно тепла погода в поєднанні з рясними теплими і тихими дощами. Але основним абіотичним фактором, що лімітує розмноження попелиці є вологість повітря, не нижча 60 %, оскільки необхідна для розвитку сума ефективних температур настає в різні строки [594].

Попелиця заселяє листки з нижнього боку, висмоктуючи з них сік. Пошкоджені листки деформуються, скручуються в поздовжньому напрямку, потім в'януть і засихають. Значної шкоди попелиця завдає насінникам буряків, у яких крім листків пошкоджує пагони, що призводить до їх викривлення. Пошкоджені рослини тривалий час перебувають у хворобливому стані внаслідок отруйної дії ферментів слини навіть після знищення шкідника. Пошкоджена рослина відстає у рості, знижується її цукристість (до 0,7 %) і маса коренеплодів (до 30 %), зменшується вихід насіння і погіршується його якість [598].

Згідно досліджень вчених, внаслідок пошкодження попелицею рослин буряків відбувалось зниження їх урожаю на 25-32 і навіть 70 %. За сильного заселення буряків фітофагом та високої агротехніки вирощування культури маса коренеплодів в середньому знижувалася на 28 % [596-597].

Водночас, бурякова листкова попелиця є одним з найпоширеніших переносників збудників дуже небезпечних вірусних захворювань буряків цукрових – жовтяниці (*Beet yellow virus*) та мозаїки (*Beet mosaic virus*). Ураження мозаїкою листків на незаселених попелицею рослинах сягає 18 %, а на заселених – 41,5 % [598].

У 2007 році бурякова листкова попелиця інтенсивно пошкоджувала буряки в усіх бурякосіючих областях України. Шкідником було заселено 60-100 % площ з 5-45 % заселених рослин [596].

За високого зимуючого запасу яєць листкової бурякової попелиці, за умов доброї перезимівлі, теплої і помірно вологої погоди весняно-літнього періоду можливий спалах масового розмноження та значної шкідливості цього фітофагау посівах буряків у більшості бурякосійних областей [598].

Розмноження попелиць регулюється різними біотичними чинниками – численними паразитами й хижаками (особливе значення мають сонечка, мухи-дзюрчалки, золотоочки, хижі клопи, деякі їздці), а також збудниками хвороб (ентомофторові гриби). Зливові дощі змивають шкідника з рослин, і при цьому велика кількість його гине.

Заходи захисту. Знищення бур'янів – резерваторів попелиці. Крайові обробки полів на початку заселення їх шкідником, а при заселенні понад 10% рослин – суцільне обприскування посівів системними інсектицидами

Бурякова коренева попелиця (ряд рівнокрилі хоботні – Homoptera, родина пемфіги – Pemphigidae), вперше *Pemphigus fuscicornis* Koch згадується в роботі Коха (Koch), який назвав її *Amicla fuscicornis*. Опис пошкодження буряків та знайдених на їх коренях безкрилих самиць ми одержуємо з американської літератури початку XX століття опубліковані Доуном (Doane, 1900) у 1900 році [597].

У Європі відомості про шкоду кореневої попелиці вперше зустрічаються в роботі Зелдага, який виявив цього шкідника в 1952 році на кормовому буряку в Німеччині. Однак після першого повідомлення Зедлага і, особливо в 1959, з різних кінців континенту стали надходити відомості про широке поширення кореневої бурякової попелиці та про досить значні пошкодження, які цей шкідник наносив бурякам [595-598].

В Україні вид *P. fuscicornis* Koch був вперше зареєстрований в 1959 році на Білоцерківській дослідно-селекційній станції Київської області та в Александрійському районі Кіровоградської області. Північна межа поширення кореневої бурякової попелиці проходить через Могилів-Подільський – Вінницю – Київ – Білопілля Сумської області. Більше шкодить у зоні, розташованій південно-східніше межі: Крижопіль (Вінницька обл.) – Олександрівка (Кіровоградська) – Полтава – Харків [598].

Зимують безкрилі статевозрілі партеногенетичні самиці особливої зимуючої форми у грунті переважно на буряковищах на глибині 100 см і

більше, а на лободових бур'янах – до 25 см. Навесні з прогріванням ґрунту до +10°С зимуючі самиці не живляться, пересуваються у верхні його шари, у них дозрівають ембріони і відроджуються личинки-мандрівниці, а самі самиці гинуть. Подальший розвиток кореневої попелиці відбувається на лободових бур'янах і на посівах буряків цукрових, куди перейшли мандрівниці, що спостерігається через місяць після початку їх відродження. Личинки І віку виходять на поверхню ґрунту, виконуючи функцію розселення, заселяють нові ділянки, проникають до дрібних корінців кормових рослин і присмоктуються до них. Внаслідок пошкодження кореневої системи, рослина в'яне, згодом загниває й легко висмикується з грунту. На полі утворюються плями загиблихрослин. Приблизно через 10-16 днів личинки стають дорослими, й самиці дають початок новому поколінню. Літні самиці живуть досить тривалий період і за цей час відроджують до 100 личинок, які в свою чергу через 10-16 днів стають дорослими самицями, що розмножуються пargеногенетично. У вересні можуть з 'явитися крилаті статеноски, які перелітають на тополі для відродження амфігонного покоління. Але це є біологічним рудиментом, і подальшого розмноження не відбувається, бо відкладені на корі тополі запліднені яйця взимку гинуть. Протягом вегетаційного періоду на буряках розвивається 9-10 поколінь. В обмеженні чисельності бурякової кореневої попелиці велику роль відіграють ентомофаги [595-598].

Заходи захисту. Знищення бур'янів із родини лободових. Ретельне збирання без втрат коренеплодів буряків з полів. Уникнення вирощування буряків декілька років підряд на одному й тому самому полі, розміщувати їх краще по пшениці озимій, додержуючись просторової ізоляції від торішніх буряковищ. На початку заселення посіву личинками-мандрівницями кореневої попелиці проводять обробку крайових смуг інсектицидами контактної дії. Ефективною також може бути передпосівна обробка насіння.

Буряковий клоп – *Polymerus cognatus* Fieb. (ряд Hemiptera, родина сліпняки – Miridae). Поширений в Україні повсюдно, але більшої шкоди завдає в Лісостепу. Крім буряків, пошкоджує бобові, селерові, капустяні й інші культури.

Зимують яйця в тканині гілочок або стебел та товстих жилок багаторічних бобових трав (люцерна, конюшина, еспарцет), а також у стеблах бур'янів, особливо лободових та щирицевих. Личинки виходять у квітні, п'ять разів линяють і через 30 днів (у травні – червні) перетворюються на дорослих комах. Останні з'являються під час збирання трав на сіно, й самиці в пошуках місць для відкладання яєць, долаючи по 3-4 км, перелітають на інші поля, зокрема на бурякові й зайняті висадками, де відбувається розвиток другого покоління.

Живиться клоп соком рослин, висмоктуючи його з тканин сходів, листків, стебел і їнеративних органів. За високої чисельності шкідника сходи гинуть, дорослі рослини :отримуються в рості й розвитку, листки підсихають з країв, скручуються, жовтіють і засихають. Внаслідок цього знижується загальна маса коренеплодів та їх цукристість, на насінниках квітконоси

викривлюються, гинуть, а врожай насіння та його якість-шжуються. Клопи також є переносниками вірусних хвороб буряків. На висадках клопи другого покоління розмножуються у великих кількостях і можуть повністю знищити урожай насіння. Самиці клопів другого, а на півдні третього покоління відкладають зимуючі яйця в тканини рослин [597].

Заходи захисту. Знищення зимуючих яєць шляхом скошування й знищення бур'янів на перелогових землях, межах, узбіччях доріг, канав тощо. Можливо більш низьке скошування багаторічних трав. Видалення з полів і знищення стебел висадків буряків після їх обмолоту. Глибока зяблева оранка. За чисельності шкідника вище ЕПИ (2 клопи на 1 рослину буряків після змикання листків у рядках) обприскування посівів.

Серед ряду двокрилих (Diptera) в буряковому агроценозі шкодять два види бурякових мух: **бурякова мінуюча муха** (*Pegomyia betae* Curt.) та **квітковиця блекотна** (*Pegomyia hiosciami* Panz.), які належать до родини сновиги (Anthomyidae).

Перші описи бурякової мухи викладені в роботах Панцера у 1809 році, який дав наукову назву *Pegomyia hiosciami* Panz. Область поширення мух охоплює територію Західної, Середньої та Східної Європи, Азії та Північної Америки, в Україні поширені повсюди, але заданими дослідників підвищена шкідливість відмічається в західному Лісостепу [595].

Бурякова мінуюча муха зимує у верхніх шарах грунту. Глибина залягання несправжньококонів залежно від вологості ґрунту коливається від 2 до 10 см. Глибина залягання несправжньококонів залежить і від інших причин: стану ґрунту, фізіологічної підготовленості личинок перед відходом їх у ґрунт на заляльковування. В умовах вологого рихлого ґрунту і при хорошій вгодованості личинки проникають глибше в ґрунт і, навпаки, в сухому ґрунті, як правило, вони заляльковуються у верхньому шарі на глибині 2-3 см [597-598].

Навесні в кінці квітня-травні відбувається виліт імаго. Самиці відкладають яйця на нижній бік листків цукрових буряків, блекоти, дурману, лободи, шпинату по кілька штук (до 20) паралельними рядами. Плодовитість однієї самиці 40-100 яєць. Виліт мух у весняний період залежить від характеру погодних умов і прогрівання ґрунту [596]. Тривалість періоду відкладання яєць коливається від одного до двох місяців.

Через 2-5 днів виплоджуються личинки, які проникають під шкірку листка і виїдають в ньому паренхіму. Внаслідок живлення верхня шкірка листка відстає і утворюється похирчастоподібне вздуття – міна, всередині якої живляться личинки. При живленні трьох і більше личинок в одному листку, він в'яне, жовтіє і засихає. Особливо небезпечні пошкодження рослин у фазі вилочки і перших справжніх листків [595-598].

Оптимальними умовами для розвитку личинки є температура в межах + 18-20,8 °С, при якій відсутня її загибель і більш інтенсивно протікає сам розвиток. Крім температури, на розвиток личинки значною мірою впливає довжина світлового дня. Найбільш чутливою фазою до фотоперіодичної реакції у бурякової мухи є личинка [597].

Тривалість розвитку личинки 7-22 дні, за цей період 2 рази линяє, має три віки, потім заляльковується в мінах на пошкоджених листках. Весь цикл розвитку мухи триває три-п'ять тижнів. При холодній погоді розвиток може затягуватися більше двох місяців. Відкладання яєць самицями другого покоління спостерігається в липні, третього – на початку вересня. Бурякова мінуючи муха розвивається в Україні в двох-трьох генераціях. Більшість дослідників стверджують, що найбільш небезпечним є перше покоління мух. Це пояснюється тим, що вони заселяють посіви молодих рослин – у фазі 2-3 пар листків, які найбільш чутливі до пошкоджень [595-598].

Личинки останньої генерації шкідника переходять у ґрунт, утворюють несправжній кокон і залишаються там до весни. У посушливу погоду і за високої температури в літній період (+40 °С) спостерігається масова загибель личинок або їх діапауза. Сприятливі умови для масового розмноження мінуючої мухи – тепла осінь попереднього року, суха тепла весна і досить вологе й тепле літо. Особливо небезпечні пошкодження буряків у фазах «вилочки» і перших пар справжніх листків [598].

Різне пошкодження сортів буряків залежить від кількості яєць на рослинах окремих груп і сортів, а також біохімічних особливостей рослин. За сильного заселення посівів мухою і високої кількості личинок (3-4 екз/м^2) відчутно зменшується асиміляційна поверхня листків, що неминуче призводить до відставання рослин у рості, зменшення приросту маси коренеплодів і у фазі сім'ядолей – двох пар справжніх листків [596].

Заходи захисту. Глибока зяблева оранка буряковищ, за якої значна частина мух не може вийти з глибоких шарів ґрунту. Розпушення міжрядь у період масового заляльковування личинок. Знищення бур'янів. За заселеності посівів на рівні економічного порогу шкідливості та повторно в фазі 3-4 пар справжніх листків (за щільності популяції понад 15 яєць або 10 личинок на рослину) обприскування інсектицидами.

Найбільша серед ряду лускокрилих (Lepidoptera) родина совки (Noctuidae). На сьогодні в Україні відомо 673 види, з них близько 150 видів є небезпечними шкідниками сільськогосподарських культур та лісових насаджень.

За способом життя гусениць, особливостями їх живлення та пошкодження рослин, родину совки поділяють на дві основні морфо-біологічні групи: підгризаючі або ґрунтоживучі та листогризучі або наземні.

Найшкодочиннішими фітофагами бурякового агроценозу з підгризаючих **совок** є: **озима** (*Scotia segetum* Schiff.), **оклична** (*Agrotis exclamationis* L.), **дика** (*Euxoa agricola* B.), **короткоцвіта** (*Agrotis corticea* Schiff.), **іпсилон** (*Agrotis ipsilon* Hufn.).

До основних листогризучих совок, що пошкоджують посіви буряків належать такі види: **капустяна** (*Mamestra brassicae* L.), **люцернова** (*Heliothis viriplaca Hufn*.), **гамма** (*Autographa gamma* L.), **с-чорне** (*Xestia c-nigrum* L.). Ареал совок надзвичайно великий, від Полярного кола, до Сибіру, Казахстану та Середньої Азії [594].

В Україні поширені на всій території країни. Крім

сільськогосподарських культур зустрічаються на луках, пасовищах, орних землях, узліссях, балках, лісосмугах, парках, садах. [597].

Дорослі гусениці більшості видів **підгризаючих совок** (озима совка та ін.) морфологічно відрізняються від **листогризучих** (люцернова совка та ін.). Так, на голові передлялечкових стадій групи ґрунтоживучих прилобні шви впадають у тім'ячковий виріз, тобто тім'яний шов майже відсутній [595].

У люцернової совки зимує лялечка в ґрунті. Метелики першого покоління літають у травні, другого – в червні. Самиці після додаткового живлення нектаром квітів відкладають яйця по одному на листки і стебла рослин. Плодючість самиць становить у середньому близько 700 яєць. Посуха і відсутність квітів можуть спричинити безплідність імаго. Ембріональний розвиток триває 5-9 діб, живлення і розвиток гусениць – 19-33 доби. Гусениці першого покоління заляльковуються в ґрунті на глибині 2–4 см. Фаза лялечки триває 10-17 діб. Гусениці другого покоління заляльковуються в ґрунті на глибині 6-9 см. Гусениці перших двох віків скелетують листки, потім об'їдаютьїх з країв або продірявлюють, живляться багатьма культурними й дикорослими рослинами [598].

На відміну від листогризучих совок, які хаотично пошкоджують листки буряків, гусениці підгризаючих совок мешкають у верхньому шарі ґрунту. Вони завдають істотної шкоди рослинам, часто зовсім відокремлюючи листкову розетку від корінця. Поряд з цим гусениці перегризають черешки окремих листків та стебла, або ж виїдають ямки у верхній частині більш розвинених коренеплодів. Також ці фітофаги знищують висіяне насіння та сходи. При цьому можна спостерігати як вони частково затягують молоду рослину в ґрунт, або з'їдають її повністю, залишаючи лише так званий «пеньок» [597].

Зимують гусениці озимої совки шостого віку на глибині 10-25 см. Витримують зниження температури до мінус 11 °С. Успіх перезимівлі залежить від розвитку жирового тіла. Гусениці молодших віків гинуть за температури нижче мінус 5°С. З настанням підвищених весняних температур гусениці піднімаються у верхні шари ґрунту і на глибині 5-6 см заляльковуються вовальних земляних камерах. Розвиток лялечок триває 25-35 діб. Літ метеликів на півдні починається з середини квітня, в лісостеповій зоні – у третій декаді травня. Початок льоту та його тривалість визначаються метеорологічними умовами року. Метелики активні в присмерки і вночі, удень ховаються під листям бур'янів та в інших укриттях [590-597].

Для їх розвитку потрібне додаткове живлення нектаром на квітучій рослинності. Яйця відкладають по одному або невеликими групами на нижньому боці листків і черешків бур'янів, на сухі рослинні рештки або на легкий, добре оброблений ґрунт з рідкою рослинністю [598].

Гусениці першого покоління з'являються наприкінці травня – на початку червня. Залежно від температури повітря вони розвиваються 20-60 діб. Закінчивши живлення, гусениці в ґрунті на глибині 1-6 см перетворюються на пронімфу, а через 2-10 діб – на лялечку. Через 11-14 діб вилітають метелики другого покоління. Загалом тривалість розвитку одного покоління становить 50-

70 діб за суми ефективних температур 640-780 °С [596].

Впродовж 80-х рр. у центральних областях України відмічено зростання чисельності підгризаючих совок. Домінуючим видом (більш ніж 60%) виявилась озима совка. Тут за одну ніч на одну світло пастку потрапило до 54 метеликів. А у чотирьох областях (Полтавській, Черкаській, Харківській та Донецькій) чисельність та шкодочинність гусениць виявилась надзвичайно високою. Місцями рослини були пошкоджені на 50–70 %. Помітно посилився і літ імаго другої генерації. Так, в ряді районів за ніч до світлопастки потрапляло біля 300 дорослих особин [597].

Шкідливість озимої совки досить значна. Одна гусениця першого покоління за ніч може знищити 10-15 рослин цукрового буряку. Гусениці другого покоління найбільше пошкоджують озимі культури [598].

З родини лучних вогнівок (Pyraustidae), ряду лускокрилих (Lepidoptera) заселяє та пошкоджує посіви буряка столового **лучний метелик** (*Margaritia sticticalis* L.), який вперше був описаний на початку 40-х років XIX століття професором Еверсманом за екземплярами з південно-західного передгір'я Уралу та прилеглих степів [595-598].

Лучний метелик евритопний вид, він поширений в Європі, Азії і Північній Америці. Масове розмноження найчастіше спостерігалося в Російській Федерації, Центральній та Центрально-чорноземних зонах, на Південному Уралі, у південних районах Західного Сибіру; у степовій і лісостеповій зонах України та Молдови; Румунії; Болгарії; Югославії; Туреччині та Ірані. Дещо рідші спалахи трапляються у Чехії, Словаччині, Австрії, Польщі, на півдні Канади і на півночі США [592-595].

Отже, останніми роками фітосанітарний стан на бурякових полях ускладнився зростанням чисельності багатьох фітофагів, які щорічно пошкоджують посіви. Шкідливість їх визначається погодними умовами весняно-літнього періоду та знижується комплексом заходів, які направлені, у першу чергу, на попередження масового накопичення фітофагів. Своєчасно проведений моніторинг шкідників та застосування раціональніших заходів контролю їх чисельності, створюють умови для збереження урожаю та покращення якості продукції й зменшують забруднення навколишнього середовищ інсектицидами.

Шкідники моркви. Моркву пошкоджує велика кількість багатоїдних і спеціалізованих шкідників. Серед багатоїдних найчастіше зустрічаються капустянка, гусениці підгризаючих совок, личинки комарів-довгоніжок, коваликів і пластинчастовусих жуків. Ці комахи пошкоджують корені й прикореневі частини рослин. Сходи моркви об’їдають жуки сірого бурякового довгоносика й піщаного мідляка, листки пошкоджують гусениці лучного метелика, совки-гамми, капустяної совки. Часто шкодить і бурякова попелиця. Найбільш поширеними спеціалізованими шкідниками селерових культур є моркв’яна муха, зонтична і кминна молі, блідий метелик і зонтична попелиця.

Моркв’яна муха – *Psila rosae* L. (ряд Diptera, родина голотілки – Psilidae). Це один із найголовніших шкідників моркви, пастернаку, петрушки,

селери, ріпи. Поширена в Україні повсюдно, та найбільше шкодить у районах із підвищеною вологістю – на заході Лісостепу, в Поліссі, передгір'ях Карпат. Це комаха довжиною 4-5 мм, чорна, блискуча, голова коричнево-червона з чорною трикутною плямою на тім'ї, вусики й ноги рудувато-жовті, крила широкі, прозорі, з зеленуватим відтінком. Личинка тонка, брудно-жовта, безнога, без голови, на останньому сегменті 2 чорних дихальця, довжина тіла – до 7 мм. Несправжній кокон жовто-коричневий, 4-5 мм довжини. Яйця молочно-білі, овальні, з реберцями, завдовжки 0,6 мм [595].

Зимують лялечки в несправжніх коконах у поверхневих шарах ґрунту, а інколи й личинки в коренеплодах в овочесховищах. Виліт мух відбувається в травні, його початок збігається з цвітінням яблуні й горобини. Мухи тримаються у вологих затінених місцях, живляться нектаром квітів на селерових. Яйця відкладають увечері, розміщуючи їх на вологий ґрунт на відстані до 0,5 см від кореня моркви або на корінь під кореневою шийкою.

Плодючість самиці – 100-120 яєць. Відкладання яєць розтягується на 1–1,5 місяця. Виплодившись, личинки зразу ж занурюються у коренеплід і роблять у ньому ходи. Розвиток личинок триває 20-25 днів, заляльковування відбувається в ґрунті на глибині 4-10 см. В кінці червня – липні вилітають мухи літньої генерації. Розвиток личинок цієї генерації розтягується на 50 днів. Заляльковуються в ґрунті, і пупарій залишається на зимівлю. У пошкоджених рослин моркви листя набуває фіолетово- червоного відтінку, а після загнивання коренеплоду жовтіє й засихає. Коренеплоди втрачають смакові якості й лежкість. В обмеженні чисельності моркв'яної мухи важливу роль відіграють жуки-стафіліни (*Aleochara bipustulata, A.bilineata),* паразитична горіхотворка *Triboliogarpha rapae* Westw., жужелиці з роду *Bembidion.* ЕПШ фітофага – 1 яйце на 20 рослин моркви на початку вегетації.

Заходи захисту. Територіальне віддалення нових посівів моркви від старих. Дотримання сівозміни. Глибока зяблева оранка після збирання врожаю. Сівба в оптимально ранні строки, своєчасне прополювання й проріджування моркви. Обприскування посівів у період льоту мухи й відкладання нею яєць інсектицидами [596-598].

Зонтична міль – *Depressaria depressella* Hb. (ряд Lepidoptera, родина ширококрилі молі – Oecophoridae). В Україні поширена повсюдно. Пошкоджує насінники моркви, кропу, селери, пастернаку, петрушки й інших селерових.

Метелик у розмаху крил 14-18 мм, з темно-коричневими передніми і сіруватими задніми крилами, голова й передньоспинка блідо-жовті. Гусениці бурувато-червоні з чорними голівкою та ногами й численними білими бородавками на тілі, завдовжки 10-13 мм. Яйце 0,5 мм, овальне, спочатку блідо-зеленувате, в подальшому світло-помаранчеве. Зимують метелики в щілинах будівель, парканів та в інших укриттях. Літ їх відбувається в кінці травня – червні. Самиці відкладають яйця на суцвіття селерових рослин – на квітконіжки, бутони, квітки. Гусениці з'являються в середині (на півдні) або в кінці червня (Полісся) й приступають до живлення, перегризаючи квітконіжки, об'їдаючи бутони й квітки та обплітаючи суцвіття павутиною.

Внаслідок таких пошкоджень урожай та якість насіння селерових культур значно знижуються. Наприкінці липня гусениці заляльковуються в коконах на суцвіттях. Метелики цього покоління виходять у серпні і залишаються на зимівлю. Генерація однорічна.

Заходи захисту. Своєчасне збирання й швидкий обмолот насінників селерових культур, систематичне знищення бур'янів родини селерових. При виявленні гусениць застосовують інсектициди [598].

Зонтична попелиця – *Siphocoryne (Cavariella) pastinacae* L. (ряд Homoptera, родина – Aphididae). В Україні поширена скрізь. Шкодить селеровим овочевим культурам. Крилаті самиці блідо-зелені з матово-чорною головою та грудьми і темно-бурими очима й вусиками. Безкрилі самиці жовто-зелені з червоними очима. Зимують яйця на насінниках та рослинних рештках моркви й інших селерових культур. Навесні з яєць виплоджуються самиці, які розмножуються без запліднення, утворюючи колонії під зонтиками та на листках рослин. Вони висмоктують сік із рослин, після чого пошкоджені листки скручуються. Внаслідок цього урожай та його якість знижуються.

Заходи захисту. Збирання та знищення рослинних решток моркви й інших селерових. Обприскування насінників афіцидами [595-598].

Система захисту кукурудзи від шкідників передбачає застосування комплексу організаційно-господарських, агротехнічних, хімічних та біологічних заходів [470, 491, 539].

Дотримання сівозміни, лущення стерні, зяблева оранка з перевертанням скиби, сівба в оптимальні строки, внесення добрив, міжрядні обробки, збирання кукурудзи у стислі строки на низькому зрізі (8-12 см), знищення бур'янів – комплекс заходів, які надійно контролюють чисельність шкідників. Поля із значною чисельністю шкідників необхідно відводити під посів бобових, льону, гречки, проса або під чорний пар. Ці культури та чорний пар погіршують умови живлення та розвитку шкідників, насамперед за умов багаторазової культивації запирієних площ. Ефективним є міжрядний обробіток просапних культур, якщо він збігається з найуразливішими стадіями розвитку шкідників [470, 489, 534, 548].

Рослинні рештки мають значний потенціал пошкодження кукурудзи шкідниками, зокрема стебловим кукурудзяним метеликом. Ефективне подрібнення стебел зразу ж після збирання (забезпечує загибель 50-90 % зимуючих гусеней стеблового кукурудзяного метелика), раннє лущення і мульчування поля пришвидшує розкладання органічних компонентів, погіршуючи тим самим умови перезимівлі для стеблового метелика і совки, скорочуючи їх популяції [470, 487, 599]. А загортання після збирання рослинних залишків на глибину 27-30 см, призводить до загибелі 90 % популяції стеблового метелика [600].

На полях сильно заселених стебловим кукурудзяним метеликом урожай слід збирати в першу чергу. За подовження строків збирання на 30 і більше днів виживання гусениць у пеньках збільшується у 3-4 рази [485, 600]. Завдяки вчасному збиранню кукурудзи за низького зрізу стебла – не вище 10 см над

рівнем ґрунту – знижується до 68 % кількість гусениць стеблового метелика [74, 539, 600].

Важливим моментом у стійкості кукурудзи до шкідників є вирощування стійких або толерантними до пошкоджень гібридів [549, 550].

Мінеральні добрива здатні діяти на шкідників як безпосередньо, так і завдяки зміні біохімічного складу рослин. Фосфорно-калійні добрива підвищують стійкість кукурудзи до хвороб та шкідників і покращують загальний стан її посівів. На фоні незбалансованого внесення азотних добрив підвищується чисельність фітофагів [88, 482, 601].

Використання високоякісного інкрустованого захисно-стимулюючими препаратами насіння обмежує шкодочинність шкідників [35, 36, 68, 490].

В умовах зрошення збільшується не тільки кількість, але і ступінь пошкодження рослин кукурудзи стебловим метеликом.

Забур'яненість посівів, тривалий період збору врожаю є причиною поширення ареалу шкодочинності стеблового метелика [602].

Узагальнюючи дані літературних джерел, можна зробити такі висновки:

Вивчення функціональних особливостей макро- та мікроелементів у життєдіяльності рослинного організму для сільськогосподарських та овочевих культур у різних агроекологічних умов України має не лише наукову, а й практичну цінність. Численними дослідженнями доведено вплив системи удобрення, зокрема із використання біодобрив (дигестату) отриманих шляхом анаеробного зброджування рослинних решток та тваринних відходів, на формування урожаю, адаптивності, стресостійкості та якості продукції. Щодо досліджень з ефективності біоорганічних добрив (дигестату) на конкретні сільськогосподарські та овочеві культури, рівень родючості, баланс елементів живлення та комплекс агрономічно-цінних ознак ґрунтів, то інформації в літературі недостатньо.

Отже, аналіз літературних джерел свідчить про те, що для підвищення родючості ґрунтів (вмісту органічної речовини), забезпечення максимального потенціалу сільськогосподарських та овочевих культур необхідно провести дослідження з вивчення цілого ряду питань, які на даний час недостатньо або зовсім не вивчені, а саме:

- встановити особливості росту й розвитку та формування урожаю кукурудзи, моркви та буряків столових залежно від норми внесення біоорганічного добрива (дигестату) на основі свинячого гною;
- на основі комплексних досліджень дати оцінку балансу елементів живлення у ґрунті при застосуванні біоорганічного добрива «Ефлюент» з метою збереження та підвищення рівня родючості ґрунтів;
- дослідити та обґрунтувати оптимальну норму внесення біоорганічних добрив (дигестату) при вирощуванні кукурудзи, моркви та буряків столових;
- встановити вплив внесення біоорганічних добрив на якість овочевої продукції, зокрема накопичення у ній важких металів та нітратів;
- з'ясувати імунологічний стан посівів залежно від досліджуваної норми внесення дигестату;
- визначити реакцію кукурудзи, моркви та буряків столових на оптимізації

забезпеченості рослин елементами живлення за різних норм внесення біоорганічних добрив, що вивчали.

Пошук шляхів оптимізації забезпеченості рослин макро- і мікроелементами на основі використання біоорганічних добрив, які б забезпечували значне зростання урожайності, якості продукції та підвищили б родючість ґрунтів та здатні вирішити проблему утилізації тваринницьких відходів в умовах промислових комплексів у нашій державі. Різні твердження вітчизняних та зарубіжних вчених з окремих питань отримання, виробництва та застосування біоорганічних добрив при вирощуванні рослинницької та овочевої продукції підтверджують актуальність та необхідність подальших досліджень з даної проблеми.

РОЗДІЛ 2
МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ ТА АГРОХІМІЧНИЙ СКЛАД ДИГЕСТАТУ ІЗ СВИНЯЧОГО ГНОЮ

ТОВ «Органік – Д» одна з перших компаній України, де втілюються аграрні та технологічні рішення у галузі культивації коренеплодів та інших культур на біоорганічному добриві отриманому шляхом анаеробного зброджування свинячого гною в біогазовій станції. Площа земельного банку господарства становить 360 га, із яких 60 га – зрошувальні землі.

Підприємство ТОВ «Органік Д» у селі Сутиски Вінницької області було засноване у 2017 році й спеціалізується на вирощуванні овочів борщового набору та сільськогосподарських культур. Господарство швидко налагодило співпрацю з ритейлерами та переробниками завдяки продуманим інвестиціям в обладнання для зберігання й доробки продукції.

Овочевий клин займає понад 70 га, має в сівозміні моркву (35 га), столові буряки (10 га), пізню капусту (5 га), гарбузи (7 га) та цибулю (10 га). Вперше у 2020 році висадили картоплю: 4 га на зрошенні та 6 га на богарі. Вироблену продукцію рослинництва та овочівництва господарство реалізовує за допомогою торгових бірж, мереж супермаркетів «Метро», «АТБ», «Сільпо» та на ринку, а також видає на паї пайовикам. На сьогодні підприємство володіє сучасним сховищем на 3 тис. тон з повністю контрольованим середовищем, має чотири камери для контейнерного зберігання площею від 300 до 550 квадратних метрів де контролюється температура, вологість, використовується озонування для знезараження продукції, самих сховищ і тари. Завдяки системі зберігання мінімізуються відходи, мінімізується кількість дефекту.

Воно розташоване в зручному місці, оскільки поблизу є залізничні станції, де можна реалізовувати вирощену власну продукцію у віддалені регіони країни та за кордон. Із 11 липня 2022 у господарстві 30 т столових буряків щорічно переробляється на висушену продукцію для контрагента. У господарстві є камера для сушіння стелажного типу. ТОВ «Органік-Д» реалізує сушені овочі через вінницьку компанію «Пайпер Україна».

Надійним партнером ТОВ «Органік-Д» є свинокомплекс «Субекон», на якому утримується близько 12 тис. голів свиней, розташований поруч, що має біогазову станцію потужністю 300 кіловат енергії, на якій відбувається переробка відходів свинарства. Отриманий дигестат біогазової станції, який за своїми характеристиками є цінним біоорганічним добривом насиченим азотом використовують для удобрення сільськогосподарських та овочевих культур у ТОВ «Органік-Д» (рисунок 2.1).

На свинокомплексі використовується безпідстилковий спосіб утримання тварин. Рідкий свинячий гній отримується за рахунок інтенсивних технологій утримання тварин, де використовують щілинні підлоги та самопливну каналізаційну систему замість солом’яної підстилки. Потім цей гній пропускається через біогазову установку для отримання біогазу, а рештки, що залишилися, пройшовши детоксикацію, використовуються, як

біоорганічне добриво «Ефлюент» на основі дигестату (див. рис. 2.1).

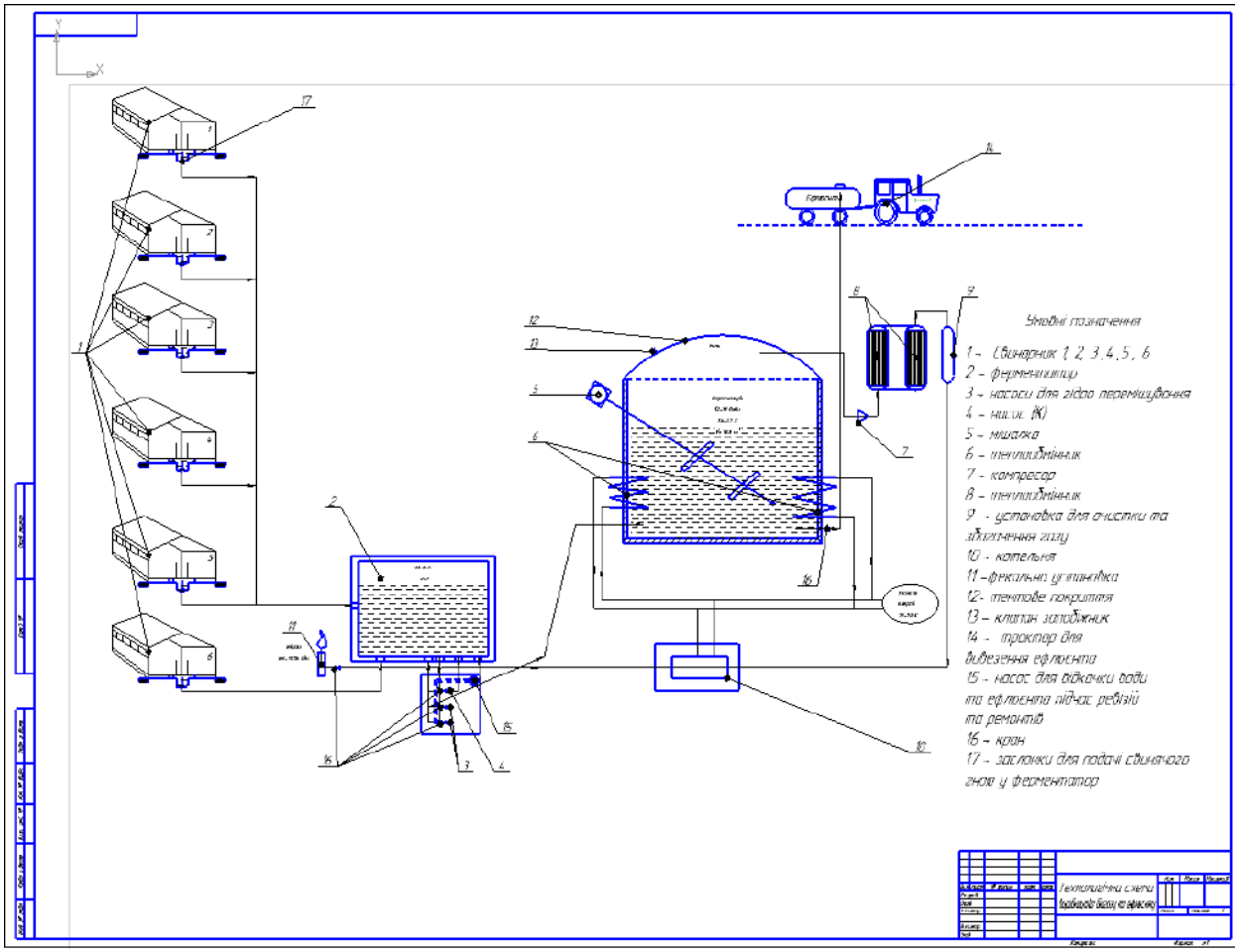


Рисунок 2.1. **Технологічна лінія виробництва біогазу та біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату**

Анаеробне зброджування гною здійснюється протягом 14 днів. Отримане біоорганічне добриво на основі дигестату «Ефлюент» сертифіковане (ТУ У 20.1-38731462-001:2018) та запатентоване в Україні (див. додаток Б).

Мікробіологічний склад [160] безпідстилкового свинячого гною, що використовується у біогазовій станції для анаеробного зброджування та отримання біоорганічного добрива «Ефлюент» наведений у таблиці 2.1.

Проходження свинячого гною через біогазову установку забезпечує зменшення кількості патогенних мікроорганізмів та збільшує кількість сапрофітних організмів, що суттєво поліпшує мікробіологічний склад отримуваного біоорганічного добрива «Ефлюент» [603].

Аналізуючи видовий склад патогенних грибів перебродженого (дигестату) та неперебродженого (свіжого) гною (табл. 2.2), необхідно відмітити, що у перебродженому гної кількість патогенних грибів із роду *Fusarium* зменшилася до 3,2 %, тоді як у неперебродженого гною вона становила 9,5 %. Крім того, у перебродженому гної взагалі відсутні гриби із роду *Aspergillus*, тоді як у неперебродженому гної їх кількість становить 57,2 %.

Таблиця 2.1

Кількісний склад мікроорганізмів у зразках рідкого свинячого гною (від 25.02.2019 р.)

№ з/п	Вид свинячого гною	Всього, тис/г	у т. ч.				Гриби-антагоністи		Токсиноутворювальні види грибів	
			патогенні види		сапротрофні види					
			тис/г	%	тис/г	%	тис/г	%	тис/г	%
1	Перебродженний	193,8	12,6	6,4	181,2	93,6	6,2	3,2	31,2	16,1
2	Неперебродженний	118,8	79,2	66,7	39,6	33,3	11,3	9,5	101,8	85,7

Аналізуючи видовий склад сапротрофних грибів (табл. 2.3), необхідно відмітити види із роду *Penicillium* (*P. janczewskii* Zaleski, *P. raciborskii* Zaleski, *P. simplicissimum* (Oudem.) Thom, *P. chryzogenum* Thom) та із роду *Acremonium (A. Kiliense* Grutz) [603].

Таблиця 2.2

Родове співвідношення патогенної мікофлори у різних зразках свинячого гною, (від 25.02.2019 р.)

№ з/п	Варіант	Всього патогенних грибів		у тому числі із родів, %		
		тис/г	%	*Fusarium*	*Alternaria*	*Aspergillus*
1	Перебродженний	12,6	6,4	3,2	3,2	0
2	Неперебродженний	79,2	66,7	9,5	0	57,2

Кількість сапрофітних грибів у неперебродженому гної становить із роду *Penicillium* – 33,3 %, із роду *Acremonium* взагалі не виявлено, тоді як у перебродженому вигляді їх кількість зростає і складає – *Penicillium* – 87,1% та *Acremonium* – 6,5 % [603].

Отже, проходження свинячого гною через біогазову установку забезпечує зменшення кількості патогенних мікроорганізмів та збільшує кількість сапрофітних організмів, що істотно покращує мікробіологічний склад отримуваного біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент».

Окрім мікробіологічного складу, для отриманого добрива важливе значення має агрохімічний склад (табл. 2.4).

Біоорганічне добриво «Ефлюент» характеризується лужною реакцією ($pH_{сольове}$ 8,5), високою кількістю вологи, яка у масовій частці складає 98,4 %, значним вмістом нітратного азоту (18,2 мг/кг), міді (4,6 мг/кг), цинку (32 мг/кг), марганцю (20 мг/кг) та заліза (120 мг/кг). Якщо перевести вміст елементів живлення за діючою речовиною на 1 тону біоорганічного добрива «Ефлюент» (дигестат) то у ньому міститься – 2,9 кг азоту, 0,9 кг фосфору, 3,2 кг калію, 3,5 кг кальцію та 0,42 кг магнію.

Таблиця 2.3

Видове співвідношення сапротрофної мікрофлори свинячого гною (від 25.02.2019 р.)

№ з/п	Варіант	Всього сапротрофних грибів		у тому числі із родів, %	
		тис/г ґрунту	%	*Penicillium*	*Acremonium*
1	Перебродженний	181,2	93,6	87,1	6,5
2	Неперебродженний	39,6	33,3	33,3	0

Тому використання даного добрива дозволить забезпечувати рослини як макро-, так і мікроелементами.

Таблиця 2.4

Агрохімічний склад біоорганічного добрива на основі дигестату«Ефлюент», (за 2019-2020 рр.)

№ з/п	Найменування показників, одиниці вимірювання	Результати випробувань
1.	pH сольове	8,2-8,5
2.	Масова частка вологи, %	97,5-98,4
3.	Суха речовина, %	1,6-2,5
4.	Вміст золи в натурі / в абсолютно сухій речовині, %	0,60/34,5-37,3
5.	Вміст органічної речовини в натурі / в абсолютно сухій речовині, %	1,00/62,7
Макроелементи		
6.	Нітратний азот, мг/кг	18,2 (0,06%)
7.	Амонійний азот, кг/т	2,3-3,0
8.	Загальний азот, кг/т	2,9-4,1
9.	Фосфор в перерахунку на P_2O_5, кг/т	0,9-1,3
10.	Калій в перерахунку на K_2O, кг/т	1,8-3,2
11.	Сірка в перерахунку на SO_3, кг/т	0,54
11.	Магній в перерахунку на MgO, кг/т	0,42-0,52
12.	Кальцій в перерахунку на CaO, кг/т	1,1-3,5
Мікроелементи		
13.	Мідь, мг/кг	4,6-19,0
14.	Цинк, мг/кг	32,0-43,0
15.	Марганець, мг/кг	14,9-20,0
16.	Залізо, мг/кг	45,1-120,0
17.	Молібден, мг/кг	0,23

Потребу в елементах живлення, забезпеченості ґрунту макро- і мікроелементами, дослідження агрохімічного мікробіологічного складу біоорганічного добрива проводили в акредитованих і сертифікованих

лабораторіях. Для корегування забезпеченості рослин елементами живлення в період вегетації використовували функціональний метод листкової діагностики за допомогою портативної лабораторії «Агровектор» – ПФ-014.

2.1. Показники агрохімічного складу ґрунту залежно від застосування біоорганічного добрива «Ефлюент»

Внесення органічних добрив позитивно впливає на показники родючості ґрунтів та вміст органічної речовини [10, 13, 14]. Вплив біоорганічного добрива «Ефлюент» отриманого шляхом анаеробного зброджування свинячого гною в біогазовій станції, на агрохімічні показники ґрунту дослідної ділянки, наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Вплив біоорганічного добрива «Ефлюент» на агрохімічний склад ґрунту в умовах ТОВ «Органік-Д», (за 2019-2020 рр.)

Дата відбору зразків ґрунту	Назва зразка	pH обмінна	pH гідролітична ммоль / 100г	Масова частка вуглецю, %	N (NH_4) мг/кг	N (NO_3) мг/кг	N (NH_4+NO_3) мг/кг	P_2O_5 мг/кг	K_2O мг/кг	S, мг/кг	Ca, мг/кг	Cu, мг/ кг	Zn, мг/ кг	Mg, мг/кг	Mn, мг/кг
14.06.2019	До внесення	4,68	2,55	1,03	14,13	1,37	15,5	75,77	103,33	2,4					
28.11.2019	Перше визначення	5,70	1,37	0,70	9,60	94,5	104,1	139,10	207,40	18,2	925	0,29	3,98	60,8	27,82
26.03.2020	Друге визначення	5,40	2,16	1,50	41,20	47,5	88,7	100,70	230,40	9,0	1550	0,13	1,32	141,8	7,16
Різниця між попереднім та поточним визначеннями		0,72	-0,39	0,47	27,07	46,13	73,2	24,93	127,07	6,6	625	-0,16	-2,66	81,0	-20,66

Із даних таблиці 2.6 видно, що внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га позитивно впливає на показники агрохімічного складу ґрунту, зокрема показник pH (обмінна та гідролітична) ґрунту за рахунок високого вмісту кальцію у добриві суттєво знизився, але на короткий період часу, вміст основних мікро- та макроелементів поліпшився.

Отже, агрохімічна роль біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату полягає в тому, що вдається отримати високоякісну і екологічно чисту овочеву та сільськогосподарську продукцію за одночасного збереження та відтворення родючості ґрунту, і, як наслідок, покращення

здоров'я людей через споживання екологічно чистої сільськогосподарської продукції за використання біоорганічних добрив.

2.2. 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 20 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 абревіатуру **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».

Таблиця 2.7

Цікавим є тлумачення абревіатури «SMART»:

S	Self Directed	Самокерований
M	Motivated	Мотивований
A	Adaptive	Адаптивний
R	Resource-enriched	Ресурсозбагачений
T	Time-bound	Обмеженість у часі

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.

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.

Накопичення товаровиробниками технологій роботи з інформацією в перспективі зумовить появу нової якості, яку нині називають Smart, де технології базуються на взаємодії та знаннях.

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.

Питання розвитку інноваційної діяльності сільського господарства в Україні охоплює дослідження значення, сутності, розвитку, причин потреб інноваційної діяльності сільського господарства України, проблем які слід вирішити та перспективи в загальному. Проте вони не вказують конкретних інноваційних технологій, які слід впровадити для покращення стану аграрного сектору промисловості. Залишилось поза увагою науковців використання аграріями **smart-технології** в Україні, які успішно сьогодні діють за кордоном. Ми розглядаємо можливість впровадження smart-технологій як одного із засобів інноваційного розвитку сільськогосподарських підприємств України.

Не новизною 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**, яка 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 саме після того вживати необхідних заходів, використовуючи сучасні технології, наприклад:

1. **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.

2. **Географічна інформаційна система** (GIS) - програмне забезпечення, яка дозволяє обробляти й показувати просторову інформацію, комп'ютеризувати і створювати електронні карти;

3. **Датчики** для дистанційних вимірів і бортові датчики для приведення в дію різних частин машинного агрегату. Це значний внесок в ведення аграрної справи та варто зазначити, що електронна комерція стрімко йде в гору і вищевказані технології стрімко вдосконалюються. На зміну одним – приходять інші.

До прикладу **smart-технології**, які змінюють світ, полегшуючи будь-які справи, будь яку діяльність. Розглянемо таку **smart-розробку, як дрон**. Ми все більше звикаємо до ґаджетів 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 дрону прикріпити спеціальні датчики, то можна буде ідентифікувати, наприклад, пересушені ділянки землі, надлишок або нестачу добрив та низку інших суттєвих показників.

Цікавий проект представив український стартап **Kray Technologies**. Дрон, який вносить ЗЗР, розвиваючи швидкість до 110 км / год. Технічні характеристики коптера дозволяють йому обробляти до 500 га в день. Передбачається, що ефективність внесення дроном буде до 10 разів краще, ніж від спрейєра і літаків. Тривалість одного польоту становить близько 15 хвилин, за цей час літальний апарат обробляє до 14 га поля.

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 і намагатися повсюдно впроваджувати **системи розумного землеробства**. У цьому сенсі готові smart-рішення і розробки на основі штучного інтелекту, використовувані в Ізраїлі, могли б багато в чому допомогти вітчизняним фермерським господарствам. **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 з них є:**

1. Sensilize. Ізраїльтяни винайшли 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. BioBee. Компанія BioBee вирощує різні види павуків, бджіл і мух, які поїдають шкідливих комах. Технологія дозволяє скоротити або взагалі

виключити використання пестицидів, допомагаючи фермерам експортувати свою продукцію в розвинені країни, оскільки міжнародні правила обмежують торгівлю зерном, обробленим хімічними речовинами.

3. MiRobot. Компанія miRobot розробила доїльну роботизовану систему, щоб зробити доїння корів більш ефективним. Ця система очищає, доїть і виконує необхідні процедури після доїння корови. Оскільки miRobot працює без участі людини, то цим самим скорочуються витрати на заробітну плату і збільшується 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 тепла, ROOTS може охолодити її, і навпаки. Ця технологія допомагає підвищити врожайність деяких культур (базилік, полуниця і салат).

5. Tal-Ya. Компанія розробила інноваційний метод, який дозволяє отримати більший урожай при використанні меншої кількості води. Це стало можливим завдяки багаторазовим пластиковим лоткам для отримання води з повітря. Контейнери з переробленого пластику зменшують потреба 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 найменші терміни. Розвиток технологій настільки прогресивний, що певно, 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.

Технічне забезпечення інноваційних технологій у рослинництві. Відтворення виробничого потенціалу сільськогосподарських підприємств у сучасних умовах господарювання багато у чому залежить не тільки 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 агарного 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.

Проте відсутність реальних масштабних позитивних зрушень у покращенні **техніко-технологічного забезпечення** виробництва сільськогосподарської продукції протягом тривалого періоду вимагає продовження наукових пошуків у цьому напрямку на основі вивчення та узагальнення передового іноземного і вітчизняного досвіду, сучасних тенденцій розвитку світового аграрного виробництва.

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 впроваджень **новітніх досягнень науково-технічного прогресу** у господарську діяльність. Нормальний розвиток економіки можливий лише у випадку, коли ⅔ приросту річного виробництва відбувається за рахунок науково-технічного прогресу, а ⅓ – 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 місцевим виміром 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 непродумане 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.

Крім того, 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 речових (клейковини, білку, амінокислот, жирних кислот тощо). За це вони готові сплачувати відповідні кошти.

Складові урожаю сільськогосподарських культур загальновідомі:

це - якісний насіннєвий матеріал,

- добрива,

- засоби захисту рослин від бур‘янів, хвороб і шкідників,

- високо продуктивна техніка для своєчасного виконання усіх передбачених технологією агротехнічних заходів,

- науково обґрунтоване планування та організація виробництва, а також

ефективний менеджмент.

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 сільських 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, Монсанто знаходяться у межах від 10 до 30 г/га (замість сотень грам або навіть кілограм на 1 га у традиційних технологіях); **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 позиціювання** 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. Є припущення, що координатне землеробство у поточному столітті стане основним напрямом виробництва продукції рослинництва у світі.

Використання точних технологій у рослинництві дозволяє індивідуалізовувати процеси вирощування відповідно до винятковості об‘єкту управління, що обумовлюється його нестандартними характеристиками – агроекологічними, організаційними та економічними. 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, його кислотність, 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.

Ще донедавна відео зображення не використовувалися для **розпізнавання культурних** рослин і бур‘янів у режимі реального часу. Дослідники вважають, що економічні вигоди від впровадження таких технологій можуть бути доволі значними, бо вони дозволяють скоротити витрачання хімічних засобів захисту рослин на 90 %. 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»**.

До останніх інноваційних розробок з використанням глобальної супутникової навігаційної системи GPS у царині захисту сільськогосподарських культур можна віднести **систему раннього попередження щодо настання хвороб рослин**. За допомогою спеціальної комп'ютерної програми, яка у режимі реального часу здійснює спектральний аналіз знімків посівів з супутників, можна заздалегідь (приблизно за два тижні) передбачити масове настання хвороби.

Проведені дослідження довели, що **використання сучасних інноваційних високоточних технологій** дає можливість зменшити витрати насіння у 1,5-2,0 рази, хімічних засобів захисту рослин – у 2,0 рази, мінеральних добрив – на 20-30 %, 7 паливно-мастильних матеріалів – у 2,0-2,5 рази. У високо розвинених країнах Західної Європи при застосуванні високоточних технологій сільські товаровиробники досягають урожайності зернових 8 т/га і більше, цукрових буряків – до 70, картоплі – понад 40 т/га.

Розробка і впровадження сучасних інноваційних високоточних технологій виробництва сільськогосподарської продукції у загальносвітовому масштабі призводить до того, що країни з низьким рівнем розвитку економіки постають 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 тільки виявити резерви та правильно їх використати за найбільш перспективними напрямами. Зокрема це повинно знайти відображення і втілення в економічній стратегії розвитку технічного забезпечення вітчизняного аграрного виробництва.

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 пального на 26-40 %, праці – на 30-60, прямих експлуатаційних витрат – на 22-50, підвищення урожайності сільськогосподарських культур – на 30-40 %, збільшення валового виробництва зерна на 10-15 млн. т, м'яса усіх видів – до 5,1 млн. т і молока – до 20 млн. т.

Досягати таких показників необхідно за рахунок впровадження зонально адаптованих ресурсозберігаючих екологічно безпечних інноваційних технологій виробництва продукції у рослинництві і тваринництві. 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.

Смарт технології для технологічної революції аграрної галузі. Переходячи від четвертої промислової революції до п'ятої, ми настільки звикли до швидкого темпу інновацій, що продовжуємо очікувати все більш ефективних і ефективних технологічних рішень.

Швидко, після проривів, що виникали через появу Інтернету і смартфонів з сенсорним екраном, тепер настала черга штучного інтелекту (AI) та розумних технологій очолити наступний етап глобальних інновацій.

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.

Розумні технології можна розділити на три види:

1) Пристрої Інтернету речей (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 агроекосистеми.

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, як це є сьогодні. Це стало можливим завдяки розумним технологіям. Будь то регулювання освітлення кімнати, управляння виробничим процесом, охорона посівних площ або замовлення улюбленої їжі онлайн, смарт технології доступні за вашим бажанням. Це виводить зручність на абсолютно новий рівень.

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 розгорнути смарт технології. З огляду на те, що найчастіше ми не оптимізуємо використання енергії, а замість цього витрачаємо її надаремно, забуваючи вимкнути побутову техніку, розумні технології можуть відігравати вирішальну роль у збереженні енергії. Смарт технологія може регулювати та автоматизувати використання енергії, наприклад, вимикаючи або регулюючи освітлення, опалювальні та охолоджувальні прилади, коли вони не використовуються, або коли були досягнуті необхідні умови. Це заощаджує гроші і в той же час допомагає економити енергію, що дійсно безпрограшно.

3) **Безпека.** Смарт технології забезпечують більш надійний захист, ніж традиційні системи безпеки з ручним керуванням. Окрім оповіщення власників, смарт технології 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. Це означає, що процеси та системи стають ефективнішими, а ви як людина – продуктивнішими.

5) **Економія.** Розумна технологія автоматизує повторювані роботи та запобігає втраті часу. Пропонуючи широкий спектр переваг у багатьох галузях, тенденція поширення смарт технологій вже стала повсемістною і не має жодних ознак її зменшення. Адже ми всі хочемо заощадити час і гроші і в цьому процесі стати більш продуктивними, комфортними та безпечними. В аграрному секторі сьогодні стрічаються такі різновиди Smart технологій, як Smart Field, Smart Agro, Smart Tech та інші. Сьогодні досить актуальними Смар технології стали для 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.

Компанії та господарства, що впровадили Smart технології відзначають, що відсутність інновацій в аграрному секторі залишає 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 тільки 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.

РОЗДІЛ 3
ПІДБІР СОРТІВ ТА ГІБРИДІВ ЯК ЧИННИК ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ У ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ

У сучасних умовах господарювання важливою умовою підвищення ефективності виробництва зерна кукурудзи в межах оптимального живлення рослин є раціональний підбір гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Правильно підібравши відповідні та придатні для конкретного регіону сорти та гібриди, створивши сприятливі умови для їх вирощування, можна забезпечити повний прояв їх економічно цінних властивостей (закріплених генетично).

Сорт або гібрид є надійним і економічно вигідним фактором підвищення врожайності культури, за будь-якої технології вирощування. Сучасні сорти та гібриди повинні максимально відповідати інтенсивним та індустріальним технологіям вирощування.

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 одержання високого врожаю високої якості в результаті ефективного використання факторів зовнішнього середовища при вирощуванні за певних природних і виробничих умов. Тому сорт є важливим фактором середовища і засобом виробництва для підвищення урожайності і якості продукції сільськогосподарських культур.

Теоретичне і експериментальне обґрунтування перспективних **моделей сортів** сільськогосподарських культур – один з головних напрямів спільної взаємодії генетики, фізіології, біохімії і селекції рослин. Досягнутий в цьому напрямі прогрес пов’язаний з розвитком теорії фотосинтетичної продуктивності, з вивченням генетичної природи стійкості проти хвороб і несприятливої дії факторів середовища [36].

Модель сорту – це науковий прогноз, майбутніх сортів або гібридів та окремих їх ознак для максимального задоволення вимог виробництва даної культури – максимальна і стабільна врожайність, висока якість продукції. Сорт повинен мати високу стійкість до дії несприятливих абіотичних і біотичних факторів.

Суттєві відмінності у реакції рослин на умови вирощування зумовили розвиток нового напряму в рослинництві – сортової агротехніки, де гібрид, формування оптимальної густоти стояння рослин і ефективне використання добрив відіграє важливу роль у підвищенні врожайності.

За щорічного підбору високоврожайних гібридів виділяють біотипи найпристосованіші до мінливих умов конкретного року вирощування. До нових гібридів висувається вимога не лише формувати високу врожайність

зерна, але й стабільно утримувати її за роками.

Вирощування в господарстві 2-3 різних за скоростиглістю сортів та гібридів для стабілізації потенційних можливостей залежно від мінливості агрокліматичних умов впродовж усього періоду вегетації, а також усунення напруженості під час збирання врожаю дозволить господарству компенсувати недобір врожаю одного з сортів або гібридів, але здійснюється сівба кожного із гібридів на окремих полях згідно зі своєю сортовою [28, 36].

Створені у світі селекціонерами сорти і гібриди сільськогосподарських культур мають потенціал продуктивності, який ще не реалізований у виробництві. Межа продуктивності зернових не тільки не досягнута, але навіть і не встановлена. Вона підвищується в міру селекційного поліпшення сортів і оптимізації умов вирощування. Біологічний потенціал урожайності сортів та гібридів сільськогосподарських культур становить 1/5 від фактичного. Досягти хоча б 60-70 % рівня урожайності від біологічного потенціалу заважає відсутність стійкості рослин до цілого ряду факторів. Головна причина недоборів врожаю – невідповідність сорту (гібриду), технології та економічним ресурсам поля, і навпаки: невідповідність технології, біологічним особливостям сорту (гібриду) й економічним ресурсам.

До факторів, які вирішують співвідношення посівних площ сортів або гібридів різних груп стиглості, належать – теплові ресурси зони, рівень забезпеченості зрошувальних систем поливною водою (гідромодуль), наявність дощувальної техніки, спеціалізація господарства, забезпеченість добривами, посівними і збиральними машинами, наявність сушильного господарства і його потужність, спосіб використання зерна та ін.

Добір сортів або гібридів сільськогосподарських культур повинен здійснюватися не лише за ознаками потенціалу урожайності і вологості зерна, а й за реакцією на застосування добрив та зрошення.

За відношення до застосування факторів інтенсифікації у технологіях вирощування овочевих та сільськогосподарських культур всі сорти та гібриди можна поділити на: **інтенсивні**, **напівінтенсивні** або **пластичні** та **екстенсивні** [36].

Інтенсивні сорти та **гібриди**, в порівнянні із напівінтенсивними, вимагають високої інтенсифікації технології вирощування. У форм інтенсивного типу набагато кращі показники врожайності, але вони потребують повного дотримання умов вирощування. Якщо вони не отримають усіх потрібних ресурсів (добрива, світло, волога, добре оброблені ґрунти чисті від бур’янів та інші елементи агротехніки), їхня врожайність може бути нижчою за традиційні сорти й гібриди [3, 29].

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 здатні за даних умов 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.

Істотну зацікавленість товаровиробників мають **агрохімічно ефективні сорти** (АЕС), які забезпечують зниження витрат мінеральних добрив на 30 % і більше. АЕС рослин є, як правило, стійкими до екстремальних умов. 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 за внесення добрив має не лише потужний розвиток кореневої системи, але перш за все активна її фізіологічна діяльність: підвищений приплив вуглеводів до коренів, більш тривале функціонування зародкових і придаткових коренів, підвищений вміст фізіологічно активних метаболітів та ін. [29, 36].

Також у технологіях вирощування культурних рослин можна застосовувати **суміші видів, сортів** та **гібридів** овочевих та польових культур.

Мета поєднання в посіві різних за морфологічними, екологічними та біологічними властивостями представлених категорій може бути різною. В агрофітоценозах здебільшого вирощують один сорт (гібрид), який має свої сортові ознаки росту і розвитку, періоди вегетації, формування врожаю, відношення до екологічних чинників. На відміну від природних фітоценозів, чисті сортові посіви мають певні характерні особливості, такі як: тривалість вегетаційного періоду, використання сонячної енергії, просторове розміщення наземних та підземних органів, їх габітус, однобічне використання елементів живлення, стійкість до несприятливих умов тощо. Через це для ефективного використання чинників життя відповідно до росту продуктивності та якості врожаю, використовують багатосортові 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 [3, 29, 36].

Залежно від мети вирощування із таких **посівів можна отримувати**: корми з більшим вмістом білку (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 забезпечує кращий ріст рослин – ***компонентів суміші***. Це яскраво видно в сумішах ярої вики з вівсом, озимої вики з житом, де злакові компоненти краще ростуть порівняно з їх чистими посівами.

У полікультурах практично не виявляється стомлення ґрунту. За вдалого підбору рослин суміші більш стійкі до хвороб, шкідників і бур’янів.

Зміна клімату в останні роки, зокрема, підвищення середньорічних температур та збільшення ризику посухи, вимагають вирощування інтенсивних, високопродуктивних та посухостійких сортів. Підвищення екологічної стійкості сортів, як найважливішого біологічного чинника інтенсифікації технологій, особливо важливе в зв'язку з тим, що значна частина земельної площі нашої країни характеризується або вкрай холодним, або вкрай посушливим кліматом.

Добір сортів і ***гібридів*** сільськогосподарських та овочевих 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. Це дасть змогу використати в посівах певний сорт, намітити реальні заходи захисту рослин, максимально знизити застосування хімічних речовин, поліпшити екологічну ситуацію середовища [36].

Для ефективного вибору **сорту сільськогосподарських культур** товаровиробники звертають увагу на його господарські ознаки, такі як: потенційна урожайність, якість продукції, висота рослин, ознаки **адаптивності** до умов навколишнього середовища: зимо- та морозостійкість (для озимих культур), посухостійкість, стійкість до збудників хвороб та шкідників. Без врахування цих ознак неможливо отримувати щорічно стабільний та якісний врожай сільськогосподарських культур.

Процес адаптації рослин до стресів інтегрує різноманітні пристосувальні зміни, які відбуваються на різних організаційних рівнях і в цілому формують **адаптаційний потенціал**.

Показники адаптивності сучасних сортів та гібридів дозволили сформувати таке поняття, як **адаптивний сорт** (гібрид), тобто він має відповідати таким характеристикам: 1) висока екологічна пластичність, висока врожайність за широкої амплітуди змінюваних умов; 2) скоростиглість; 3) висока конкурентоспроможність щодо бур'янів, стійкість до хвороб і шкідників; 4) реакція на поліпшення умов вирощування; 5) придатність для вирощування в суміші з іншими культурами [29, 36].

В характеристиках сортів або гібридів слід звертати увагу на тип інтенсивності. Серед новостворених форм існують форми інтенсивного типу, які вимогливі до умов зовнішнього середовища і рівня агротехніки, а також форми, які мають понижену реакцію на зміну прийомів вирощування, що обумовлює помітну економію енергоресурсів і матеріальних витрат.

Для ефективного висвітлення питання вибору сортів та гібридів проведемо аналіз особливостей використання та підбору різних форм кукурудзи.

Для вибору гібридів кукурудзи в першу чергу необхідно враховувати особливості природно-кліматичної зони, які суттєво різняться між собою. Навіть в умовах одного господарства поля відрізняються між собою типами та родючістю ґрунтів, попередниками, обробітком ґрунту, вологозабезпеченістю. Тому, правильний підбір гібридів для конкретних ґрунтово-кліматичних умов та напрямку використання (зерно, силос) – основна умова високих врожаїв і, відповідно, прибутків.

Оцінка кліматичних умов вирощування, в свою чергу, регламентує

вибір гібридів за **групою стиглості**. Відповідно до класифікації ФАО весь світовий асортимент гібридів кукурудзи був поділений на дев'ять основних груп, а за основу систематики були взяті бали від 100 до 900. Одна одиниця в балах ФАО відповідає різниці між гібридами в 0,1 % сухої речовини в качанах. Різниця в 10 балів по ФАО відповідає орієнтовно 1-2 доби різниці за дозріванням або 1-2 % за вмістом сухої речовини в качанах за однакових строків збирання [36].

Гібриди кукурудзи розрізняють за групами стиглості та за показником числа ФАО. Модель систематизації даних за скоростиглістю кукурудзи розроблена і впроваджена організацією з питань продовольства та сільського господарства при ООН (Food and Agricultural Organization) або скорочено FAO (ФАО). Таким чином ФАО кукурудзи - це умовний індекс скоростиглості.

Ця система була впроваджена для того, щоб скажімо гібрид кукурудзи за даною системою ФАО із значенням «250» в різних країнах світу з різними агрокліматичними умовами розумівся однаково і не створював плутанину, як це спостерігалося раніше. Перша цифра показника вказує на належність гібриду до конкретної групи стиглості (ранньостиглої, середньостиглої та інших), друга - на відношення щодо термінів вегетації всередині групи.

Метод підбору гібридів кукурудзи за ФАО дозволяє аграріям завчасно і точно визначати, чи встигне дозріти конкретний гібрид чи ні. Тобто чим більше ФАО, тим більше днів вегетації, більше листків, більший потенціал, і відповідно вологовіддача [29, 36].

У нашій країні вирощують гібриди, які за класифікацією FAO відносяться до п'яти груп стиглості та відрізняються між собою характеристиками та особливостями технології.

Основні групи стиглості гібридів кукурудзи:

- ранньостиглі – 81-90 днів від появи сходів до повної стиглості зерна (ФАО 150-200);
- середньоранні – 90-100 днів від появи сходів до повної стиглості зерна (ФАО 200-300);
- середньостиглі – 100-110 днів від появи сходів до повної стиглості зерна (ФАО 300-400);
- середньопізні – 110-120 днів від появи сходів до повної стиглості зерна (ФАО 400-500);
- пізньостиглі – 120-130 днів від появи сходів до повної стиглості зерна (ФАО 500-600).

Для економнішого витрачання енергоносіїв у зоні із сумою активних температур 2200, 2400 і 26000С необхідно вирощувати ранньостиглі (ФАО 150-199), середньоранні (ФАО 200-299) та середньостиглі (ФАО 300-399) гібриди відповідно.

Ранньостиглі гібриди кукурудзи характеризуються стійкістю до низьких температур та перепадів температурних режимів. Пізньостиглі гібриди вимогливіші до температурних умов, але мають високу врожайність.

Найбільш оптимальним варіантом є використання сортів та гібридів із

різними індексами скоростиглості. Через це можна варіювати строками сівби та збирання. Існує правило, згідно з яким для отримання максимальної продуктивності необхідно:

- 50 % полів засівати такими гібридами, які відповідають умовам потреби у теплі та світлі в регіоні;
- 25 % ріллі використовувати для посіву ранньостиглих форм;
- 25 % полів відводити під посіви форм із вищим показником FAO та пізніми термінами дозрівання.

Сьогодні на ринку можна знайти багато різних гібридів. В цих умовах варто зважати і на **напрямок вирощування**: на зерно, на силос (корм), для виробництва крохмалю, біоетанолу, біогазу або спирту. Тому що у генетиці гібридів оригінатор закладає формування різних речовин у неоднаковій кількості, і краще чітко знати як використовуватиметься зібраний урожай.

Важливе значення у адаптивних властивостях сорту або гібриду має розвиток **кореневої системи**. Коренева система різних груп стиглості поширюється у різних шарах ґрунтового горизонту тому вони відрізняються за продуктивністю та використанням залишкових запасів продуктивної вологи і поживних речовин, а відповідно, продукуванням більшої асиміляційної поверхні вегетативних органів, що сприяє формуванню більшої кількості продуктів фотосинтезу, отриманню кращого та більш якісного врожаю [88].

Між розвитком підземної та надземної частин рослини існує тісний зв’язок. І якщо коріння забезпечує живлення надземних органів мінеральними речовинами, то зелена маса – першими необхідними для їхнього росту поживними речовинами – вуглеводами. Порушення рівноваги між цими двома системами позначається на рості рослин у цілому [604].

Регулювання мінерального кореневого живлення кукурудзи дозволяє не тільки отримувати високий урожай, але і керувати його якістю: нагромадженням вуглеводів, жиру, білків, вітамінів, алкалоїдів і інших сполук [11, 451].

Ступінь розвитку кореневої системи кукурудзи обумовлює посухостійкість та можливість реалізації потенціалу продуктивності гібридів загалом [605].

Основна маса кореневої системи (приблизно 60 %) розміщена в шарі ґрунту 0-20 см [36, 71]. Іноді корені кукурудзи можуть проникати у ґрунт на глибину до 3-4 м. За поливу ріст коренів у глибину зменшується [29, 36].

Розвинуті бічні корені, які добре зміцнилися та сформувалися під кутом близько 45° сприяють створенню потужної ярусної кореневої системи, збільшенню величини кута розгалуження коріння, що забезпечує кращу стійкість рослин до вилягання [606].

Горизонтальні розміри кореневої системи рослин у декілька разів більші за їх надземну масу. Визначальними у формуванні кореневої системи є гібрид, величина та співвідношення екологічних чинників, їх співвідношення й коливання в процесі розвитку [29, 36].

Коріння кукурудзи створює густу мережу дрібних корінців. У будові кореневої системи кукурудзи розрізняють п’ять типів коренів, які відрізняються за строками утворення, характером росту і значення їх в житті рослин: головний зародковий, бокові зародкові, мезокотильні (епікотильні), підземні вузлові

(стебло вузлові) і повітряні (опорні вузлові) стебловузлові корені. Зародкові корені перші дві-три неділі відіграють основну роль в постачанні рослин водою і поживними речовинами. Швидкий розвиток кореневої системи – властивість високоврожайних гібридів. Добрий обробіток ґрунту, застосування добрив, особливо азотних, покращує розвиток зародкових корінців [605].

Основну і найбільш дієву частину кореневої системи дорослої рослини кукурудзи складають вузлові і стеблові корені, які відходять від нижніх (підземних) вузлів стебла. Добрий їх розвиток, глибоке проникнення, фізіологічна активність – необхідні умови високого урожаю кукурудзи. Поширення вузлових коренів в глибину і в сторони, розподіл по шарах ґрунту залежить від кліматичних, ґрунтових умов і агротехніки. На чорноземних ґрунтах вузлові корені досягають глибини 1,5-2,0 м і більше поширюються в сторони від гнізда (ряду) до 100-125 см. На дерново-підзолистих ґрунтах коренева система максимальну глибину (до 40-60 см) досягає уже до фази 13 листків. Подальшому поглибленню перешкоджає ущільнений підорний шар ґрунту (щільність 1,6-1,7 г/см^3) [36, 605].

В несприятливих умовах зволоження утворення ярусів коренів відстає від утворення листків. При вологості нижче 15% ріст коренів першого ярусу практично не відбувається. Вузлові корені підземних вузлів стебла (повітряні) формуються в більш пізні фази (цвітіння). Розвиток їх в значній мірі визначається вологістю ґрунту і приземного шару повітря. У вологі роки окутування стебел кукурудзи землею сприяє утворенню додаткових ярусів коренів на надземних вузлах стебла [29].

Коренева система є біль стійкою до перегріву, ніж надземна частина рослин. В коренях при перегріванні не спостерігається підвищення активності протеолітичних ферментів, а після зняття дії перегріву на протязі значного часу відбувається інтенсивний синтез білку [36].

Потужно розвинена коренева система дозволяє рослинам легко переносити дефіцит вологи, за рахунок використання запасів її із нижніх ґрунтових горизонтів. Коренева система кукурудзи володіє високою вбирною силою і поглинає воду в 3-6 разів швидше, ніж коренева система ячменю, вівса або пшениці. Вона здатна поглинати воду при більш низькій вологості ґрунту порівняно з кореневою системою багатьох інших рослин. Удобрення і висока родючість ґрунту сприяють більш продуктивному використанню вологи рослинами [3, 36].

Дуже часто на запливаючих затримується розвиток рослин, зокрема й кореневої системи, через неможливість проникнення коренів глибше 12-15 см. Такі рослини є не стійкі до посухи в разі настання тривалих весняних суховіїв, які здатні дуже швидко висушувати поверхню ґрунту [605].

Потужна глибоко-проникаюча коренева система формується в ущільнений ґрунт для поглинання вологи та поживних речовин, завдяки чому рослина формує вищу врожайність [115, 606].

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 [29].

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 [29, 36].

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 знадобиться багато об’єднаних зусиль вчених біотехнологів, селекціонерів, генетиків, мікробіологів та екологів для дослідження механізмів формування та функціонування цих взаємодій [3, 11, 29].

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) [36].

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 сигнальним ознаками локусів генів інтересу, що впливають на їх формування, і від яких функціонально залежать рослинно-мікробні системи.

В останній час в Україні стрімко зростає кількість сертифікованих господарств, що виробляють **органічну 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 [11, 29].

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.

Такі морфо-біологічні характеристики сортів або гібридів, як посилений розвиток кореневої системи, зниження коефіцієнту транспірації, зміна архітектоніки рослин, фізіологічні рішення на клітинному рівні тощо, значно розширюють ареал їх пластичності. При цьому сорти або гібриди неоднаково реагують на агроекологічні умови вирощування, що зумовлює значну варіабельність характерних показників виходу поживних речовин з одиниці земельної площі, енергетичних витрат тощо [36].

В нових сортах або гібридах повинні поєднуватись висока продуктивність рослин зі стійкістю їх до абіотичних та біотичних стресів. Недостатній адаптивний потенціал призводить не лише до зниження врожайності, а й до її значної варіабельності, особливо в несприятливих умовах.

Для ефективного використання генетичного потенціалу гібридів необхідно враховувати **попередник**, як фактор закладання фундаменту вирощування насіння гібридів кукурудзи та безпосереднього впливу на затрати з нівелювання його негативних впливів [29].

Родючість ґрунту – гібриди по різному реагують на кислотність ґрунту, наявність ґрунтових вод в різних горизонтах і забезпеченість елементами живлення, гранулометричний склад ґрунтів на окремих полях, наявність схилів і інтенсивності освітлення.

Система удобрення – важливий елемент технології вирощування, оскільки кукурудза потребує збалансованого забезпечення елементами живлення протягом вегетації в великій кількості. Існує висока відмінність гібридів, відносно вимог до мінерального живлення [11, 36].

Потенціал урожайності гібриду – основний параметр, за яким

обирають гібрид. Товаровиробники у першу чергу звертають увагу саме на урожайність обираючи новий гібрид. Потенціал урожайності обумовлюється багатьма факторами (періодом вегетації, посухостійкістю, стійкістю до вилягання, шкідників, хвороб, стресових факторів, придатністю до механізованого збирання врожаю). У зв'язку із тим що врожайність гібридів у різних ґрунтово-кліматичних умовах неоднакова, для їх вибору необхідно враховувати власний досвід вирощування окремих гібридів та результати місцевих демонстраційних і виробничих випробувань.

Вологовіддача. Велике значення для впровадження енергоощадних технологій вирощування кукурудзи відіграють гібриди з швидкою віддачою вологи зерном (у своїй групі стиглості) під час дозрівання. Якщо потенціал урожайності гібрида дуже високий, але низька вологовіддача, на великі прибутки розраховувати не має можливості. Через це швидка вологовіддача є однією з тих ознак, на які необхідно звертати увагу. Адже швидка вологовіддача дає змогу зібрати урожай у заздалегідь сплановані терміни, а також суттєво заощадити на досушуванні зерна. На видалення 1% вологи кожної тони зерна витрачається 1,6-3,4 кг пального. Це означає, що за врожайності кукурудзи 5,0 т/га, на сушіння зерна (збиральна вологість 26-36%) до базисної кондиції (14%) треба додатково витрачати від 90 до 170 кг пального [607].

Посухостійкість. Посуха є одним із основних факторів, що лімітує розвиток гібридів кукурудзи в Україні. В умовах глобального потепління, зона достатнього зволоження України поступово, перетворюється на зону недостатнього зволоження, посухостійкість стає важливою ознакою. У регіонах, де річна кількість опадів вже зараз складає 330-360 мм, товаровиробники звертають увагу саме на стійкість до посухи. Кукурудза вимогливих до вологи культур, особливо у другій частині вегетаційного періоду. Найбільш небезпечною для кукурудзи є комбінована посуха, коли нестача вологи у ґрунті збігається з впливом сухого жаркого повітря. До критичного періоду рослин кукурудзи щодо нестачі вологи відносять два тижні до цвітіння та три тижні після нього. Посуха негативно впливає на елементи структури врожаю (зменшується кількість качанів на рослинах, їх розмір, вихід та маса зерна), висоту рослин, розмір міжвузля, листя та ін. Стійкість різних генотипів до посухи визначається зміною врожайності зерна, на яку опосередковано або безпосередньо впливають різні морфологічні й біологічні ознаки [36, 607].

Холодостійкість важлива ознака гібриду, завдяки якій можна проводити сівбу в більш ранні строки (за температури ґрунту на глибині загортання насіння +7-8 °С), зміщувати терміни збирання на більш ранні, зменшувати вплив страхових гербіцидів, під час застосування їх після похолодання. Посів холодостійких гібридів можна починати на 10-15 днів раніше оптимальних строків при температурі ґрунту на глибині загортання насіння 6-8˚С. Це дає змогу отримати сходи на 5-7 днів раніше, ніж у нехолодостійких гібридів, навіть у роки з недостатньою сумою активних температур. Таким чином, з'являється можливість збільшити фазу активного

фотосинтезу, за якої в рослині інтенсивно накопичується органічна речовина. Отримання більш ранніх сходів і більш швидкого розвитку рослин у холодостійких гібридів кукурудзи дозволяє підвищити врожайність зерна і силосної маси, особливо в ті роки, коли друга половина вегетації проходить у посушливих умовах. Стійкість гібридів кукурудзи до недостачі тепла має особливе значення для нормальної вегетації рослин навесні та на початку літа, що забезпечує більш повне використання агрокліматичних ресурсів.

Швидкий стартовий ріст дозволяє рослинам бути більш конкурентноздатними порівняно з бур'янами.

Придатність до технології вирощування. При підборі гібридів необхідно враховувати, також, який основний обробіток ґрунту використовується в господарстві. Для вирощування кукурудзи застосовують такі системи основного обробітку ґрунту: традиційна, Mini-till, Strip-till, No-till. Необхідно також звертати увагу на періодичність глибокого рихлення ґрунтів господарства. Гібриди кукурудза вимагають щільності ґрунту в межах 1,11,3 г/см^3, що є оптимальним показником для росту і розвитку кореневої системи. Зауважимо також, що глибина обробітку ґрунту впливає на рівень накопичення збудників грибкових хвороб. Чим глибше загортаємо рослинні рештки, тим кращий фітосанітарний стан на полі. Найбільші показники продуктивності отримують зазвичай за традиційного обробітку ґрунту (оранка), коли досягається оптимальна щільність ґрунту [].

Максимально реалізувати генетичний потенціал вибраний гібрид кукурудзи зможе за умови виконання рекомендацій оригінатора насіння відносно технології вирощування (ґрунтових умов, системи удобрення і захисту, густоти стояння рослин на момент збирання).

Стабільне виробництво зерна кукурудзи можливе за наявності гібридів з високою потенційною врожайністю, різними строками достигання, стійкістю до хвороб, вилягання, шкідників, несприятливих погодних факторів середовища та гарною вологовіддачею [29, 36].

На разі рекомендується диференційовано підходити до вибору гібридів кукурудзи для конкретного господарства, для цього обов'язково необхідно врахувати фактор наявності техніки для посіву та збирання, оскільки доцільно висівати на великих площах гібриди декількох груп стиглості.

Стійкість до хвороб. Впродовж періоду вегетації та проведення збиральних робіт кукурудзу уражують понад 100 видів грибів та бактерій, деякі вірусні й мікоплазмові хвороби. Найбільш шкодочинними хворобами кукурудзи є: стеблові та кореневі гнилі, фузаріоз, гельмінтоспоріозні плямистості, пухирчаста та летюча сажка. На поширення збудників хвороб кукурудзи та їх чисельність істотно впливають ґрунтово-кліматичні умови. Значна частина збудників хвороб може бути у прихованому вигляді в ґрунті. Їх складно виявити, і як наслідок цього, в подальшому уникнути зараження, навіть за дотримання правильної сівозміни та всіх агротехнічних заходів. Це в першу чергу може проявитись в господарствах які вирощують кукурудзу в монокультурі 6 і більше років на одному місці. Тому слід обирати стійкі до захворювань гібриди кукурудзи. Це дозволить значно заощадити на

фунгіцидах, або не застосовувати їх зовсім [11, 29].

Стійкість до вилягання. Для кукурудзи сучасні високопродуктивні гібриди повинні характеризуватися придатністю до механізованого вирощування та збирання, що сприятиме зменшенню розриву між біологічною і фактичною врожайністю. Збирання стійких до вилягання гібридів проходить набагато легше, швидше і без особливих втрат, а також дозволяє розтягнути період збирання в часі при виникненні несприятливих умов.

Оцінка комплексу ознак та властивостей рослин кукурудзи, які визначають придатність її до механізованого вирощування та збирання, факторів, що на них впливають, дає можливість нам визначити основні принципи підбору батьківських пар для створення відповідних гібридів.

В Україні селекція сортів та гібридів адаптованих до умов різних ґрунтово-кліматичних зон, ведеться в багатьох науково-дослідних установах держави (Інститут зернового господарства, Інститут картоплярства, Інститут біоенергетичних культур та цукрових буряків, Селекційно-генетичний інститут, Інститут рослинництва, Інститут землеробства, Інститут землеробства південного регіону, Інститут фізіології рослин і генетики та ін.) та приватної форми власності (науково-виробниче фермерське господарство «Компанія «Маїс», ТОВ «Расава», науково-виробниче підприємство «Агродніпро-насіння», ТОВ «Науково-виробнича комерційна фірма «Селекта» та ін.) [36].

Підвищення врожайності сільськогосподарських культур у світі в останні роки пов’язують зі збільшеною роллю молекулярної генетики і трансгенних форм, також масштаби і вклад традиційної селекції не знижуються. Нові гібриди витискують старі завдяки кращій пристосованості до дефіциту води, загущення посівів й стійкості до хвороб, шкідників та бур’янів.

При інтенсифікації виробництва зростає концентрація матеріальних і технічних ресурсів на одиницю площі. У зв’язку із цим перед селекцією постає проблема створення таких сортів і гібридів сільськогосподарських культур, які зможуть з високою віддачою окупити ці додаткові витрати. З кожною сортозміною у виробництво надходять сорти і гібриди з поліпшеними господарськими і біологічними ознаками. Тому сорт і технологія є біологічним потенціалом поля

Підбір батьківських пар кукурудзи для схрещування за міцністю бокової стінки стебла, стійкістю до вилягання, висотою рослин і закладання качанів та стійкістю їх до обвисання дасть змогу в наступних поколіннях виділяти потрібні біотипи, для успішного вирішення програми схрещування по створенню гібридів придатних до механізованого вирощування та збирання [608].

Підбір батьківських форм для схрещування – це одна із найскладніших проблем селекції і труднощі її в тому, що ознаки та властивості не передаються безпосередньо гібридам [451].

Оцінка факторів і ознак, що впливають на придатність до механізованого вирощування та збирання дає нам змогу сформулювати основні принципи підбору батьківських пар для створення гібридів кукурудзи, які відзначаються придатністю до механізованого вирощування та збирання.

При підборі батьківських пар для схрещування в селекції гібридів

придатних до механізованого вирощування та збирання потрібно щоб батьківські компоненти (материнська та батьківська форми) характеризувалися високою міцністю бокової стінки стебла (3,34-4,1 кг/мм^2), стійкістю до вилягання (не більше 5 % полеглих рослин), мали значний діаметр третього міжвузля при незначній його довжині, значну висоту прикріплення качанів (>45 см) та оптимальну висоту рослин, крім того щоб мали високу комбінаційну здатність за даними ознаками [608].

Згідно результатів наших досліджень [608], найбільш придатні для створення гібридів, які будуть вирощуватися та збиратися механізовано, самозапилені лінії, що поєднують в собі максимальну кількість ознак придатності до механізованого вирощування та збирання приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Класифікація самозапилених ліній кукурудзи за комплексом ознак придатності до механізованого вирощування та збирання

Ознаки	Лінії
Висока міцність бокової стінки стебла (3,34–3,90 кг/мм^2)	Oh 43, ХЛГ 45, SV 56, ХЛГ 1278, ХЛГ 562, К 212, ХЛГ 290, СО 113, Р 523, ХЛГ 42, ХЛГ 33, W 401, УХ 405
Стійкість до вилягання (не більше 5% полеглих рослин)	ХЛГ 45, ХЛГ 562, ХЛГ 1278, ХЛГ 1339, F 2, Р 523, УХ 405, ХЛГ 42, ХЛГ 189, ХЛГ 1380, W 401, К 212, СО 113, Oh 43, ХЛГ 273, ХЛГ 1128, ХЛГ 264, ХЛГ 33, SV 56, TVA 8022 O_2
Діаметр стебла третього міжвузля (більше 1,5 см)	ХЛГ 33, ХЛГ 257, ХЛГ 264, ХЛГ 1278, ХЛГ 1339, К 212, УХ 405
Довжина третього міжвузля не більше 6 см	Р 523, KL 17, TVA 8022 O_2, ХЛГ 273, ХЛГ 1339, ХЛГ 294, ВС 5b, СО 108, Oh 43, СО 255, ХЛГ 257, ХЛГ 269, F 2
Висота прикріплення качанів, вища 45 см	ХЛГ 33, ХЛГ 45, ХЛГ 562, S 38, W 401, ХЛГ 42, УХ 405
Стійкість до обвисання качанів (небільше 5 % обвислих качанів)	ХЛГ 157, ХЛГ 264, ХЛГ 249, ХЛГ 386, ХЛГ 33, УХ 405, Oh 43, F 2, Р 523, W 401, ХЛГ 42 та ін.
Стійкість до ураження стебловими гнилями (небільше 5 % уражених рослин)	SV 56, ХЛГ 33, ХЛГ 264, ХЛГ 1128, ХЛГ 273, Oh 43, СО 113, К 212, W 401, ХЛГ 1380, ХЛГ 189, ХЛГ 42, УХ 405, Р 523, F 2, ХЛГ 1339, ХЛГ 1278, ХЛГ 562, ХЛГ 45
Стійкість до пошкодження стебловим метеликом (небільше 5 % пошкоджених рослин)	ХЛГ 1278, УХ 405, ХЛГ 81, ХЛГ 1339, ВС 5в, ХЛГ 1380, Oh 43, ХЛГ 45, W 401, ХЛГ 189, Р 523

Із даних таблиці 3.1. видно, що лінії, які приймали участь в гібридизації, це: УХ 405, ХЛГ 33, ХЛГ 264 поєднують високу міцність стебла (3,34-3,90 кг/мм^2) із

стійкістю до вилягання. Крім того лінії УХ 405 та ХЛГ 33 мають значну висоту закладання качанів (>40 см), стійкі до обвисання качани, діаметр третього міжвузля >1,5 см та незначну його довжину (< 6 см), високу стійкість до ураження стебловими гнилями та стійкість до пошкодження стебловим метеликом (небільше 5 % рослин уражених стебловими гнилями та пошкоджених стебловим метеликом).

Саме із участю таких ліній, як УХ 405 та ХЛГ 33 були створені гібриди максимально придатні до механізованого вирощування та збирання.

Необхідно відмітити, що значну висоту кріплення качанів мали такі лінії, як: ХЛГ 33, ХЛГ 45, ХЛГ 562, S 38, W 401, ХЛГ 42, УХ 405. Крім того, лінії ХЛГ 33, УХ 405, W 401 характеризуються високою стійкістю до вилягання (полеглих рослин серед них не більше 5 %), міцністю бокової стінки стебла (≥3,34 кг/мм^2), стійкістю до ураження стебловими гнилями (не більше 5 % уражених рослин) та стійкістю до пошкодження стебловим метеликом.

Отже, найкращий результат при створенні гібридів високопридатних до механізованого вирощування та збирання буде досягнуто при використанні саме цих самозапилених ліній, які характеризуються найкращим поєднанням вище наведених ознак.

Високу придатність до механізованого вирощування та збирання мають ті гібриди, в гібридизації яких приймали участь лінії, що мають стебло стійке до вилягання, оптимальну висоту рослин та висоту прикріплення качанів, які необвисають. Так, зокрема при схрещуванні самозапилених ліній, які характеризувалися приведеними вище ознаками, таких як ХЛГ 33 та УХ 405 був отриманий гібрид, який характеризувався високою стійкістю до хвороб та шкідників, до вилягання та висотою рослин 181,7 см, з висотою прикріплення господарсько-цінного качана – 58,4 см, що повністю задовольняє вимоги механізованого вирощування та збирання. А при схрещуванні ліній із низьким значенням наведених вище ознак отримали гібрид, який не відповідає вимогам механізованого збирання, через низьку висоту прикріплення качанів, незначну стійкість до вилягання, ураження хворобами та шкідниками, прикладом може бути гібрид отриманий від схрещування таких ліній, як МА 17 та ХЛГ 386 між собою. Дана гібридна комбінація характеризувалася висотою прикріплення качанів в межах 38,8 см, висотою рослин – 141,2 см, значною кількістю обвислих качанів – 15,5 %, високим відсотком рослин уражених стебловими гнилями – 27,5 %, полеглих рослин – 38,17 % та незначною міцністю бокової стінки стебла – 2,58 кг/мм^2.

Для того, щоб встановити в яких схрещуваннях буде спостерігатися найвищий ефект при отриманні гібридів із високою міцністю стебла нами всі гібридні комбінації були згруповані залежно від материнського та батьківського компонентів (табл. 3.2).

Як видно із даних таблиці 3.2, гібридні комбінації при схрещуванні батьківських форм із однаковою міцністю стебла можуть переходити із однієї групи за міцністю бокової стінки стебла в іншу за рахунок гетерозису. Так, зокрема, при схрещуванні двох батьківських форм із низькою міцністю стебла (Н×Н) спостерігається деяка частка (дві гібридні комбінації або 9,09 %)

гібридного потомства із середньою міцністю бокової стінки стебла (3,35 кг/мм^2), при схрещуванні форм із середньою міцністю бокової стінки стебла із формами, що характеризуються низьким значенням цього показника (С×Н) можлива поява форм із низькою міцністю бокової стінки стебла (2,77 кг/мм^2).

Таблиця 3.2

Характеристика самозапилених ліній кукурудзи за господарсько-цінними ознаками залежно від схеми схрещування

Схема схрещування	Всього комбінацій	Міцність бокової стінки стебла кг/мм^2			Висота прикріплення качанів, см	Полеглих рослин, %	Середня урожайність, т/га
		Низька (2,47-3,26)	Середня (3,27-4,07)	Висока (4,08-4,88)			
В×В	2	–	–	2 / 4,80	59,0	0,0	4,16
В×С	2	–	–	2 / 4,38	50,6	1,2	3,73
В×Н	10	–	7 / 3,78	3 / 4,31	50,8	4,6	4,02
С×В	2	–	–	2 / 4,27	47,9	2,7	3,71
С×Н	6	1 / 3,25	5 / 3,52	–	36,0	14,2	2,35
Н×В	10	–	8 / 3,73	2 / 4,23	50,4	6,9	4,24
Н×С	6	–	6 / 3,32	–	36,0	18,5	3,03
Н×Н	22	20 / 2,77	2 / 3,35	–	39,4	25,3	3,47

Примітка: в чисельнику кількість гібридних комбінацій;
в знаменнику середнє значення міцності стебла даної групи, кг/мм^2.

Найвищу міцність бокової стінки стебла (4,80 кг/мм^2) відмічено у гібридів кукурудзи отриманих від схрещування двох батьківських форм із високою міцністю стебла (В×В). Дані гібриди характеризувалися високою стійкістю до вилягання (не було відмічено жодної полеглої рослини), та значною висотою прикріплення качанів (59,0 см) і урожайністю зерна (41,6 ц/га).

Якщо дві батьківські форми характеризуються середньою та низькою міцністю бокової стінки стебла то найкраще використовувати в якості материнського компоненту зразок із вищим значенням міцності бокової стінки стебла (С×Н). Так, при схрещуванні самозапилених ліній з середнім та високим значенням міцності стебла (С×В) отримуємо гібриди, які мають міцність бокової стінки стебла в межах – 4,27 кг/мм^2 та кількість полеглих рослин – 2,7 %, а при використанні ліній з високою міцністю стебла в якості материнського компоненту (В×С) загальна міцність бокової стінки стебла гібридного потомства зростає до – 4,38 кг/мм^2, а кількість полеглих рослин

зменшується до 1,2 %.

Від схрещування форм із низькою міцністю (Н×Н) – кількість полеглих рослин становила – 25,3 відсотка від загальної кількості рослин на ділянці. За висотою прикріплення качанів, найкращими виявилися гібридні комбінації отримані від форм із високою та середньою міцністю бокової стінки стебла (В× В, В×Н та В×С), в яких висота прикріплення качанів коливалась в межах від 50,6 до 59,0 см. Низька висота прикріплення качанів відмічена у простих гібридів отриманих з самозапилених ліній, що мали низьку міцність бокової стінки стебла, вона у них була в межах 36,0-39,4 см.

Значна врожайність зерна (4,16 т/га) відмічена у гібридних комбінаціях, які характеризуються високою міцністю (В×В) говорить про можливість поєднання цих двох ознак при підборі батьківських пар для схрещування.

Таблиця 3.3

Значення критерію „t-Стюдента" при порівнянні різних груп гібридів з батьківськими формами за міцністю бокової стінки стебла

Групи гібридів	Умовні позначення	Значення ознаки в гібридів та їх батьківських форм, кг/мм^2	F факт. 0,05	F теорет. 0,05	Значення критерію t
В×В	♀×♂- ♀ - ♂-	4,80 ± 0,10 3,80 ± 0,28 3,79 ± 0,28	11,76	9,55	4,20 4,21
В×С	♀×♂- ♀ - ♂ -	4,38 ± 0,29 3,80 ± 0,28 3,03 ± 0,01	16,62	9,55	2,47 5,75*
В×Н	♀×♂- ♀ - ♂ -	3,94 ± 0,32 3,80 ± 0,21 2,43 ± 0,35	77,68	3,35	1,04 11,27*
С×В	♀×♂ - ♀ - ♂ -	4,27 ± 0,21 3,03 ± 0,01 3,80 ± 0,28	18,67	9,55	6,05* 2,28
С×Н	♀×♂ - ♀ - ♂ -	3,47 ± 0,28 3,08 ± 0,11 2,49 ± 0,36	20,27	3,68	2,54 6,33*
Н×В	♀×♂ - ♀ - ♂ -	3,83 ± 0,29 2,43 ± 0,35 3,80 ± 0,21	77,05	3,35	10,87* 0,25
Н×С	♀×♂ - ♀ - ♂ -	3,32 ± 0,14 2,49 ± 0,25 3,08 ± 0,11	20,61	3,68	10,81* 3,16*
Н×Н	♀×♂ - ♀ - ♂ -	2,82 ± 0,24 2,43 ± 0,34 2,44 ± 0,36	10,73	3,14	4,03* 3,92*

*Примітка *- достовірно на 0,05 рівні*

Щоб встановити необхідність підбору батьківських форм з різним значенням міцності бокової стінки стебла, з метою отримання гібридів з міцним стеблом стійким до вилягання було проведено порівняння значення міцності бокової стінки стебла між гібридами одержаними на основі самозапилених ліній з різним значенням даної ознаки (табл. 3.3).

Із даних таблиці 3.3 видно, що у гібридних комбінаціях отриманих від різних схем схрещування, відбувається підвищення міцності бокової стінки стебла порівняно із батьківськими формами, але істотно відрізняються групи гібридів за даною ознакою, отримані за схемою С×Н, Н×С, Н× Н.

Між групами гібридів створених на основі самозапилених ліній за схемою В× В наявна лише істотна різниця з групою гібридів за схемою В× С, неістотність різниці з групою гібридів отриманих за схемою С×В пояснюється незначною кількістю представників останньої, хоча середнє значення в цієї групи найвище.

Тому, відбір самозапилених ліній, які характеризуються максимальним проявом міцності бокової стінки стебла в обох батьківських форм в даному випадку приведе до отримання гібридів з міцним стеблом, стійким до вилягання.

При підборі пар для гібридизації, при селекції гібридів придатних до механізованого вирощування та збирання, необхідно враховувати висоту прикріплення качанів та стійкість до вилягання у батьківських форм і приналежність зразків до ботанічного підвиду.

Для цього самозапилені лінії, які використовували в гібридизації були поділені на два підвиди – кременистий та зубоподібний (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Характеристика самозапилених ліній кукурудзи за господарсько-цінними ознаками залежно від приналежності до ботанічного підвиду

Схема схрещування	Всього комбінацій	Міцність бокової стінки стебла, кг/мм^2			Висота прикріплення качанів, см	Урожайність, т/га
		Низька 2,47-3,26	Середня 3,27-4,07	Висока 4,08-4,88		
К× К	14	6 / 2,91	8 / 3,49	-	37,6	2,91
К× З	17	7 / 2,72	7 / 3,58	3 / 4,23	43,1	3,64
З×З	12	2 / 2,75	6 / 3,82	4 / 4,59	50,2	4,17
З× К	17	7 / 2,79	6 / 3,57	4 / 4,31	45,0	3,62

Примітка: в чисельнику кількість гібридних комбінацій;
в знаменнику середнє значення міцності бокової стінки стебла даної групи, кг/мм^2;
К – кременистий підвид;
З – зубоподібний підвид.

Із даних таблиці 3.4 видно, що при створюванні гібридів, які

характеризуються високою міцністю бокової стінки стебла та значною висотою прикріплення качанів, потрібно враховувати ботанічний підвид батьківських компонентів. Так при схрещуванні двох батьківських форм зубоподібного підвиду величина міцності бокової стінки стебла та висоти прикріплення качанів у гібридному потомстві вища порівняно із гібридами, які отримані від самозапилених ліній кременистого підвиду. Ця особливість стосується також рівня врожайності. Урожайність гібридів від зубоподібних самозапилених ліній вища порівняно із гібридними комбінаціями від кременистих ліній.

Якщо використовуються контрастні батьківські форми, то краще в якості материнського компоненту використовувати самозапилені лінії зубоподібного підвиду, а в якості батьківського – кременистого.

Процес створення високоврожайних, придатних до механізованого вирощування та збирання, гетерозисних гібридів кукурудзи вимагає цілеспрямованого підбору і проведення певних схрещувань батьківських форм. Від правильності якого і залежить успіх гібридизації.

Отже, отримання гібридів, які характеризуються високою придатністю до механізованого вирощування та збирання буде успішним, якщо батьківські компоненти відносяться до зубоподібного підвиду та мають максимальну кількість відповідних ознак – міцність бокової стінки стебла, висоту рослин та висоту прикріплення качанів, які не обвисають при дозріванні.

Про це свідчать і результати оцінки комбінаційної здатності самозапилених ліній кукурудзи.

РОЗДІЛ 4
ФЕНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОФІТОЦЕНОЗУ КУКУРУДЗИ, МОРКВИ ТА БУРЯКІВ СТОЛОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

Вегетаційний період досить важливий показник формування високої продуктивності як овочевих, так і сільськогосподарських культур. Взагалі термін «вегетація» характеризується періодом активної життєдіяльності рослинного організму. Протягом вегетації відбувається фотосинтетичне або автотрофне живлення, рослина проходить різні етапи органогенезу, в результаті чого змінюються її розміри та зовнішній вигляд, з'являються нові органи, які збільшуються у процесі росту.

У науковій сільськогосподарській літературі та практиці застосовується два поняття – «вегетаційний період» і «період вегетації». Дані поняття часто плутають, коли справа стосується рекомендацій з агротехніки. *Період вегетації* – частина календарного року, коли відбувається (відповідно з місцевими кліматичними умовами) ріст і розвиток рослин. Це поняття прийшло в агротехніку з метеорології. В умовах помірного клімату вегетаційний період приблизно відповідає проміжку часу від останніх весняних морозів до перших осінніх заморозків (безморозний період), у тропічному і частково субтропічному кліматі вегетаційний період триває цілий рік [14, 36].

А ось *вегетаційний період* – це поняття біологічне, що вказує на час розвитку для конкретного виду або сорту рослин і охоплює період від початку сходів до збирання врожаю. Різні сільськогосподарські та плодові культури різняться відповідно до тривалості різних етапів цього періоду і називаються ранніми або пізніми, а також середньостиглими. Період вегетації рослин буде різним у північних та південних регіонах. Це потрібно враховувати перед вибором і адаптацією сорту або гібриду відповідної культури для вирощування. У південних областях можна вирощувати рослини практично всіх термінів дозрівання, а в північних вони, якщо і зростають, то визрівають не щороку [13, 14].

Залежність тривалості вегетаційного періоду від умов довкілля, особливо від температури і світла, досить складна: кукурудза 90-180 діб, морква 90-160, буряки столові 90-140 діб. Вегетаційний період визначається загальною кількістю тепла, отриманого рослиною протягом періоду її розвитку.

З біологічної точки зору, вегетація кукурудзи, моркви та буряків столових розпочинається із появи перших справжніх листків. Із господарської точки зору вегетація рослини триває «від насіння до насіння», тобто протягом проростання насіння і до формування насіння нової рослини.

Протягом вегетації, проходження фенологічних фаз росту і розвитку відбувається реалізація генетичної інформації рослини, змінюється її внутрішній стан, вологість, забарвлення, консистенція, а також фенотипічний вигляд, у рослини формуються нові органи і змінюється їх розмір та ін. [36].

Тривалість вегетаційного періоду рослин, а також окремих етапів

органогенезу сільськогосподарських культур – важливі чинники, що обумовлюють повноту реалізації потенціалу продуктивності конкретного сорту або гібриду. Подовження або скорочення даних періодів, відповідно, збільшує або зменшує термін використання рослинами фотосинтетично активної радіації, доступних елементів живлення, вологи.

Розуміння процесів формування вегетативних та генеративних органів рослин кукурудзи, моркви та буряка столового, послідовності проходження якісних змін у рослинному організмі та ростових процесів дозволить управляти продуктивною складовою врожаю культури. Сприяння або мінімальне втручання в рослинний організм протягом проходження етапів органогенезу мінімізує ризики прояву аномальних відхилень та зниження продуктивності агроценозу загалом [13, 449].

На будь-якому етапі органогенезу можливий негативний вплив як біотичного, так і абіотичного факторів, що можуть порушити або сповільнити весь подальший процес формування генеративних органів. Особливо вагомий такий вплив може бути на ранніх стадіях розвитку рослин [449].

Усю сукупність процесів життєдіяльності рослини у взаємодії із факторами навколишнього середовища висвітлюють ріст і розвиток в цілому. Ми можемо погіршити або поліпшити умови життя рослини шляхом застосування тих або інших технологічних заходів. Через це вивчення впливу комплексу факторів на ріст та розвиток сільськогосподарських культур представляє практичну зацікавленість та теоретичну цінність у процесі вирощування будь-якої культури.

Нами відмічений суттєвий вплив тривалості вегетаційного періоду та окремих фенологічних фаз на показники лінійних розмірів рослини та закладання качанів кукурудзи, моркви та буряків столових. Але тривалість самого вегетаційного періоду, навіть одного і того самого гібриду, може змінюватися залежно від забезпеченості теплом, вологою та елементами мінерального живлення.

Із даних літературних джерел відомо, що форми кукурудзи, що характеризуються тривалим вегетаційним періодом та подовженим періодом «цвітіння - повна стиглість зерна» мають підвищену стійкість до ураження стебловими гнилями, порівняно із ранньостиглими формами, та коротким другим періодом розвитку рослин («цвітіння - повна стиглість зерна») [451]. У період, коли налив зерна менший за період «сходи - цвітіння качанів» інтенсивність наливу зерна невисока, що пов’язано із зниженням маси 1000 зерен, але цей недолік компенсується кращою озерненістю качана кукурудзи. Зменшення періоду від сходів до викидання волоті викликає суттєве зниження насіннєвої продуктивності рослин [29, 609].

Вплив внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» на тривалість міжфазних та вегетаційного періодів кукурудзи, моркви та столових буряків наведено в таблиці 4.1-4.3.

Встановлений неістотний вплив внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» на період «сівба-сходи», у досліджуваного гібриду кукурудзи Кампоні КС (табл. 4.1), який відноситься до

середньостиглої групи стиглості гібридів (ФАО 340) внесення біоорганічних та мінеральних добрив. Тривалість даного періоду становила 12-13 діб.

Таблиця 4.1

Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів у гібриду кукурудзи Кампоні КС залежно від системи удобрення, діб

(середнє за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Тривалість міжфазних періодів, діб			Тривалість вегетаційного періоду
	сівба-сходи	сходи-цвітіння качанів	цвітіння качанів-повна стиглість	
Контроль (без добрив і без зрошення)	13	64	62	126
Внесення води у нормі 45 т/га	12	65	62	127
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	13	66	63	129
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	13	65	64	129
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	12	66	65	131
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	12	66	65	131
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	13	67	66	133
$N_{90}P_{90}K_{90}$	12	66	65	131
$НІР_{0,05}$	1	2	1	3

Тривалість періоду «сходи-цвітіння качанів» у досліджуваного гібриду кукурудзи в середньому за роки досліджень становив 64-67 діб. На варіанті без добрив даний показник був найнижчим і становив 64 доби, а за результатами внесення добрив він зріс на 1-3 доби.

Тривалість періоду «цвітіння качанів-повна стиглість зерна» у гібриду кукурудзи Кампоні КС на контролі склала 62 доби, а за внесення добрив зросла на 1-4 доби, порівняно із контролем. Тобто внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» та мінеральних добрив забезпечувало подовження тривалості періоду «цвітіння качанів-повна стиглість», що на кінцевому етапі позитивно відображалося на кількості органічної речовини, яка формується в процесі фотосинтезу.

Тривалість вегетаційного періоду досліджуваного гібриду кукурудзи істотно залежала від умов вегетації за роками досліджень (рис. 4.1). Необхідно відзначити скорочення тривалості вегетаційного періоду у 2020 році гібриду кукурудзи Кампоні КС (119 днів) порівняно із 2019 (128 днів) та 2021 рр. (131 день), це пов’язано, перш за все, із високою температурою впродовж липня-серпня та дефіцитом вологи в цей період.

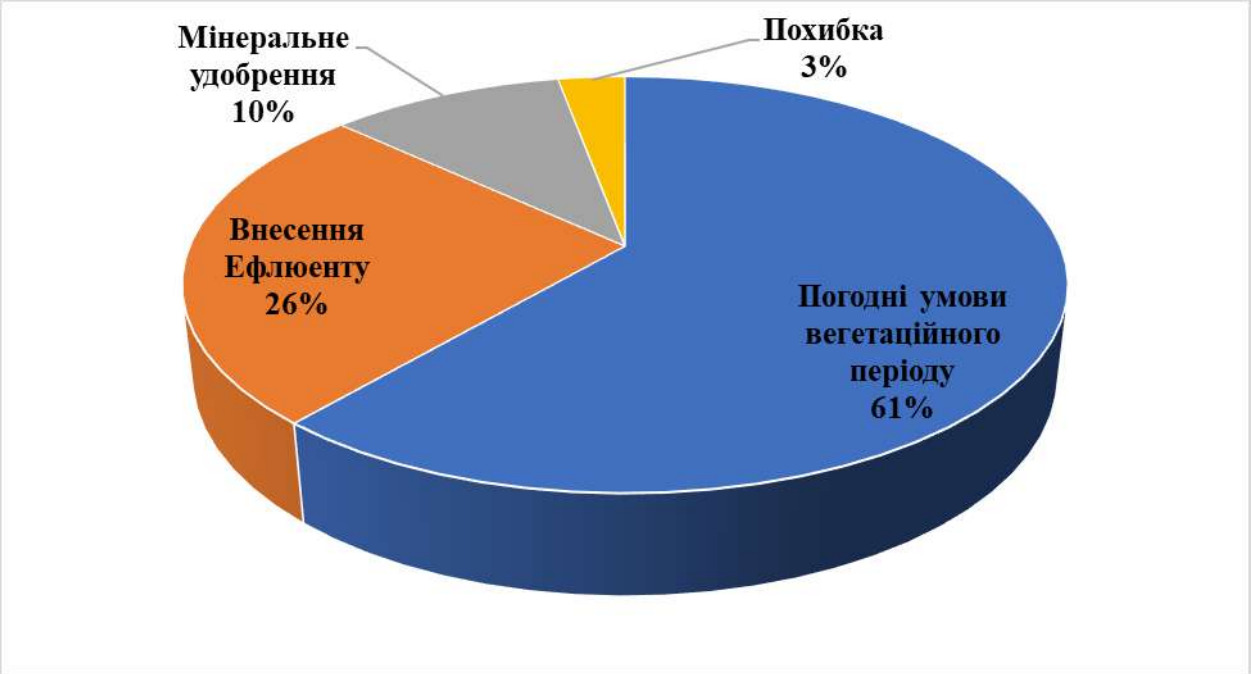


Рисунок 4.1. **Частка впливу основних факторів на тривалість вегетаційного періоду кукурудзи**

У цілому тривалість вегетаційного періоду на контролі (без добрив та внесення води) становила 126 діб, а при внесенні біоорганічного добрива «Ефлюент» зростала на 3-7 діб. Найвище значення тривалості вегетаційного періоду встановлено на варіанті із внесенням біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га в поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – 133 доби.

Результатами проведених досліджень встановлено, що тривалість міжфазних періодів та вегетаційного періоду в цілому у гібриду буряків столових Кестрел F_1 також істотно залежала як від внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» так і мінеральних добрив (табл. 4.2).

У процесі проведення досліджень нами відмічені дати появи сходів, появи першого справжнього листка, формування розетки та технічної стиглості буряків столових.

Сходи у гібриду буряків столових Кестрел F_1 з'являлися на 15-16 день після проведення сівби. Сівбу проводили у третій декаді квітня. Тривалість періоду «сходи-перший справжній листок» становила 7-8 днів. Застосування різних систем удобрення не впливало на тривалість періодів «сівба-сходи» та «сходи - перший справжній листок» у гібриду Кестрел F_1, тобто можна стверджувати, що ці періоди більшою мірою визначаються температурними показниками та рівнем зволоження і меншою мірою макро- та мікроелементами.

Система удобрення більшою мірою відображалася на тривалості наступних міжфазних періодів – «перший справжній листок – формування розетки» та «формування розетки – технічна стиглість». Так, тривалість періоду «перший справжній листок – формування розетки» на контролі, в середньому за три роки досліджень, становила 39 діб, а «формування розетки – технічна

стиглість» – 68 діб. Застосування біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» забезпечувало зростання тривалості періоду «перший справжній листок – формування розетки» – на 1-4 доби, а періоду «формування розетки – технічна стиглість» – на 1-5 діб, у відношенні до контрольного варіанту.

Таблиця 4.2

Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів гібриду буряків столових Кестрел F_1 залежно від системи удобрення, діб

(середнє за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Тривалість міжфазних періодів, діб				Тривалість вегетаційного періоду
	сівба-сходи	сходи – перший справжній листок	перший справжній листок – формування розетки	формування розетки – технічна стиглість	
Контроль (без добрив і без зрошення)	16	7	39	68	114
Внесення води у нормі 45 т/га	15	8	40	67	115
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	15	7	40	70	117
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	16	7	41	69	117
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	15	8	41	70	119
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	16	8	42	72	122
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	15	7	43	73	123
$N_{90}P_{90}K_{90}$	15	7	42	72	121
$НІР_{0,05}$	1	1	2	2	3

Тривалість вегетаційного періоду в гібриду буряків Кестрел F_1 на контролі складала 114 діб, а за результатами внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінерального добрива зросла на 3-9 діб і максимальною була у варіанті із внесенням біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 123 доби.

Отже, внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» забезпечує подовження тривалості вегетаційного періоду у гібриду Кестрел F_1 (на 3-9 діб) та окремих періодів вегетації (на 1-5 діб) за рахунок поліпшення забезпеченості рослин елементами живлення, що в кінцевому результаті відображається на збільшенні тривалості фотосинтетичної активності, кількості органічної речовини та продуктивності рослин.

Визначення часток впливу основних факторів на тривалість вегетаційного періоду буряка столового показало значний (49 %), але все ж менший вплив фактору в порівнянні з кукурудзою (рис. 4.2). Це пояснюється тим, що рослини не потрапили в критичні фенофази під дію екстремальних погодніх умов.

Також зріс вплив внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» – 39 %, а ефективність застосування мінерального удобрення залишилася на

аналогічному до попередньої культури рівні.

Проведеними дослідженнями встановлений вплив системи удобрення і на ростові процеси, і на тривалість вегетаційного періоду в гібриду моркви Болівар F_1 (табл. 4.3).

Відповідно до отриманих результатів дослідження сходи моркви гібриду Болівар F_1 з'явилися на 14-15 день після посіву, а перший справжній листок на 12-13 день після масових сходів. Дані періоди не залежали від застосування добрив, а більшою мірою визначалися абіотичними чинниками навколишнього середовища.

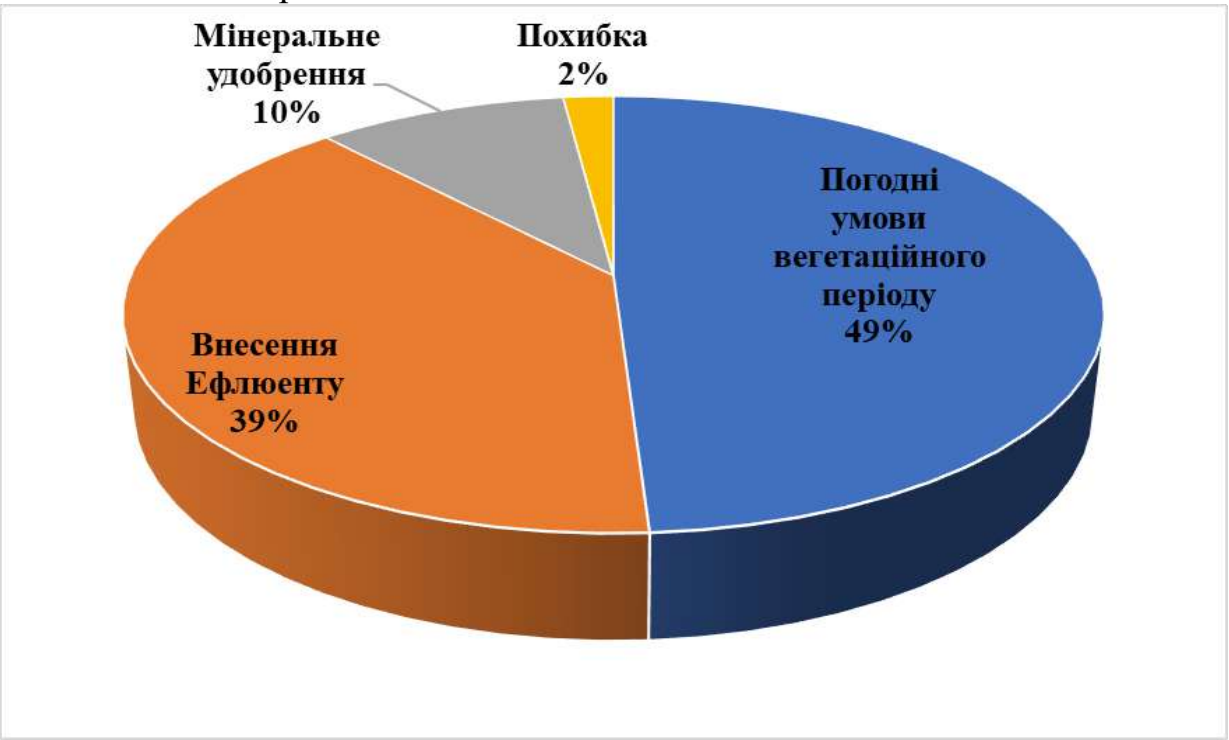


Рисунок 4.2. **Частка впливу основних факторів на тривалість вегетаційного періоду буряка столового**

За всіх варіантів удобрення найкоротшим був період від масових сходів до появи першого справжнього листка. Тривалість періоду «масові сходи – формування розетки» на контролі (без добрив та внесення води) становила 35 діб, а за внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінерального добрива збільшився на 2-4 доби. Найбільше значення даного періоду відмічено на варіанті, де вносили 55 т/га «Ефлюенту» у поєднанні із $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 39 діб.

Тривалість періоду «формування розетки – технічна стиглість» у гібриду моркви Болівар F_1 знаходилась у межах 61-69 діб. Застосування добрив забезпечило зростання тривалості даного періоду на 4-8 діб, а відповідно і подовженню тривалості активної фотосинтетичної діяльності, порівняно із контролем.

Вегетаційний період на контролі (без добрив та внесення води) у гібриду моркви Болівар F_1 тривав 108 діб, тоді як внесення добрив забезпечило подовження тривалості вегетаційного періоду на 6-13 діб, порівняно із контролем. В зв'язку із цим, найбільш тривалим у середньому за

три роки досліджень 121 доба був вегетаційний період на варіантах, де вносили біоорганічне добриво на основі дигестату «Ефлюент» у нормі 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$).

Отже, застосування біоорганічних та мінеральних добрив на посівах моркви сприяє покращенню живлення рослин та відповідно подовженню на 6-13 днів тривалості вегетаційного періоду, порівняно із контрольним варіантом (рис. 4.3).

Таблиця 4.3

Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів гібриду моркви Болівар F_1 залежно від системи удобрення, діб (середнє за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Тривалість міжфазних періодів, діб				Тривалість вегетаційного періоду
	сівба-масові сходи	масові сходи – перший листок	масові сходи – формування розетки	формування розетки – технічна стиглість	
Контроль (без добрив і без зрошення)	15	12	35	61	108
Внесення води у нормі 45 т/га	15	13	36	62	111
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	14	12	37	65	114
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	15	13	37	66	116
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	15	12	38	67	117
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	14	13	39	68	120
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	15	13	39	69	121
$N_{90}P_{90}K_{90}$	15	13	38	68	119
$НІР_{0,05}$	1	1	2	2	3

За результатами аналізу впливу норми внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» на тривалість вегетаційного періоду кукурудзи, буряка столового та моркви визначено коефіцієнти кореляції та рівняння регресії (рис. 4.4).

Визначено, що збільшення норми внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» забезпечило зростання тривалості вегетаційного періоду досліджуваних культур. При цьому коефіцієнт кореляції для кукурудзи був 0,94, буряка столового 0,91 та моркви 0,98.

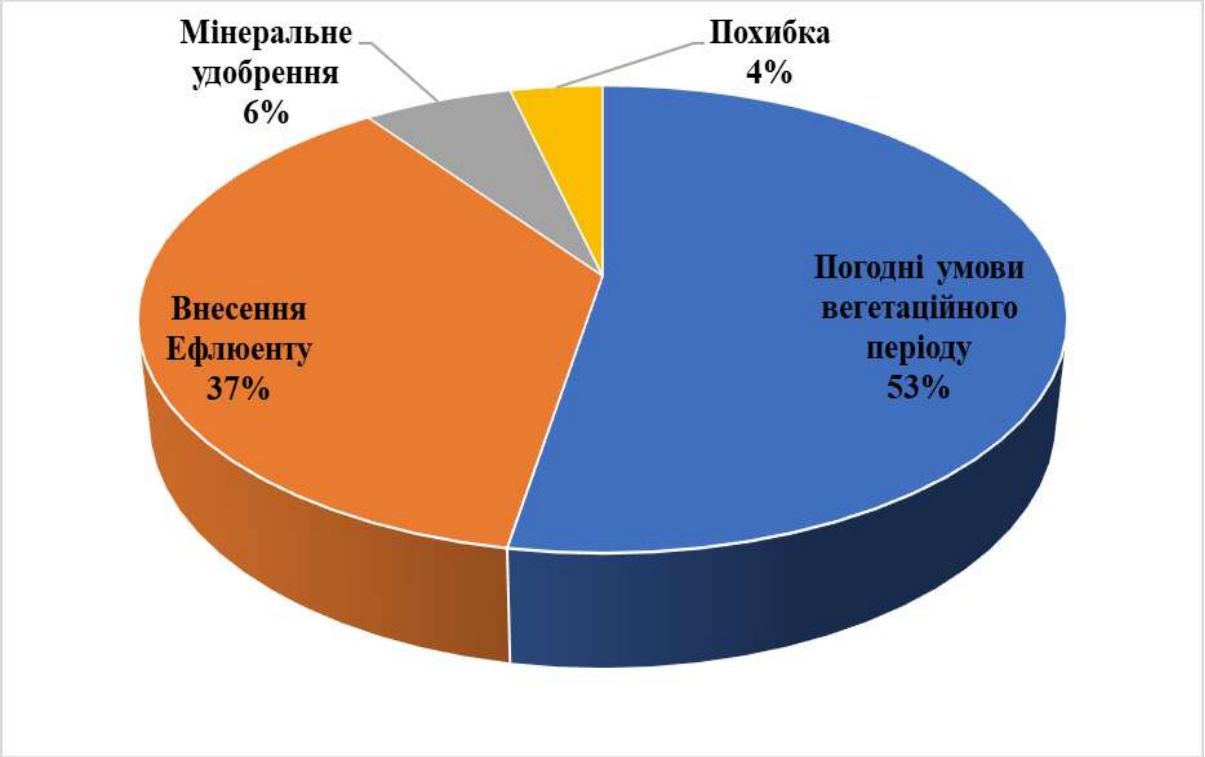
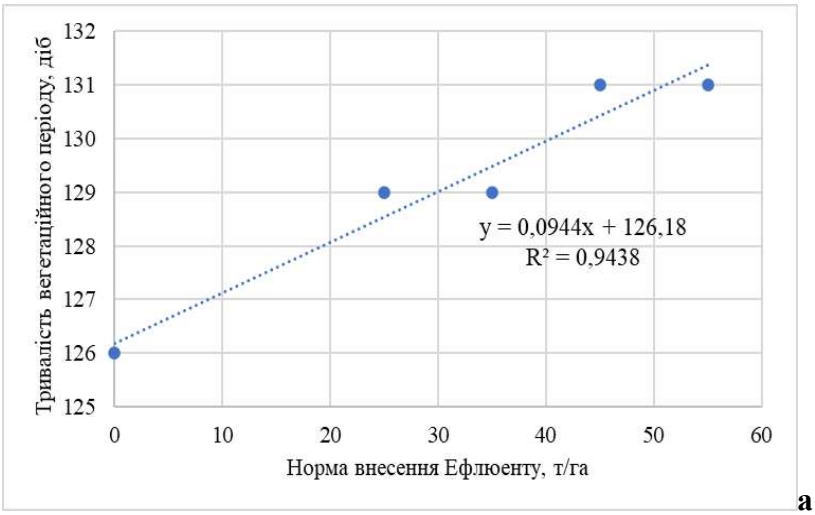
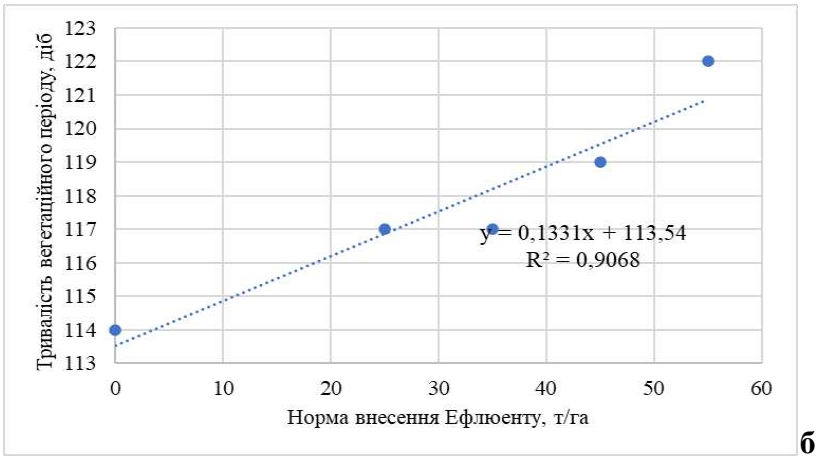


Рисунок 4.3. **Частка впливу основних факторів на тривалість вегетаційного періоду моркви**

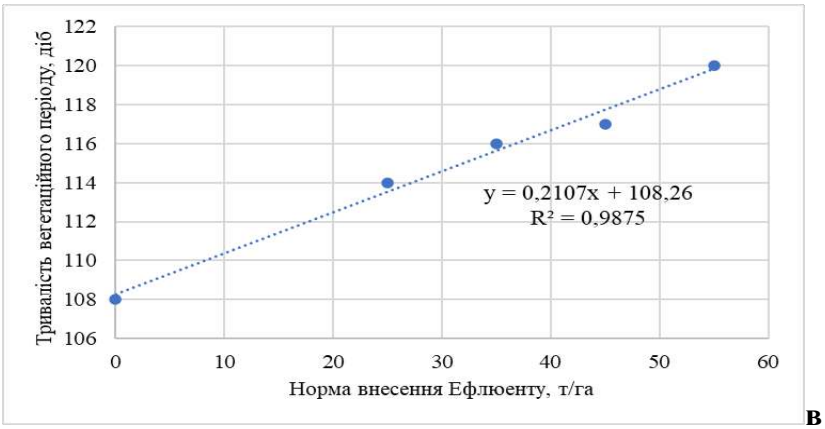
Загалом, визначення змін тривалості міжфазних періодів та вегетаційного періоду в цілому залежно від норми внесення органічного добрива «Ефлюент», не дозволяє повною мірою зробити висновки про його ефективність без детального вивчення біологічних особливостей росту і розвитку рослин, вирахування їх продуктивності тощо. Однак, добриво «Ефлюент» є біогенним елементом – здатним серйозно впливати на ріст та розвиток кукурудзи, буряка столового та моркви.



а



б



в

Рисунок 4.4. **Вплив норми внесення біоорганічного добрива «Ефлюенту» на тривалість вегетаційного періоду кукурудзи (а), буряка столового (б) та моркви (в)**

Узагальнюючи дані результатів досліджень приведених в даному розділ можна відмітити, що:

1. Система удобрення біоорганічним добривом на основі дигестату «Ефлюент» та мінеральними добривами суттєво впливає на тривалість вегетаційного періоду та окремих фенологічних фаз у кукурудзи, моркви та буряків столових.

2. Тривалість окремих періодів вегетації «сівба-сходи», «сходи-цвітіння качанів», «цвітіння качанів-повна стиглість» та «сходи-повна стиглість» у кукурудзи, «сівба-масові сходи», «масові сходи - перший листок», «масові сходи - формування розетки» та «формування розетки – технічна стиглість» у моркви, «сівба - сходи», «сходи - перший справжній листок», «перший справжній листок - формування розетки листків» та «формування розетки - технічна стиглість» у буряків столових залежала від біологічних особливостей гібриду та застосування добрив.

3. Внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» забезпечує подовження тривалості вегетаційного періоду у гібриду Кестрел F_1 (на 3-9 діб) та окремих періодів вегетації (на 1-5 діб) за рахунок поліпшення забезпеченості рослин елементами живлення, що в кінцевому результаті відображається на подовженні тривалості фотосинтетичної активності, кількості

органічної речовини та продуктивності рослин.

4. Застосування біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$) на посівах моркви гібриду Болівар F_1 сприяє покращенню живлення рослин та відповідно подовженню на 6-13 днів тривалості вегетаційного періоду, порівняно із контрольним варіантом. Найбільш тривалим, в середньому за три роки досліджень 121 доба був вегетаційний період на варіантах, де вносили біоорганічне добриво «Ефлюент» у нормі 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$).

5. Тривалість вегетаційного періоду в гібриду кукурудзи Кампоні КС на контролі (без добрив та внесення води) становила 126 діб, а при внесенні біоорганічного добрива «Ефлюент» зростала на 3-7 діб. Найвище значення тривалості вегетаційного періоду встановлено на варіанті із внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га в поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – 133 доби.

РОЗДІЛ 5
МОРФОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ, МОРКВИ ТА БУРЯКІВ СТОЛОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

4.1. Вплив біоорганічного добрива «Ефлюент» на площу листової поверхні кукурудзи, моркви та буряків столових

Фотосинтез – це основний процес у життєдіяльності рослин, головним органом фотосинтезу є листок, хоча відбуватися він може і в інших органах [13, 14, 36]. Через це оптимальне співвідношення листової поверхні до одиниці площі посіву – це одна із основних передумов інтенсивного утворення органічної речовини у процесі фотосинтезу.

Важливо, використовуючи елементи технології, забезпечити швидке наростання асиміляційної поверхні листків і якнайдовше зберегти їх в активному стані [610]. Площа листкового апарату рослин залежить від кількості функціональних листків та площі кожного листка [451].

Оптимальною площею листкової поверхні більшості сільськогосподарських культур є 40-60 тис. м^2/га. Подальше її збільшення буде вже малоефективним, тому що суттєво знижується освітленість листків і чиста продуктивність фотосинтезу [13, 14, 28].

У формування високої продуктивності коренеплодів, у тому числі і буряків столових, оптимальна площа листової поверхні є вирішальним фактором не лише урожайності, але і якості продукції [611]. Згідно з даними А.С. Заришняка [612] та Л.М. Карпук [613], добовий приріст урожаю буряків визначається площею листкової поверхні та продуктивністю фотосинтезу, тому всі елементи технології мають бути спрямовані на забезпечення оптимальних умов для проходження фізіологічних процесів. У той же час В.Ю. Даскін, О.І. Антонова [614] відзначають, що індекс листкової поверхні не повинен перевищувати 3,5-4,0 (35-40 тис. м^2/га листків), а інші дослідники взагалі відзначають 50-80 тис. м^{2}га площу листової поверхні, як оптимальну для буряків [611]. Максимальних значень для буряків площа листової поверхні досягає в серпні [613].

Результатами проведених досліджень встановлено, що площа листкової поверхні буряків столових суттєво залежала від застосування біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» (таблиця 5.1).

Із даних таблиці 5.1 видно, що найнижче значення площі листкової поверхні у буряків столових гібриду Кестрел F_1 було встановлено у фазі змикання листків у рядках (14 червня) – 3,77-5,49 тис. м^2/га. Це пов’язано із тим, що в цей період буряки столові лише розпочинають формувати відповідну площу листової поверхні, але можна відзначити зростання площі листової поверхні за рахунок застосування біоорганічного добрива на 0,27-

0,55 тис. м^2/га у відношенні до контролю (без зрошення та добрив). Поліпшення забезпечення рослин буряків столових вологою сприяло зростанню площі листової поверхні на 0,15 тис. м^2/га, порівняно із контрольним варіантом, але без вологи. Найвище значення площі листової поверхні 5,49 тис. м^2/га відзначено на варіанті, де застосували біоорганічне добриво «Ефлюент» нормою 55 т/га у поєднанні із мінеральним удобренням ($N_{90}P_{90}K_{90}$), що на 1,72 тис. м^2/га більше в порівнянні із контролем.

Таблиця 5.1

Площа листкової поверхні у гібриду буряків столових Кестрел F_1 залежно від системи удобрення, тис. м^2/га, (середнє за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Фази розвитку			Збирання врожаю, 25.09-10.10
	змикання листків у рядках, 14.06	змикання листків у міжряддях, 04.07	інтенсивний ріст, 12.08	
Контроль (без добрив і без зрошення)	3,77	10,85	25,72	22,57
Внесення води у нормі 45 т/га	3,92	13,11	29,78	25,56
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	4,04	15,23	33,33	29,70
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	4,10	15,64	35,56	33,78
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	4,15	16,07	36,67	34,06
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	4,32	16,31	37,22	34,20
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	5,49	19,30	40,56	39,34
$N_{90}P_{90}K_{90}$	4,40	16,41	39,44	35,89
$НІР_{0,05}$	0,36	0,87	1,23	1,05

Значення площі листової поверхні у фазі змикання листків у міжряддях істотно зросло і становило 10,85-19,30 тис. м^2/га. Хоча також прослідковувалося збільшення її в умовах оптимізації живлення рослин за рахунок внесення добрив як органічних, так і мінеральних.

Найвище значення площі листової поверхні у гібриду Кестрел F_1 встановлено у фазі інтенсивного росту – 25,72-40,56 тис. м^2/га, а в період збирання даний показник дещо знизився і становив 22,57-39,34 тис. м^2/га, проте вона залишалася достатньою для продовження накопичення продуктів фотосинтезу в рослині.

Крім того, як і в попередніх фазах, прослідковується вплив добрив на площу листової поверхні у фазі інтенсивного росту коренеплоду, зокрема на контролі вона становила 25,72 тис. м^2/га, а за внесення води (45 т/га) вона зросла до 29,78 тис. м^2/га, на фоні 25 т/га «Ефлюенту» – 33,33 тис. м^2/га, 35 т/га «Ефлюенту» – 35,56 тис. м^2/га, 45 т/га «Ефлюенту» – 36,67 тис. м^2/га, 55 т/га «Ефлюенту» – 37,22 тис. м^2/га, на фоні 55 т/га «Ефлюенту» та мінерального удобрення ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – 40,56 тис. м^2/га, на фоні лише мінерального удобрення ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – 39,44 тис. м^2/га.

Отже, найвище значення площі листкової поверхні отримано на

варіанті органо-мінеральної системи удобрення, за внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$ у фазі інтенсивного росту коренеплоду – 40,56 тис. м^2/га. Через це можна стверджувати, що поліпшення забезпечення рослин буряка столового макро- і мікроелементами за рахунок внесення добрив забезпечує зростання площі листкової поверхні на 14,84 тис. м^2/га, порівняно із контрольним варіантом (без добрив).

Визначені частки впливу основних факторів на площу листкової поверхні буряка столового у фазі інтенсивного росту (рис. 5.1) показують суттєвий вплив як мінерального удобрення, так і внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на формування цієї ознаки.

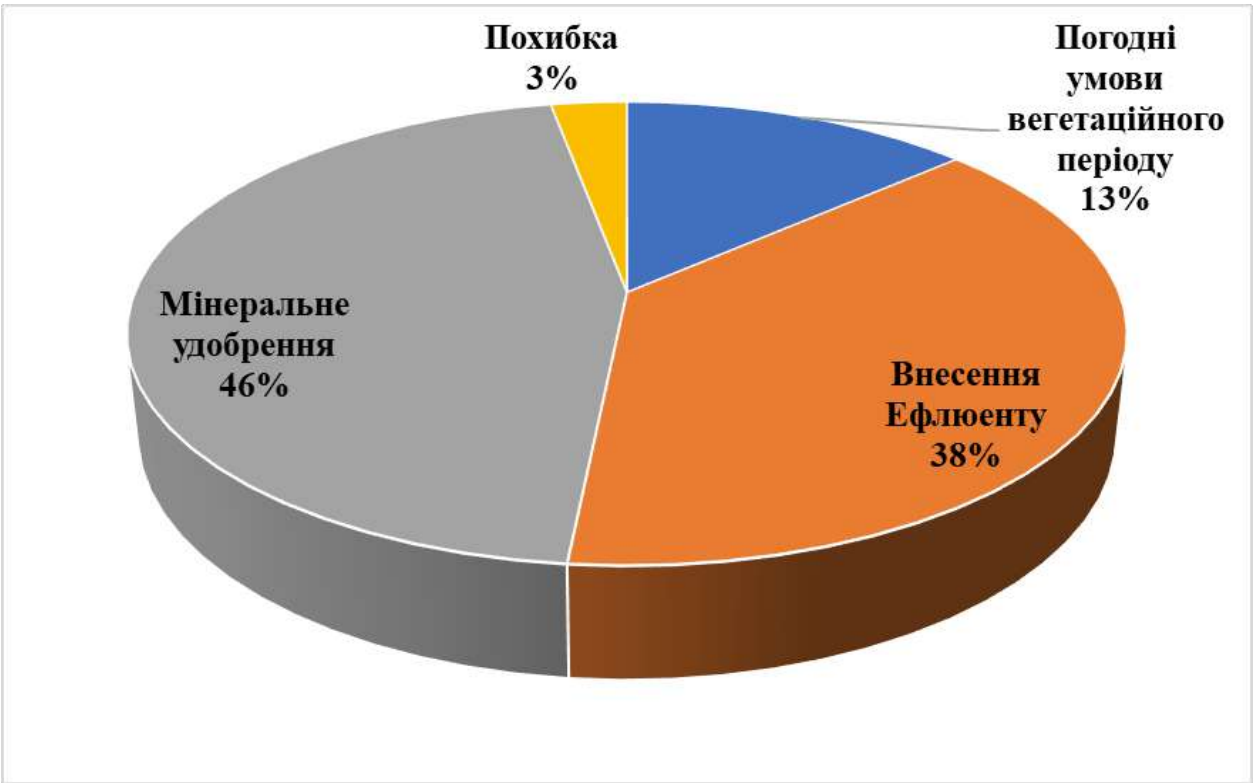


Рисунок 5.1. **Частка впливу основних факторів на площу листкової поверхні буряка столового у фазі інтенсивного росту**

Причому, на відміну від визначених особливостей тривалості вегетаційного періоду (розділ 4), де основний вплив здійснювали умови року, в даному випадку їх вплив перебуває на рівні 13 %, що підкреслює важливість формування рослинами оптимальних значень листкової поверхні, і лише за надзвичайно екстремальних погодних впливів може спостерігатися суттєве відхилення від норми.

Аналогічні дані впливу біоорганічного добрива «Ефлюент» на площу листової поверхні рослин отримано у гібриду моркви Болівар F_1 (табл. 5.2).

Площа листової поверхні моркви була найменшою у фазі 3-4 листків і, в середньому за три роки, коливалась у межах від 8,37 до 17,94 см. На варіантах, де було здійснено внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив, площа листкової поверхні зросла на 3,05-9,57 тис. м^2/га,

порівняно із контролем (без добрив та без внесення води). Найвище значення площі листової поверхні встановлено на варіанті із внесенням 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднанні із мінеральним добривом $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 17,94 тис. м^2/га.

Таблиця 5.2

Площа листкової поверхні у гібриду моркви Болівар F_1 залежно від системи удобрення, тис. м^2/га, (середнє за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Фази розвитку			Технічна стиглість
	3-4 листка	початок формування коренеплоду	інтенсивний ріст коренеплоду	
Контроль (без добрив і без зрошення)	8,37	18,15	23,62	21,83
Внесення води у нормі 45 т/га	10,79	22,27	29,14	25,01
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	11,42	23,92	33,48	29,16
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	12,64	24,39	36,48	29,74
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	12,05	24,57	38,57	35,04
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	12,76	24,71	43,05	37,09
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	17,94	37,58	46,72	41,43
$N_{90}P_{90}K_{90}$	11,92	26,81	43,99	39,03
$НІР_{0,05}$	1,10	1,89	2,46	2,25

На початку формування коренеплоду спостерігалася аналогічна залежність щодо впливу системи удобрення на площу листової поверхні, але межі значення площі листової поверхні збільшились і становили 18,15-37,58 тис. м^2/га, що на 5,77-19,43 тис. м^2/га більше порівняно із контролем.

У період інтенсивного росту коренеплоду відзначене найвище значення площі листової поверхні у гібриду моркви Болівар F_1 – 23,62-46,72 тис. м^2/га, що на 9,86-23,1 тис. м^2/га більше порівняно із контролем, а у фазі технічної стиглості відбулося незначне зниження площі листової поверхні до 21,83-41,43 тис. м^2/га, або на 7,33-19,60 тис. м^2/га більше порівняно із контролем.

Отже, використання органо-мінеральної системи удобрення, яка включає внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» та мінерального добрива у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ забезпечує зростання площі листової поверхні у гібриду моркви Болівар F_1 на різних етапах органогенезу.

Встановлено також частки впливу основних факторів на площу листкової поверхні моркви у фазі інтенсивного росту коренеплоду (рис. 5.2).

Аналогічно, отримані частки показують істотний вплив як мінерального удобрення, так і внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на формування цієї ознаки. А от вплив погодних умов менш значимий і підтверджує оптимальність формування рослинами параметрів площі листя за допустимих відхилень елементів погоди.

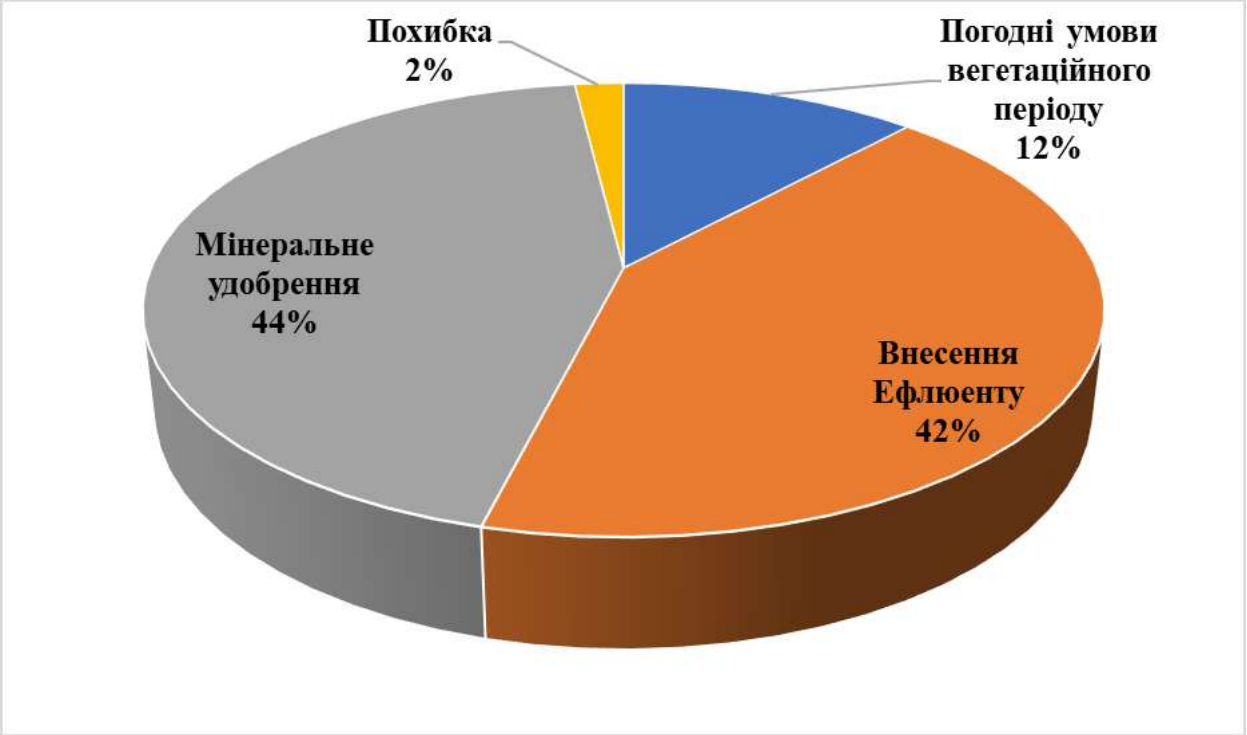


Рисунок 5.2. **Частка впливу основних факторів на площу листкової поверхні моркви в фазі інтенсивного росту коренеплоду**

Характеристику впливу біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінерального удобрення на площу листкової поверхні гібриду кукурудзи Кампоні КС наведено в таблиці 5.3.

Із даних таблиці 5.3 видно, що площа листкової поверхні гібриду кукурудзи Кампоні КС у фазі 10 листків знаходилась у межах 16,45-28,55 тис. м^2/га, фазі викидання волоті – 43,05-61,23 тис. м^2/га, фазі молочно-воскової стиглості – 45,17-64,50 тис. м^2/га, а у фазі воскової стиглості 42,22-60,84 тис. м^2/га. Внесення біоорганічного добрива забезпечило зростання площі листкової поверхні гібриду кукурудзи і фазу 10 листків на 7,05-10,67 тис. м^2/га, у фазі викидання волоті – на 4,48-18,18 тис. м^2/га, у фазі молочно-воскової стиглості – на 4,95-19,33 тис. м^2/га та у фазі воскової стиглості – на 4,97-18,62 тис. м^2/га.

Досліджено також частки впливу основних факторів на площу листкової поверхні кукурудзи у фазі молочно-воскової стиглості (рис. 5.3).

Аналогічно даним отриманим для буряка кормового та моркви площа листкової поверхні суттєво залежала від впливу мінерального або органічного добрива – ключового компонента, що забезпечував активізацію ростових процесів рослин.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу нами визначено особливості впливу норми внесення «Ефлюенту» на формування площі листкової поверхні кукурудзи, буряка столового та моркви (рис. 5.4).

Отже, можна зробити висновок, що зміна площі листкової поверхні кукурудзи, моркви та буряків столових в онтогенезі у всіх варіантах досліду виражалась у вигляді прямої залежності від застосування систем удобрення, а

коефіцієнт кореляції отримано на рівні дуже сильного зв'язку.

Таблиця 5.3

Площа листкової поверхні гібриду кукурудзи Кампоні КС залежно від системи удобрення, тис. м^2/га, (середнє за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Фази розвитку			
	10 листків	викидання волоті	молочно-воскової стиглості	воскової стиглість
Контроль (без добрив і без зрошення)	16,45	43,05	45,17	42,22
Внесення води у нормі 45 т/га	23,00	47,43	48,76	44,71
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	23,50	47,53	50,12	47,19
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	24,66	48,03	51,34	47,61
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	25,64	49,53	53,30	50,14
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	25,86	51,68	56,62	54,71
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	28,55	61,23	64,50	60,84
$N_{90}P_{90}K_{90}$	27,12	55,62	57,29	54,41
$НІР_{0,05}$	1,29	2,79	3,56	3,08

Досить вагомий вплив на продуктивність фотосинтезу рослин має фотосинтетичний потенціал (ФП), який у наших дослідженнях був високим відповідно до градації А.О. Ничипоровича (табл. 5.4).

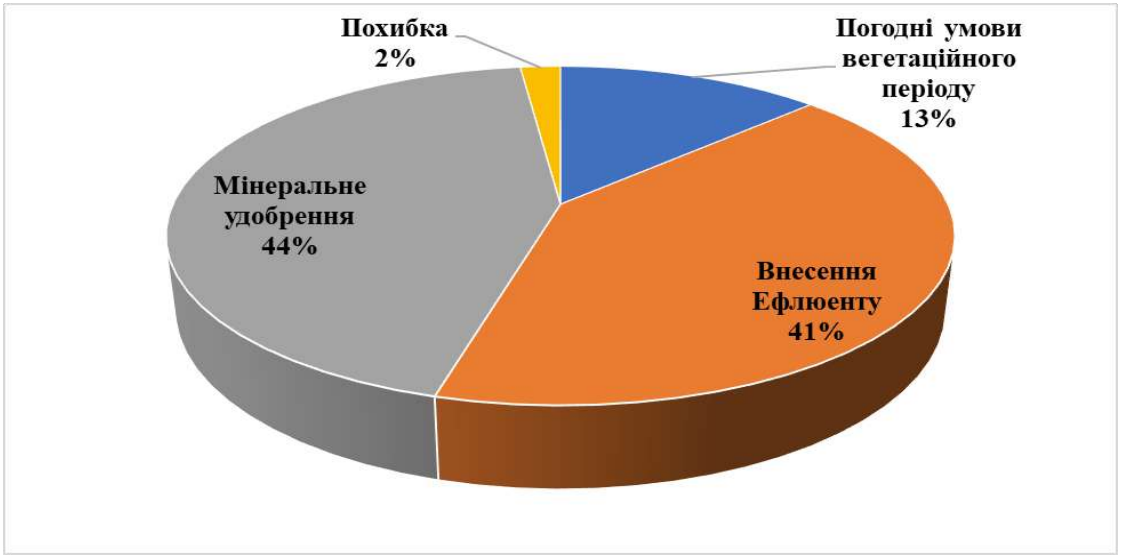
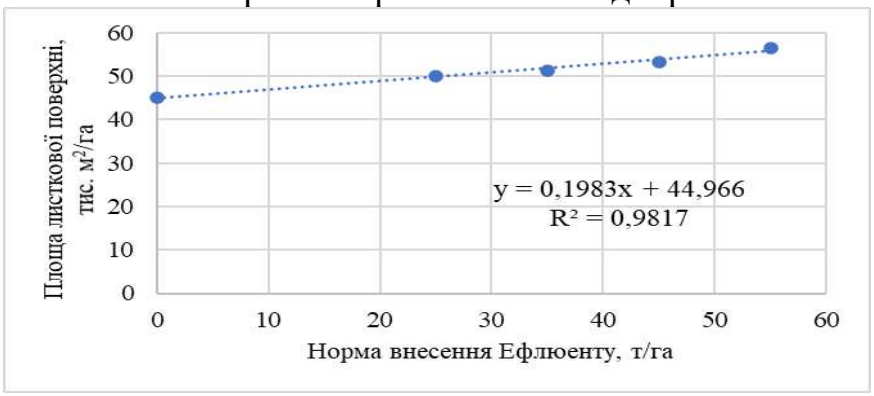


Рисунок 5.3. **Частка впливу основних факторів на площу листкової поверхні кукурудзи в фазі молочно-воскової стиглості**

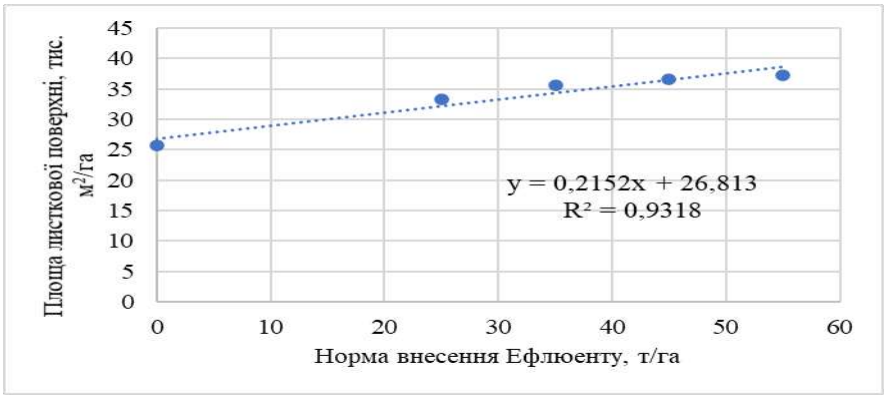
Фотосинтетичний потенціал є сумою щоденних показників площі листкової поверхні на гектар і характеризує фотосинтетичну потужність, яка є одним із найважливіших показників. Це розмір врожаю, фотосинтетичний потенціал і ступінь досконалості посіву. Високопродуктивними потрібно

вважати такі посіви, фотосинтетичний потенціал яких відповідає не менше 2-3 млн. м^2×діб/га з розрахунку на кожних 100 діб фактичної вегетації [29, 36].

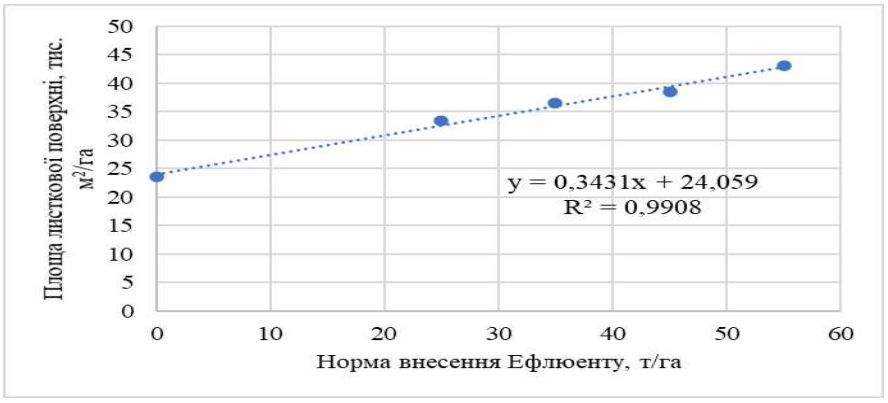
Підвищення значення фотосинтетичного потенціалу пояснюється збільшенням площі листкової поверхні завдяки внесенню біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$). Найвище значення фотосинтетичного потенціалу встановлено на варіанті із внесенням 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднанні із нормою мінеральних добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ для буряків столових – 3185,4 тис. м^2×діб/га, моркви – 4187,1 тис. м^2×діб/га та кукурудзи 4144,0 тис. м^2×діб/га, що пояснюється збільшенням тривалості фотосинтетичної діяльності добре розвинутих рослин та збільшенням площі їх листкової поверхні завдяки внесенню оптимальної кількості макро- і мікроелементів із добривами.



а



б



в

Рисунок 5.4. **Вплив норми внесення біоорганічного добрива «Ефлюенту» на формування площі листкової поверхні кукурудзи (а), буряка столового (б) та моркви (в)**

Таблиця 5.4

Фотосинтетичний потенціал кукурудзи, моркви та буряків столових залежно від системи удобрення, тис. м^2×діб/га

(середнє за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Фотосинтетичний потенціал, тис. м^2×діб/га		
	буряків столових (технічна стиглість)	моркви (технічна стиглість)	кукурудзи (воскова стиглість)
Контроль (без добрив і без зрошення)	1929,0	2098,6	2876,3
Внесення води у нормі 45 т/га	2232,7	2551,5	3152,3
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	2535,9	2873,9	3222,7
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	2731,2	3037,8	3285,9
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	2796,8	3229,6	3413,1
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	2831,7	3466,4	3613,1
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	3185,4	4187,1	4144,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$	2964,8	3602,0	3725,5
$НІР_{0,05}$	114	187	169

Крім загальної площі листкової поверхні, для фотосинтетичної діяльності важливе значення має і кількість листків на рослині.

Результати вивчення кількісних параметрів листкового апарату гібриду буряка столового та моркви в фазі технічної стиглості і кукурудзи в фазі воскової стиглості наведено у таблиці 5.5.

Із даних таблиці 5.5 видно, що найбільш активно формувалися листки за внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» у нормі 55 т/га та внесенні мінерального добрива у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$, зростання кількості листків порівняно із контролем (без добрив), в середньому за три роки досліджень, становило для буряка столового – 3,6 шт., моркви – 7,25 шт. та кукурудзи – 2,0 шт.

Найнижче значення кількості листків на рослині одержано на контрольному варіанті (без добрив та зрошення) – 15,8-26,2 шт.

Отже, можна зробити висновок, що поліпшення надходження до рослинного організму макро- та мікроелементів за рахунок застосування органо-мінеральних добрив забезпечує збільшення кількості листків у кукурудзи на 0,8-2,0 шт., моркви – 0,75-7,25 шт., буряка столового – 0,4-3,6 шт., в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Таблиця 5.5

Кількість листків у буряка столового, моркви та кукурудзи залежно від системи удобрення, шт. (середнє за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Кількість листків, шт.		
	буряк столовий (технічна стиглість)	морква Болівар F_1 (технічна стиглість)	кукурудза (воскова стиглість)
Контроль (без добрив і без зрошення)	26,2	15,8	16,1
Внесення води у нормі 45 т/га	26,4	16,0	16,8
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	26,6	16,5	16,9
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	27,4	17,3	17,7
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	28,6	17,8	17,7
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	28,8	18,9	17,9
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	29,8	23,0	18,1
$N_{90}P_{90}K_{90}$	29,2	19,8	17,7
$НІР_{0,05}$	0,2	0,3	0,8

5.2. Морфологічна характеристика рослин кукурудзи, моркви та буряків столових залежно від системи удобрення

Висота рослин – це основна морфологічна ознака, яка відображає не лише вплив генетичних особливостей рослини, але й умов вирощування на ріст і розвиток. Серед умов вирощування необхідно виділити забезпеченість елементами живлення. Особливості живлення рослин у різних ґрунтово-кліматичних умовах України вивчено недостатньо. Питання підвищення врожайності, якості і збереженості коренеплодів буряка столового та моркви, зерна кукурудзи за використання нових видів органічних і мінеральних добрив є актуальним [615, 616].

Через це ми в умовах Лісостепу правобережного дослідили вплив біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент», мінеральних добрив і їх сумісного застосування на ріст, розвиток та формування коренеплодів буряка столового та моркви і зернову продуктивність кукурудзи.

За результатами проведених досліджень встановлено істотну залежність висоти рослин від системи удобрення (табл. 5.6).

Із даних таблиці 5.6 видно, що у гібриду буряків столових Кестрел F_1 перед збиранням (фаза технічної стиглості) на варіанті без добрив та внесення води (контроль) середня висота рослин становила 31,6 см, гібриду моркви Болівар F_1 – 28,1 см, а гібриду кукурудзи Кампоні КС у фазу воскової

стиглості – 230,7 см.

Таблиця 5.6

Лінійні розміри рослин кукурудзи, моркви та буряка столового залежно від системи удобрення, см (середнє за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Буряк столовий гібрид Кестрел F_1 (технічна стиглість)			Морква гібрид Болівар F_1 (технічна стиглість)			Кукурудза гібрид Кампоні КС (ФАО 340) (воскова стиглість)		
	Висота рослин	приріст до контролю		Висота рослин	приріст до контролю		Висота рослин	приріст до контролю	
		см	%		см	%		см	%
Контроль (без добрив і без зрошення)	31,6	–	–	28,1	–	–	230,7	–	–
Внесення води у нормі 45 т/га	32,9	1,3	4,1	30,4	2,3	8,3	256,4	25,7	11,1
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	36,9	5,3	16,8	32,1	4,0	14,4	268,2	37,5	16,3
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	37,3	5,7	18,0	32,8	4,7	16,7	277,5	46,8	20,3
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	40,5	8,9	28,2	30,4	2,3	8,3	280,3	49,6	21,5
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	42,1	10,5	33,2	34,1	6,0	21,3	289,5	58,8	25,5
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	45,9	14,3	45,3	39,7	11,6	41,2	297,6	66,9	29,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$	42,9	11,3	35,8	35,9	4,8	17,1	291,5	60,8	26,4
$НІР_{0,05}$	1,4	-	-	2,3	-	-	26,8	-	-

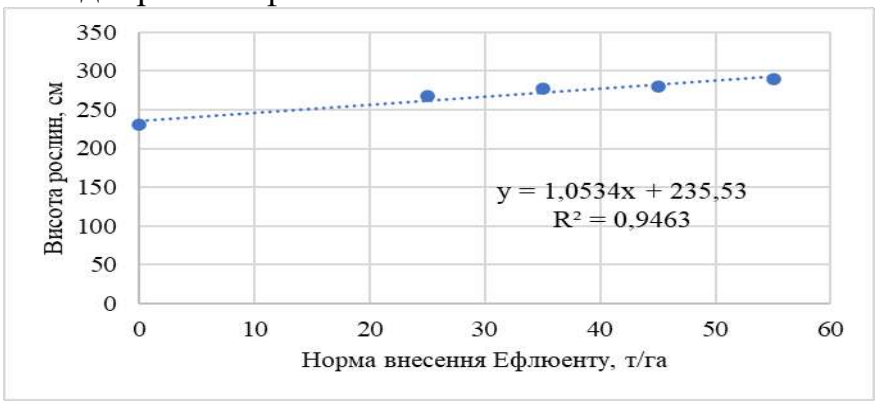
На удобрених варіантах висота рослин зростала у гібриду буряків столових Кестрел F_1 – на 8,3-17,3 см, гібриду моркви Болівар F_1 – на 4,0-11,6 см та у гібриду кукурудзи Кампоні КС на 25,7-66,9 см, порівняно із контролем (без добрив та води). Найбільшу висоту рослин відмічали у варіанті із застосуванням біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{90}K_{90,}$ і вона становила у гібриду буряків столових Кестрел F_1 – 45,9 см, гібриду моркви Болівар F_1 – 45,3 см та у гібриду кукурудзи Кампоні КС – 297,6 см.

Визначені нами параметри впливу норми внесення «Ефлюенту» на формування висоти рослин кукурудзи, буряка столового та моркви знайшли відображення в кореляційно-регресійних рівняннях (рис. 5.5).

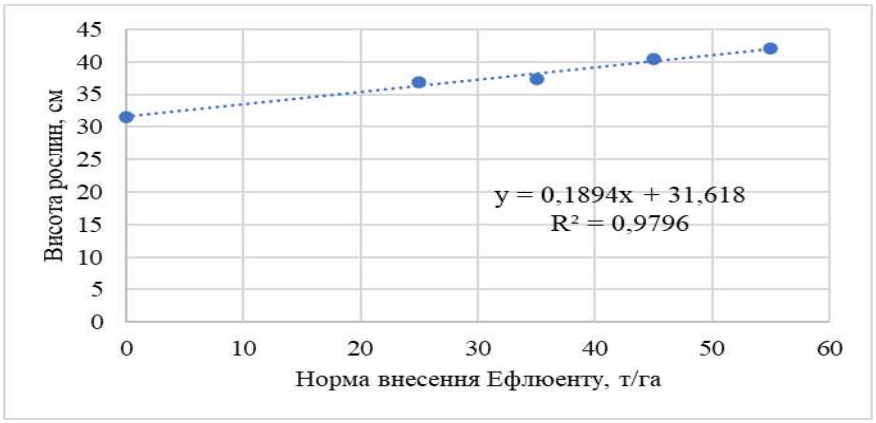
Так, визначено, що отриманий коефіцієнт кореляції між впливом норми внесення «Ефлюенту» на формування висоти рослин у кукурудзи (0,94) та буряка столового (0,98) належить до дуже сильного типу зв’язку. А от для моркви притаманний значний кореляційний зв'язок (r = 0,62).

Отримані рівняння регресії, що відображені на рисунку 4.5, для кожної з досліджуваних культур дозволяють з високим рівнем точності спрогнозувати зміну висоти рослин залежно від норми внесення

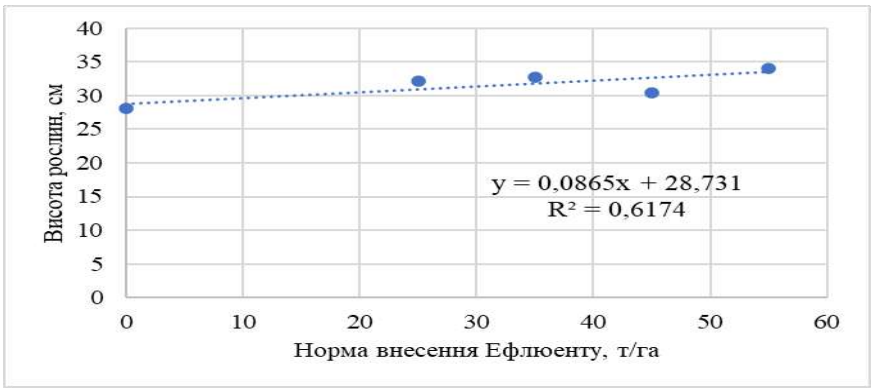
біоорганічного добрива «Ефлюент».



а



б



в

Рисунок 5.5. **Вплив норми внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на формування висоти рослин кукурудзи (а), буряка столового (б) та моркви (в)**

Крім висоти рослин, для кукурудзи важливе значення має висота закладання качанів [269-273, 617], оскільки вона впливає на якість механізованого збирання та втрати врожаю. При застосуванні механізованого збирання кукурудзи важливо, щоб качани закладалися рівномірно на оптимальній висоті, через те що як і низька висота прикріплення качанів (30-50 см) призводить до значних втрат зерна за механізованого збирання (15-20 % і більше), так і високе закладання качанів (вище 110 см) є не бажаним, через зростання затрат на збирання [7, 13, 216].

У кукурудзи інтенсивний ріст стебла рослин у висоту відбувався від фази 11-12 листків до фази викидання волоті. За сприятливих умов волого-забезпечення та температурного режиму ріст рослин кукурудзи у висоту

продовжувався до настання фази молочно-воскової стиглості [443]. Хоча закладання генеративних органів рослин відбувається набагато раніше.

Висота прикріплення качанів у гібриду кукурудзи Кампоні КС суттєво залежала від висоти рослин, так із збільшенням габітусу рослин зростала і висота закладання качанів. Ця ознака визначається біологічними особливостями рослин та умовами їх вирощування, зокрема забезпеченістю рослин кукурудзи макро- та мікроелементами. Характеристику висоти кріплення качанів у гібриду кукурудзи Кампоні КС наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7

Висота кріплення качанів у гібриду кукурудзи Кампоні КС залежно від системи удобрення, см (середнє за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Висота кріплення качанів, см	Приріст до контролю	
		см	%
Контроль (без добрив і без зрошення)	88,2	–	–
Внесення води у нормі 45 т/га	89,2	1,0	1,1
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	91,1	2,9	3,3
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	93,7	5,5	6,2
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	95,1	6,9	7,8
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	100,4	12,2	13,8
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	102,1	13,9	15,8
$N_{90}P_{90}K_{90}$	101,9	13,7	15,5
$НІР_{0,05}$	1,2	-	-

Параметри закладання качанів у гібриду Кампоні КС, у середньому за три роки досліджень, знаходились у межах 88,2-102,1 см, що повністю відповідає вимогам механізованого вирощування та збирання. Внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» та мінеральних добрив сприяє збільшенню висоти кріплення качанів на 2,9-13,9 см, порівняно із контролем (без добрив та використання води). Найвище значення висоти кріплення, як і загальної висоти рослин, отримано на варіанті із внесенням біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га та мінерального добрива $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 102,1 см, найнижче значення було відзначено на контролі – 88,2 см.

Дані визначення частки впливу основних факторів на висоту прикріплення качанів кукурудзи показано на рисунку 5.6.

Висота прикріплення качана кукурудзи залежить і від висоти рослин, через це погодні умови опосередковано впливають і на цю ознаку, адже за роки досліджень у нас спостерігався суттєвий вплив умов вегетаційного періоду на ріст і розвиток кукурудзи (див розділ 4).

Однак, поліпшення умов вирощування за рахунок внесення органічних та мінеральних добрив позитивно впливає на лінійні розміри рослин

кукурудзи, а також моркви та буряків, що в кінцевому результаті відображається і у підвищенні продуктивності даних культур.

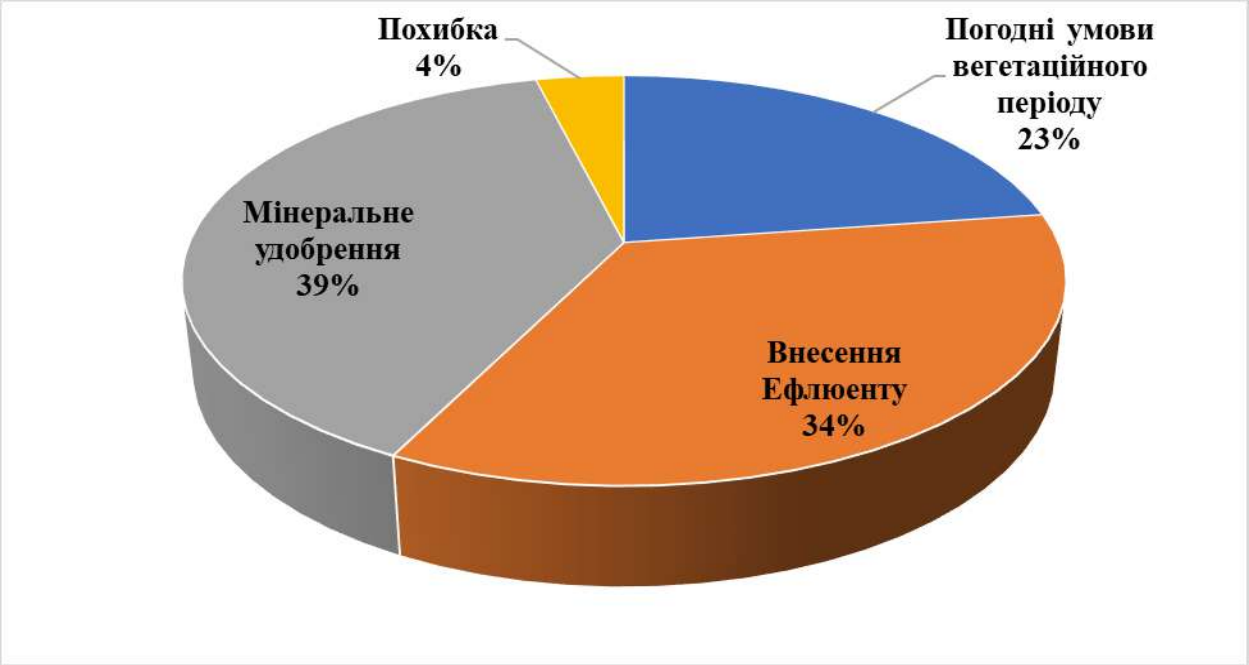


Рисунок 5.6. **Частка впливу основних факторів на висоту прикріплення качанів кукурудзи**

Узагальнюючи дані даного розділу можна зробити наступні висновки:

1. Встановлено, що значення площі листової поверхні у гібриду Кестрел F_1 у фазі інтенсивного росту складало 25,72-40,56 тис. м^2/га, а в період збирання даний показник дещо знизився і становив 22,57-39,34 тис. м^2/га, проте вона залишалася достатньою для продовження накопичення продуктів фотосинтезу в рослині. Найвище значення площі листкової поверхні одержано на варіанті органо-мінеральної системи удобрення, за внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$ у фазі інтенсивного росту коренеплоду – 40,56 тис. м^2/га, через це внесення добрив забезпечує зростання площі листкової поверхні на 14,84 тис. м^2/га, порівняно із контрольним варіантом.

2. На посівах моркви гібриду Болівар F_1 найвище значення площі листової поверхні – 23,62-46,72 тис. м^2/га, що на 9,86-23,1 тис. м^2/га більше порівняно із контролем, а у фазі технічної стиглості відбулося незначне зниження даного показника до 21,83-41,43 тис. м^2/га, або на 7,33-19,60 тис. м^2/га більше порівняно із контролем.

3. Площа листкової поверхні гібриду кукурудзи Кампоні КС у фазі 10 листків коливалась у межах 16,45-28,55 тис. м^2/га, фазі викидання волоті – 43,05-61,23 тис. м^2/га, фазі молочно-воскової стиглості – 45,17-64,50 тис. м^2/га, а у фазі воскової стиглості 42,22-60,84 тис. м^2/га. Внесення біоорганічного добрива на основі дигестату забезпечило зростання площі листкової поверхні гібриду кукурудзи у фазі 10 листків на 7,05-10,67 тис. м^2/га, у фазі викидання волоті – на 4,48-18,18 тис. м^2/га, у фазі молочно-

воскової стиглості – на 4,95-19,33 тис. м^2/га та у фазі воскової стиглості – на 4,97-18,62 тис. м^2/га.

4. Найбільше значення фотосинтетичного потенціалу відзначено на варіанті із внесенням 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднання із нормою мінеральних добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ для буряків столових – 3185,4 тис. м^2×діб/га, моркви – 4187,1 тис. м^2×діб/га та кукурудзи 4144,0 тис. м^2×діб/га, що пояснюється збільшенням тривалості фотосинтетичної діяльності добре розвинутих рослин та збільшенням площі їх листкової поверхні завдяки внесенню оптимальної кількості макро- і мікроелементів із добривами.

5. Поліпшення надходження до рослинного організму макро- та мікроелементів за рахунок використання органо-мінеральних добрив забезпечує зростання кількості листків у кукурудзи на 0,8-2,0 шт., моркви – 0,75-7,25 шт., буряків столових – 0,4-3,6 шт., в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

6. Встановлено, що на удобрених ділянках висота рослин зростала у гібриду буряків столових Кестрел F_1 – на 8,3-17,3 см, гібриду моркви Болівар F_1 – на 4,0-11,6 см та у гібриду кукурудзи Кампоні КС на 25,7-66,9 см, порівняно із контролем (без добрив та води). Найбільшу висоту рослин відмічали на варіанті із застосуванням біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{90}K_{90,}$ і вона становила у гібриду буряків столових Кестрел F_1 – 45,9 см, гібриду моркви Болівар F_1 – 45,3 см та у гібриду кукурудзи Кампоні КС – 297,6 см.

7. Внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив сприяє збільшенню висоти кріплення качанів у гібриду кукурудзи Кампоні КС на 2,9-13,9 см, порівняно із контролем (без добрив та використання води). Найбільше значення висоти кріплення, як і загальної висоти рослин, отримано на варіанті із внесенням біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га та мінерального добрива $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 102,1 см.

РОЗДІЛ 6
ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ, МОРКВИ ТА БУРЯКІВ СТОЛОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

У рослинництві та овочівництві одним із основних показників ефективності є продуктивність, або середня врожайність однієї рослини та культури в цілому. Виходячи із продуктивності однієї рослини, не складно вирахувати врожайність з гектара, знаючи густоту посіву.

Продуктивність рослин – це комплексна ознака, що є результатом взаємодії сукупності морфологічних ознак і властивостей, які визначають особливості росту й розвитку рослин. Кожен із елементів структури врожаю, в свою чергу, залежить від складного комплексу біологічних, агротехнічних й метеорологічних чинників. Наприклад, існує тісний кореляційний взаємозв'язок між даними чистої продуктивності фотосинтезу та індивідуальною продуктивністю рослин (r = 0,92-0,96) [618].

Щоб отримати найвищий приріст врожайності від добрив, необхідно враховувати біологічні та фізіологічні особливості росту й розвитку культури, потребу в елементах живлення на окремих його етапах, їхній вплив на формування елементів структури продуктивності [619].

Дослідження структури врожаю дає можливість встановити, за рахунок яких елементів відбувається зміна величини врожаю кукурудзи, моркви та буряків столових під впливом різних умов живлення. На урожайність у кукурудзи суттєво впливають такі ознаки, як: кількість рядів зерен, кількість качанів з однієї рослини, розмір качана, кількість зерен у ряду, маса 1000 зерен, вихід зерна з качана та кількість рослин на одиниці площі [451, 620-622]. Урожайність коренеплодів моркви та буряків столових визначається кількістю коренеплодів на одиницю площі посіву, діаметром, довжиною, масою та формою коренеплоду, його забарвленням, співвідношенням надземної та підземної частини коренеплодів [623-626].

Адаптація складових технології до факторів зовнішнього середовища та біологічних вимог культури вимагають глибоких фундаментальних знань сутності фізіологічних процесів і процесів формування елементів продуктивності рослин [449]. Диференційований характер процесів росту і розвитку культури, зумовлений абіотичними й біотичними факторами, що сформувалися в агрофітоценозі під впливом різних технологій вирощування, не міг не відобразитися на показниках структури врожаю кукурудзи, моркви та буряка столового.

Створення оптимальних умов для формування генеративних органів на кожному конкретному етапі органогенезу є необхідною умовою формування високопродуктивних агрофітоценозів кукурудзи, моркви та буряків столових, які зумовлюються добрим розвитком складових елементів врожаю і в цих умовах мають бути адаптованими до стресових умов вегетації.

6.1. Структура врожаю гібриду кукурудзи Кампоні КС залежно від умов вегетації та системи удобрення

У наших дослідженнях досліджено вплив різних норм внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив на формування елементів структури врожаю кукурудзи, моркви та буряків столових. У досліджуваних гібридів кукурудзи, моркви та буряків столових відмічено тісний взаємозв'язок між умовами живлення рослин, щільністю ценозу й процесами формування архітектоніки генеративних органів (табл. 5.1-5.3).

Як уже відзначалося раніше, формування високих і якісних урожаїв зерна кукурудзи обумовлюється найважливішими структурними елементами, до яких відноситься маса 1000 зерен, кількість рядів зерен, кількість зерен у ряду, довжина та діаметр качана, лінійні розміри зернівки, вихід зерна із одного качана, маса зерна із качана, кількість качанів на рослині, вологість зерна. В умовах вирощування кукурудзи дані показники суттєво змінюються залежно від генетичних особливостей гібриду та під впливом агротехнічних чинників, а також факторів навколишнього середовища конкретного року [7, 29].

На стеблі кукурудзи розвивається 1-2 качани, рідко більше [7, 451]. Однак у виробничих умовах зустрічаються гібриди, які схильні до багатокачанності, які формують у перерахунку на 100 рослин 150-160 качанів, до того ж деколи можуть зустрічатися окремі рослини з трьома та, як виняток, навіть чотирма качанами [627].

Товаровиробники, шукаючи біологічні шляхи підвищення продуктивності кукурудзи, доволі часто ставлять питання про можливість використання у виробництві багатокачанних біотипів культури. Кількість качанів на рослині кукурудзи є спадковою ознакою, на яку можна впливати селекційним шляхом, а також до певної міри агротехнічним, створюючи кращі умови вирощування [451, 627]. За несприятливих умови вирощування багатокачанні гібриди хоч і не утворюють два качани, але мають значно меншу кількість безплідних рослин, а за оптимального балансу поживних елементів у ґрунті, вологозабезпеченості, передзбиральної густоти стояння рослин та біологічних особливостей такі гібриди здатні формувати два господарсько-придатних качани [29, 627].

Дослідженнями встановлено, що кількість нормально сформованих качанів на рослині кукурудзи суттєво залежала від умов вегетації та системи застосування добрив (табл. 6.1).

Аналізуючи дані таблиці 6.1, необхідно відзначити, що у гібриду кукурудзи Кампоні КС кількість нормально розвинених качанів на рослині коливалась у середньому за три роки, в межах від 1,11 до 1,35 шт.

У 2019 році вона становила 1,11-1,36 шт. На контролі (без застосування добрив та внесення води) кількість нормально сформованих качанів складала 1,11 шт., застосування біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив забезпечило збільшення кількості качанів на 0,21-0,25 шт., і найвище значення цього показника 1,36 було на варіантах, де проводили внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» нормою 55 т/га та мінерального добрива у

нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Таблиця 6.1

Вплив системи удобрення на кількість качанів у гібриду кукурудзи Кампоні КС, шт. (за 2019-2021 рр. ±Sr)

Варіант удобрення	Кількість качанів на рослині, шт.			
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє, ± Sr
Контроль (без добрив і без зрошення)	1,11	1,07	1,15	1,11±0,04
Внесення води у нормі 45 т/га	1,13	1,11	1,16	1,13±0,03
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	1,32	1,28	1,32	1,31±0,02
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	1,35	1,31	1,36	1,34±0,03
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	1,35	1,31	1,36	1,34±0,03
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	1,36	1,31	1,37	1,35±0,03
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	1,36	1,31	1,37	1,35±0,03
$N_{90}P_{90}K_{90}$	1,36	1,28	1,37	1,34±0,05
$НІР_{0,05}$	0,04	0,03	0,03	0,02

У 2020 році за рахунок стресових умов за вологозабезпеченістю рослин кукурудзи спостерігалося зменшення кількості качанів, які сформувалися, – 1,07-1,31 шт. Аналогічна ситуації, як і в 2019 році, склалася щодо впливу системи удобрення на прояв даної ознаки, тобто вона збільшилася на 0,21-0,24 шт., порівняно із контрольним варіантом.

У 2021 році встановлено аналогічну залежність кількості качанів на рослині і внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив.

Отже, можна зробити висновок, що поліпшення умов живлення рослин кукурудзи за рахунок внесення добрив сприяє збільшенню кількості качанів на рослині на 0,20-0,24 шт., в порівнянні із контрольним варіантом (рис. 5.1). Крім того, дефіцит вологи, який спостерігався в 2020 році, може істотно зменшувати кількість качанів на рослині (на 0,02-0,09 шт.), порівняно із 2019 та 2021 роками, які характеризувалися кращою вологозабезпеченістю в період вегетації кукурудзи.

Наступною ознакою є кількість рядів зерен качана, вона є генетично обумовленою ознакою, завжди парною, у різних гібридів становить від 8 до 16 (частіше 12-14) і меншою мірою залежить від умов вирощування [628].

Вплив органічних та мінеральних добрив на кількість рядів зерен у гібриду кукурудзи Кампоні КС наведено в таблиці 6.2.

Із даних таблиці 6.2 видно, що результати досліджень повністю підтверджують дані літературних джерел про генетичний контроль кількості рядів зерен у кукурудзи.

В розрізі років можна відзначити, що кількість рядів зерен у 2019 році в гібриду Кампоні КС становила 14,9-15,5 шт., в 2020 році – 14,8-15,4 шт. та в 2021 році – 14,9-15,6 шт.

Таблиця 6.2

Вплив системи удобрення на кількість рядів зерен качана у гібриду кукурудзи Кампоні КС, шт. (за 2019-2021 рр. ±Sr)

Варіант удобрення	Кількість рядів зерен качана, шт.			
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє, ± Sr
Контроль (без добрив і без зрошення)	14,9	14,8	14,9	14,9±0,06
Внесення води у нормі 45 т/га	15,1	15,0	15,0	15,0±0,06
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	15,0	14,8	14,9	14,9±0,10
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	15,2	15,2	15,3	15,2±0,06
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	15,2	15,2	15,3	15,2±0,06
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	15,4	15,4	15,6	15,5±0,12
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	15,5	15,4	15,6	15,5±0,10
$N_{90}P_{90}K_{90}$	15,5	15,4	15,6	15,5±0,10
$НІР_{0,05}$	0,3	0,2	0,1	0,1

Внесення біоорганічних та мінеральних добрив деякою мірою покращувало значення кількості рядів зерен, але дане зростання виявилося не суттєвим на 0,1-0,7 шт., у порівняні із контролем (без добрив та внесення води).

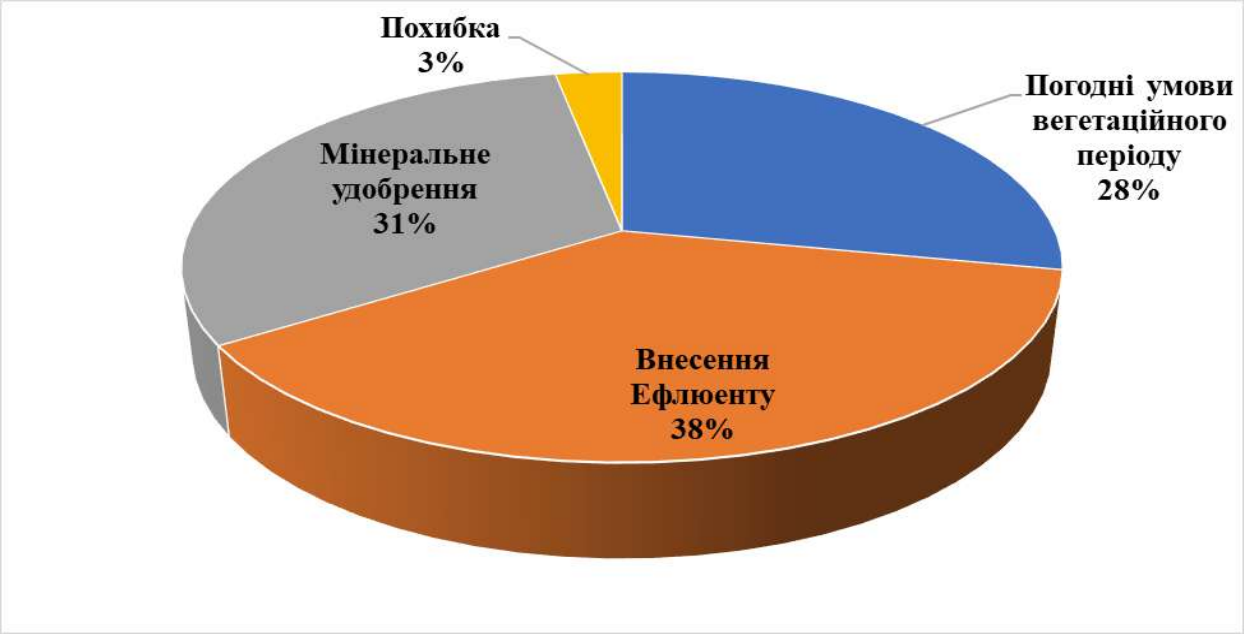


Рисунок 6.1. **Частка впливу основних факторів на кількість качанів у кукурудзи**

Більшою мірою система удобрення впливала на кількість зерен у ряду (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Вплив системи удобрення на кількість зерен в ряді у гібриду кукурудзи Кампоні КС, шт. (за 2019-2021 рр. ±Sr)

Варіант удобрення	Кількість зерен в ряді, шт.			
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє, ± Sr
Контроль (без добрив і без зрошення)	40,5	38,2	39,6	39,4±1,16
Внесення води у нормі 45 т/га	43,0	40,8	42,1	42,0±1,11
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	46,2	43,8	45,2	45,1±1,21
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	46,3	43,8	45,4	45,2±1,27
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	46,3	43,7	45,5	45,2±1,33
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	46,3	43,8	45,4	45,2±1,27
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	47,5	45,4	46,8	46,6±1,07
$N_{90}P_{90}K_{90}$	46,3	44,8	45,4	45,5±0,75
$НІР_{0,05}$	2,5	2,8	2,5	2,4

Кількість зерен у ряду в 2019 році в гібриду кукурудзи Кампоні КС коливалась у межах від 40,5 до 47,5 шт., в 2020 році – 38,2-45,4 шт. та в 2021 році 39,4-46,6 шт.

Внесення біоорганічного добрива на основі дигестату та мінеральних добрив забезпечило зростання кількості зерен в ряду, в середньому за роки досліджень, на 5,7-7,2 шт., у порівнянні із контролем, на якому значення даної ознаки становило 39,4 шт.

Що стосується років досліджень, потрібно відзначити істотне зменшення кількості зерен в ряду в 2020 році (43,0 шт.), який характеризувався не рівномірним характером розподілу кількості опадів, порівняно із 2019 роком (45,3 шт.) та 2021 роком (44,4 шт.). Отже, покращення забезпечення рослин макро- і мікроелементами за рахунок внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив забезпечує збільшення кількості зерен в ряду на 5,7-7,2 шт. Найбільш сприятливими для формування даної ознаки виявилися 2019 та 2021 рр., тоді як 2020 виявився стресовим за розподілом вологи, що в кінцевому результаті вплинуло на істотне зменшення кількості зерен в ряду (рис. 6.2).

Важливим структурним показником, який характеризує продуктивність гібридів кукурудзи, є маса 1000 зерен. У наших дослідженнях маса 1000 зерен у гібриду кукурудзи Кампоні КС залежала від морфологічної характеристики самого гібриду та від варіантів удобрення (табл. 6.4).

На контрольному варіанті без добрив та поливу середньостиглий гібрид кукурудзи Кампоні КС показав найменшу масу 1000 зерен, яка становила в 2019 році – 236,8 г, в 2020 році – 218,2 г та в 2021 році – 229,3 г. Максимальне значення цього показника, порівняно із контролем, відзначили на варіанті із внесенням 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у

поєднанні із мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 303 г, 269,5 та 295,7 г, відповідно у 2019 році, 2020 та 2021 роках.

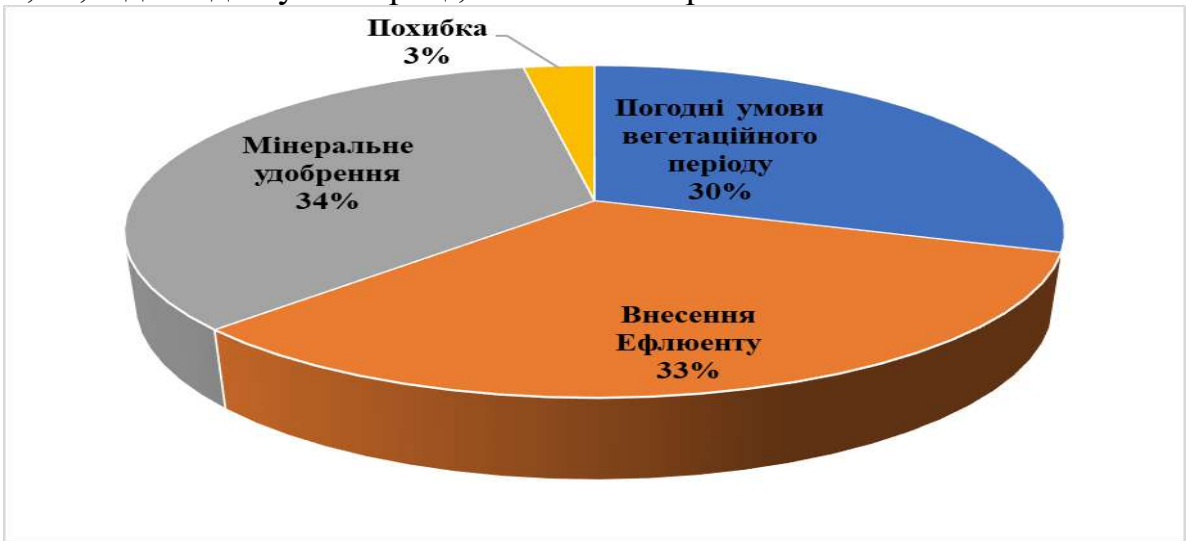


Рисунок 6.2. **Частка впливу основних факторів на кількість зерен в ряду в кукурудзи**

Аналізуючи значення маси 1000 зерен за роками досліджень, варто відзначити те, що погодні умови вегетаційного періоду впливали на ефективність використання елементів живлення із добрив та ґрунту, а також впливали на значення даного показника, так, істотне зниження маси 1000 зерен відмічене в 2020 році (218,2-269,5 г), який виявився стресовим за розподілом вологи, у порівнянні із 2019 (236,8-303 г) та 2021 роками (228,1-289,4 г).

Таблиця 6.4

Вплив системи удобрення на масу 1000 зерен у гібриду кукурудзи Кампоні КС, г (за 2019-2021 рр. ±Sr)

Варіант удобрення	Маса 1000 зерен, г			
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє, ± Sr
Контроль (без добрив і без зрошення)	236,8	218,2	229,3	228,1±9,36
Внесення води у нормі 45 т/га	240,3	225,2	237,7	234,4±8,07
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	246,7	233,3	242,3	240,8±6,83
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	251,5	234,5	246,5	244,2±8,74
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	254,7	241,5	249,8	248,7±6,67
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	279,5	254,3	271,9	268,6±12,93
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	303,0	269,5	295,7	289,4±17,62
$N_{90}P_{90}K_{90}$	289,1	267,2	283,4	279,9±11,36
$НІР_{0,05}$	3,9	7,3	8,5	6,6

Частка впливу основних факторів на масу 1000 зерен кукурудзи відображена на рисунку 6.3.

Якщо проаналізувати вплив основних факторів на формування маси 1000 зерен, то можна відмітити, що застосування мінерального удобрення виявилось ефективнішим у порівнянні з застосуванням лише біоорганічного добрива «Ефлюент». Також спостерігався значних вплив погодних умов (20 %) на дану ознаку.

Загалом же, удобрення посівів гібриду кукурудзи Кампоні КС біоорганічним добривом «Ефлюент» у нормі 55 т/га в поєднанні із мінеральним забезпечує найвище зростання маси 1000 зерен на 12,7-61,3 г в середньому за роки досліджень.

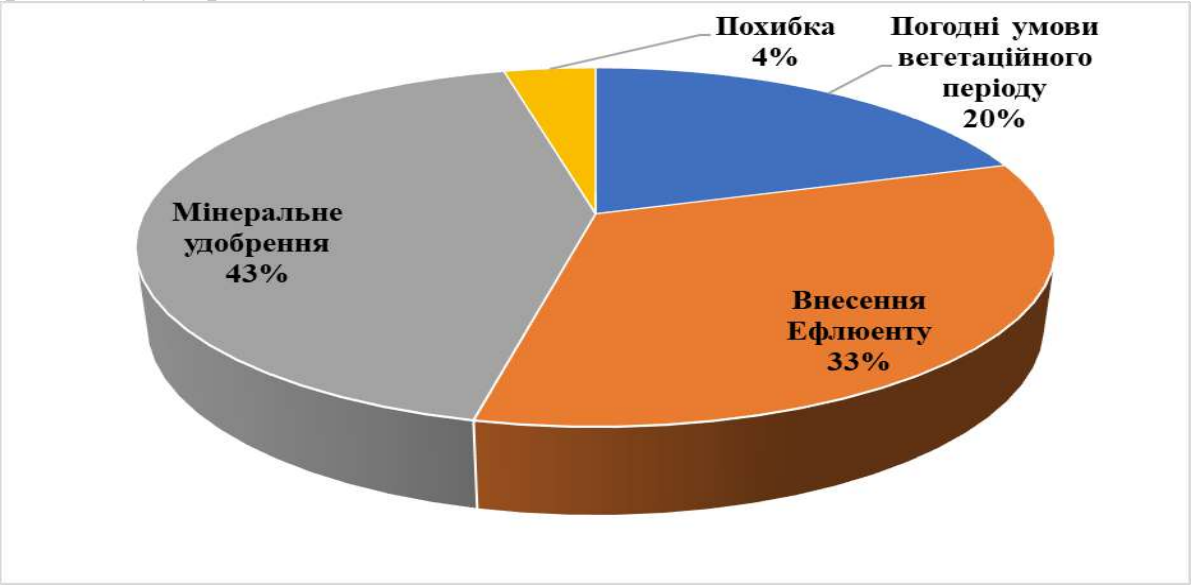


Рисунок 6.3. **Частка впливу основних факторів на масу 1000 зерен у кукурудзи**

6.2. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від умов вегетації та системи удобрення

Виробництво рослинницької та овочевої продукції – це складний і витратний процес із чітким дотриманням технологічної схеми, своєчасним і якісним виконанням усіх технологічних операцій. Основним показником ефективності виробництва будь-якої культури є її урожайність. Проблеми підвищення сільськогосподарських культур на разі вирішуються за рахунок генетичного потенціалу, захисту від шкодочинних об’єктів, регуляторів і стимуляторів росту та системи удобрення [7, 14].

Урожайність, як показник ефективності технології вирощування або окремих її елементів, показує на скільки ефективним був показник засвоєння сонячної енергії рослинами, використання енергетичних ресурсів та відповідної енергетичної оцінки як безпосередньо продукції, так і технологічних складових її виробництва, переробки, утилізації [10, 13].

Система удобрення у сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських та овочевих культур є одним із найбільш важливих

елементів, що дозволяє істотно підвищити не лише урожайність, але й поліпшити її якість. Згідно результатів проведених досліджень встановлено, що поліпшення забезпечення рослин макро- та мікроелементами позитивно впливає не лише на ріст і розвиток кукурудзи, але й на рівень урожайності (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

Вплив системи удобрення на урожайність гібриду кукурудзи Кампоні КС, т/га (за 2019-2021 рр. ±Sr)

Варіант удобрення	Урожайність, т/га			
	2019	2020	2021	середнє, ± Sr
Контроль (без добрив і без поливу)	7,23	6,02	7,09	6,78±0,66
Внесення води у нормі 45 т/га	8,04	6,98	7,94	7,65±0,59
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	10,29	8,83	9,82	9,65±0,75
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	10,90	9,33	10,62	10,28±0,84
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	11,03	9,58	10,78	10,47±0,78
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	12,36	10,25	12,03	11,55±1,14
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	13,83	11,26	13,49	12,86±1,40
$N_{90}P_{90}K_{90}$	12,87	10,76	12,54	12,06±1,13
$НІР_{0.05}$	0,85	1,00	0,88	0,95

Із даних таблиці 6.5 видно, що найнижчі показники врожайності зерна гібриду кукурудзи Кампоні КС були на контрольному варіанті без добрив та поливу і в середньому за три роки склали – 6,78 т/га. Внесення біоорганічних добрив «Ефлюент» та мінеральних добрив сприяло підвищенню урожайності на 2,87-6,08 т/га, порівняно із контролем.

Найвищий рівень урожайності середньостиглого гібриду Кампоні КС (12,86 т/га) отримано на варіанті із внесенням 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднанні із мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ д. р. на 1 га.

Частка впливу основних факторів на урожайність кукурудзи відображена на рисунку 6.4.

Якщо аналізувати вплив різних видів удобрення окремо, то вони практично однаково формують рівень продуктивності кукурудзи, а от сумарно їх вплив підвищується.

За результатами проведених досліджень можна зробити попередні висновки, що за удобрення посівів гібриду кукурудзи Кампоні КС біоорганічним добривом «Ефлюент» у нормі 55 т/га та повним мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ спостерігали покращення забезпечення рослин елементами живлення, яке в кінцевому результаті сприяло найвищому значенню урожайності зерна.

Визначені нами параметри впливу норми внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на формування врожайності кукурудзи знайшли відображення в кореляційно-регресійному рівнянні (рис. 6.5).

За наявності дуже сильного кореляційного зв'язку (r = 0,95), для прогнозування врожайності кукурудзи залежно від норми внесення біоорганічного добрива «Ефлюєнт» можна використовувати рівняння: y = 0,0832x + 7,0837.

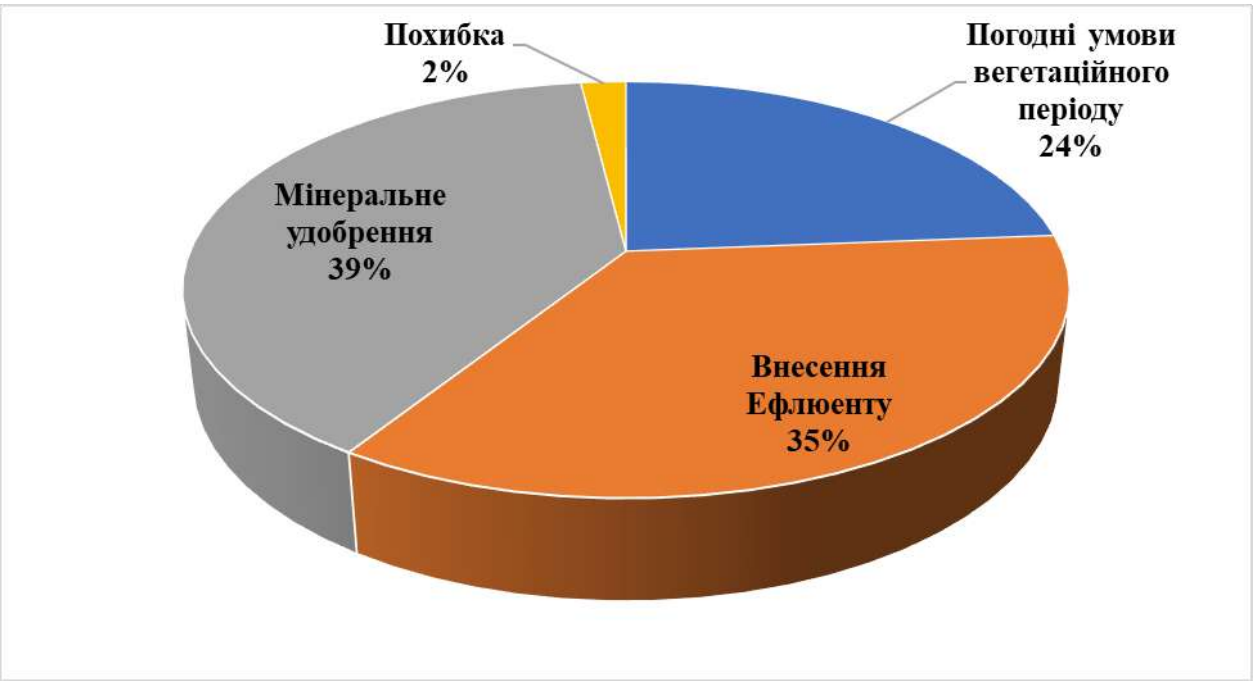


Рисунок 6.4. **Частка впливу основних факторів на врожайність кукурудзи**

Досить важливим для визначення ефективності вирощування кукурудзи є показник передзбиральної вологості зерна. Із даних літературних джерел [629-631] відомо, що внесення добрив може підвищувати рівень вологості зерна, що, в свою чергу, вимагає додаткових затрат на досушування.

У період збирання врожаю вологість зерна гібридів кукурудзи може перевищувати 40 %. А висушування до кондиційної вологості 14 % на кожну тонну зерна кукурудзи вимагає затрат великої кількості енергії, 60-70 % витрат палива від загальної потреби для вирощування кукурудзи, тобто 40-60 кг на сушіння 1 т качанів та 30-35 кг – 1 т зерна. Через це у вирощуванні кукурудзи слід опиратися, в першу чергу, на зовнішньо керовані фактори, завдяки яким ми зможемо встановити оптимальні умови для росту, розвитку та дозрівання кукурудзи [14, 451].

За результатами проведених досліджень встановлений вплив на рівень передзбиральної вологості зерна гібриду кукурудзи Кампоні КС внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив і їх суміші (табл. 6.6).

Із даних таблиці 6.6 видно, що найнижчий рівень передзбиральної вологості зерна гібриду кукурудзи Кампоні КС, в середньому за три роки, встановлено на контролі (без добрив та обприскування водою) – 18,8 %. Застосування як органічних, так і мінеральних добрив забезпечило зростання

рівня передзбиральної вологості зерна на 1,3-5,0 %, порівняно із контролем.

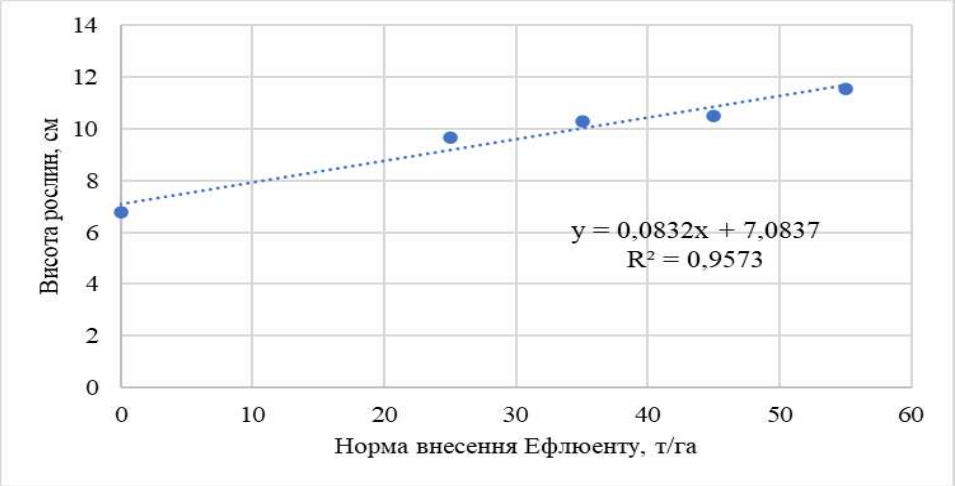


Рисунок 6.5. **Вплив норми внесення «Ефлюенту» на формування врожайності кукурудзи**

Найвище значення вологості зерна відзначено на варіанті із застосуванням 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – 23,8 %, що в кінцевому результаті негативно впливає на економічні показники вирощування зернової кукурудзи, оскільки вимагає додаткових затрат на досушування.

Таблиця 6.6

Передзбиральна вологість зерна у гібриду кукурудзи Кампоні КС залежно від системи удобрення, % (за 2019-2021 рр. ±Sr)

Варіант удобрення	Вологість зерна, %			
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє, ± Sr
Контроль (без добрив і без поливу)	19,6	17,2	19,5	18,8±1,36
Внесення води у нормі 45 т/га	20,1	18,9	20,0	19,7±0,67
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	20,6	19,4	20,3	20,1±0,60
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	20,9	19,7	20,4	20,3±0,60
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	21,3	19,8	21,1	20,7±0,81
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	22,5	21,7	22,4	22,2±0,44
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	24,8	22,8	23,9	23,8±0,98
$N_{90}P_{90}K_{90}$	23,9	22,5	23,6	23,3±0,74
$НІР_{0.05}$	0,9	2,0	0,6	1,0

Аналізуючи рівень вологості зерна за роками досліджень, варто відзначити істотне зниження рівня передзбиральної вологості в 2020 році (17,2-22,8 %), порівняно із 2019 (19,6-24,8 %) та 2021 роками (19,5-23,9 %), що пов’язано із високими температурними показниками та не рівномірним розподілом атмосферних опадів у 2020 році.

Отже, застосування біоорганічних та мінеральних добрив забезпечує підвищення вологості зерна на 0,60-0,98 % гібриду кукурудзи Кампоні КС, порівняно із контролем.

Важливим питанням аналізу результатів проведених досліджень є класифікація експериментальних даних для встановлення подібності або відмінності досліджуваних варіантів за допомогою багатовимірних методів аналізу.

Так, для агрономічної класифікації найбільш підходить варіант використання кластерного аналізу з методом групування за Евклідовими відстанями (рис. 6.6).

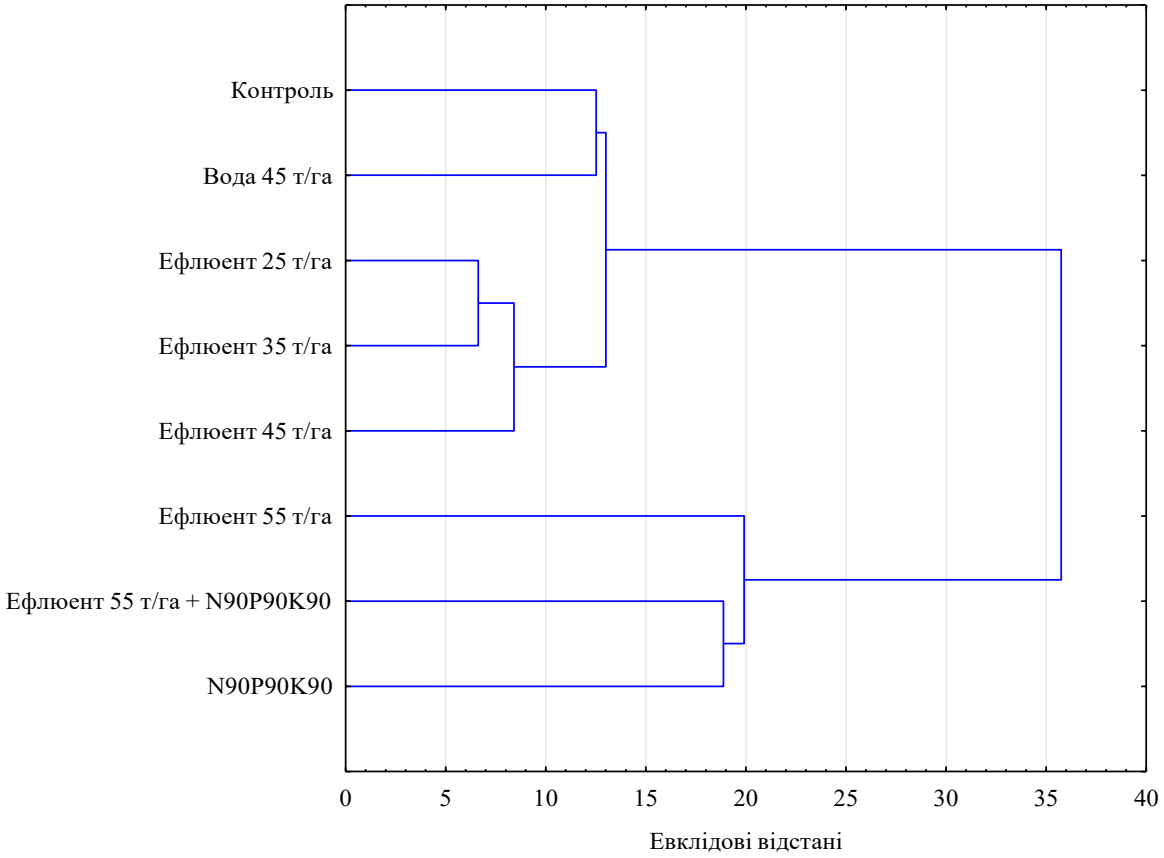


Рисунок 6.6. **Кластерний аналіз кукурудзи за комплексом господарсько-цінних показників**

Аналіз засвідчив чітку відокремленість чистого контролю та варіанту з внесенням 45 т/га води в окремому кластері. Що фактично й відзначено в досліді – як деяке підвищення біометричних показників рослин без істотного ефекту зростання рівня продуктивності та якості отримуваної продукції.

Також окремий кластер складають варіанти внесення біоорганічного добрива «Ефлюєнт» з нормою 25-45 т/га. Причому рослини реагують на зростання норми внесення біоорганічного добрива прибавкою господарсько-цінних ознак або ж урожайності. Однак, кластерний аналіз дозволив виявити, що норма реакції на це добриво є однаково передбачуваною, тобто можна з високим рівнем ймовірності спрогнозувати, як будуть розвиватися рослини в умовах застосування винятково біоорганічного добрива «Ефлюент».

Досить цікавим кластером є третій, представлений варіантами застосування мінерального добрива та поєднання його з внесенням біоорганічного добрива «Ефлюент». Також до цього кластера примикає і варіант внесення «Ефлюенту» в нормі 55 т/га. Тобто за таких норм використання добрив відбувається перерозподіл структури врожаю та зміна закономірностей його формування, що веде до отримання вищого рівня продуктивності.

6.3. Структура врожаю та продуктивність гібриду моркви Болівар F_1 залежно від умов вегетації та системи удобрення

Для вирощування моркви на харчові потреби головними ознаками є довжина, діаметр, забарвлення і форма коренеплодів, до того ж застосування елементів технології вирощування може істотно впливати на довжину коренеплоду і його скоростиглість. Так, довжина коренеплодів моркви коливається від 10 до 30 см, але ця особливість дуже мінлива й залежить від вибору типу ґрунту та глибини оранки, тобто чим важчий ґрунт, тим коротші формуються коренеплоди моркви [623].

Нами було досліджено показники структури врожаю коренеплодів моркви столової залежно від факторів, що вивчалися. Результати проведених досліджень показали, що забарвлення коренеплоду моркви гібриду Болівар F_1 було оранжевим і не залежало від системи застосування добрив, тобто ця ознака виявилася більш генетично детермінована. Вплив системи удобрення на характеристику морфологічної структури коренеплоду моркви Болівар F_1 наведено в таблиці 6.7.

Найбільшим діаметром коренеплоду, в середньому за три роки, характеризувалися рослини моркви гібриду Болівар F_1 за внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» нормою 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – 6,0 см. Найменший діаметр коренеплоду моркви зафіксовано на контролі – 3,6 см. Внесення добрив забезпечує зростання діаметру коренеплоду моркви на 0,6-2,4 см, в порівнянні із контролем (без добрив та внесення води).

Досить важливе значення для формування високої продуктивності моркви має співвідношення надземної та підземної частини рослини (табл. 6.8).

Маса гички (надземної частини) моркви на контролі в середньому за три роки досліджень склала 10,3 г. За удобрення біоорганічним добривом «Ефлюент» у нормі 25 т/га вона зросла на 11,6 г, 35 т/га – на 13,7 г, 45 т/га – 15,6 г, 55 т/га – 18,3 г, за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ – на 19,7 г, а за внесення 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$) на 24,0 г і була найвищою – 28,6 г.

Таблиця 6.7

Зміна структури врожаю моркви гібриду Болівар F_1 залежно від системи удобрення, (за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Діаметр коренеплоду, см				Маса коренеплоду, г			
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє
Контроль (без добрив і без зрошення)	3,7	3,5	3,6	3,6	68,9	61,6	64,3	64,9
Внесення води у нормі 45 т/га	4,0	3,7	3,9	3,9	73,2	65,8	69,3	69,4
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	4,2	4,1	4,2	4,2	77,5	68,8	73,9	73,4
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	4,6	4,4	4,5	4,5	81,4	72,1	77,6	77,0
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	4,8	4,7	4,9	4,8	83,9	72,6	80,9	79,1
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	5,5	5,2	5,4	5,4	87,6	73,4	85,6	82,2
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	6,1	5,8	6,0	6,0	96,3	84,1	91,5	90,6
$N_{90}P_{90}K_{90}$	5,6	5,3	5,6	5,5	90,4	78,3	86,4	85,0
$НІР_{0,05}$	0,4	0,2	0,4	0,3	4,2	4,5	5,0	4,6

Характеризуючи співвідношення надземної і підземної частини в фазі технічної стиглості, можна відзначити, що на контролі (без добрив та внесення води) співвідношення було – 1:0,16, за використання біоорганічного добрива «Ефлюент» воно вирівнялось і становило від 1:0,30 до 1:0,35. Найбільш активно формувалися коренеплоди та надземна частина рослини моркви за внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» нормою 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$), співвідношення між надземною та підземною частинами становило – 1:0,38.

Отже, внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив сприяє покращенню ростових процесів як надземної, так і підземної частини у гібриду моркви Болівар F_1, що в кінцевому результаті позитивно впливає на рівень урожайності та фотосинтетичну діяльність рослинного організму.

Урожайність та показники якості коренеплодів гібриду моркви Болівар F_1 залежать від комплексу проведених агротехнічних заходів, метеоумов, системи удобрення, загальної культури землеробства та інших. Збирання коренеплодів моркви в умовах ТОВ «Органік-Д» проводили у фазі технічної стиглості до настання заморозків – з другої декади вересня до третьої декади жовтня.

Л.А. Терьохіна [632] відзначає, що зі зниженням середньодобової температури до +2-4°С ріст коренеплодів зупиняється, а короткочасні заморозки (-1-2°С) можуть викликати їх пошкодження. Ранні строки

збирання також небажані: у теплу, суху і вітряну погоду коренеплоди в'януть та стають більш схильними до пошкодження хворобами під час зберігання.

Таблиця 6.8

Біометричні показники рослин моркви гібриду Болівар F_1 залежно від системи удобрення, (за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Маса гички із 1 коренеплоду, г				Співвідношення надземної до підземної частини рослини			
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє
Контроль (без добрив і без зрошення)	10,6	9,1	11,2	10,3	1:0,15	1:0,15	1:0,17	1:0,16
Внесення води у нормі 45 т/га	16,8	13,9	17,3	16,0	1:0,23	1:0,21	1:0,25	1:0,23
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	23,5	19,0	23,2	21,9	1:0,30	1:0,28	1:0,31	1:0,30
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	25,6	19,8	26,7	24,0	1:0,31	1:0,27	1:0,34	1:0,31
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	27,8	21,4	28,5	25,9	1:0,33	1:0,29	1:0,35	1:0,33
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	29,5	26,3	30,1	28,6	1:0,34	1:0,36	1:0,35	1:0,35
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	36,4	31,9	34,7	34,3	1:0,38	1:0,38	1:0,38	1:0,38
$N_{90}P_{90}K_{90}$	30,8	28,7	30,5	30,0	1:0,34	1:0,37	1:0,35	1:0,35
$НІР_{0,05}$	2,3	1,8	3,5	4,3	-	-	-	-

На ряду із зростанням врожайності моркви за рахунок внесення відповідних співвідношень біоорганічних та мінеральних добрив спостерігалися зміни у виході стандартної (кондиційної) та нестандартної (некондиційної) частини коренеплодів (табл. 6.9).

Із даних таблиці 6.9 видно, що загальна врожайність гібриду моркви столової Болівар F_1 на контролі, в середньому за три роки, становила 48,70 т/га, 28,81 т/га або 59,16 % – стандартна (товарна) продукція, а 19,89 т/га або 40,84 % до сумарного врожаю нестандартна (некондиційна) продукція. Тобто високий вихід дрібних коренеплодів був саме на контролі.

Найбільшу загальну урожайність (67,98 т/га) моркви гібриду Болівар F_1 отримано на варіанті із внесення 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднанні із мінеральними добривами ($N_{90}P_{90}K_{90}$), із неї 58,05 т/га коренеплодів або 85,39 % до сумарного врожаю товарна продукція, і лише 9,93 т/та або 14,61 % нетоварна продукція. Необхідно також відзначити істотне зростання (на 6,35-19,28 т/га) сумарного врожаю коренеплодів моркви, порівняно із контролем (без добрив та внесення води).

Частка впливу основних факторів на врожайність коренеплодів моркви відображена на рисунку 6.7.

Якщо аналізувати вплив різних видів удобрення окремо, то вони

практично однаково формують рівень урожайності коренеплодів, а от вплив погодних умов прослідковується на дещо нижчому рівні, ніж у кукурудзи, яка потрапила під дію несприятливих умов зростання в критичні періоди свого розвитку.

Таблиця 6.9

Вплив добрив на урожайність та товарність коренеплодів моркви столової гібриду Болівар F_1, (за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Загальна урожайність коренеплодів, т/га				Стандартна продукція		Нестандартна продукція	
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	т/га	%	т/га	%
Контроль (без добрив і без зрошення)	51,68	46,20	48,23	48,70	28,81	59,16	19,89	40,84
Внесення води у нормі 45 т/га	54,90	49,35	51,98	52,08	34,22	65,72	17,85	34,28
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	58,13	51,60	55,43	55,05	40,85	74,20	14,20	25,80
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	61,05	54,08	58,20	57,78	44,24	76,57	13,54	23,43
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	62,93	54,45	60,68	59,35	47,07	79,32	12,28	20,68
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	65,70	55,05	64,20	61,65	50,82	82,43	10,83	17,57
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	72,23	63,08	68,63	67,98	58,05	85,39	9,93	14,61
$N_{90}P_{90}K_{90}$	67,80	58,73	64,80	63,78	51,45	80,68	12,32	19,32
$НІР_{0.05}$	3,32	3,30	3,70	3,40	2,12	-	1,75	-

Вплив добрив на співвідношення товарної та нетоварної продукції в своїх дослідженнях відзначає ряд дослідників [633-635], вказуючи на те що внесення високих доз азотних добрив підвищує відсотковий вихід нестандартної фракції коренеплодів.

За результатами проведених досліджень повністю підтверджені дані літературних джерел про залежність системи удобрення і урожайності та співвідношення товарної і нетоварної продукції.

Отже, отримані результати вказують, що в разі зменшення врожаю культури прямо пропорційно збільшується й кількість нестандартних коренеплодів, що пов’язано з несприятливими агротехнічними факторами вирощування моркви (див. табл. 6.9). Крім того, за внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ загальна урожайність коренеплодів моркви столової гібриду Болівар F_1 зростає на 6,35-19,28 т/га, а товарність на 12,04-29,24 т/га (15,04-26,23 %) порівняно із контролем (без добрив та внесення води), на варіантах без добрив спостерігався найбільший у досліді відсоток коренеплодів, що тріснули та коренеплодів, уражених хворобами. Кількість механічно пошкоджених

коренеплодів моркви із внесенням біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив зменшувалася, що можна пояснити більшою їхньою довжиною, яка запобігає ушкодженням під час механічного збирання.

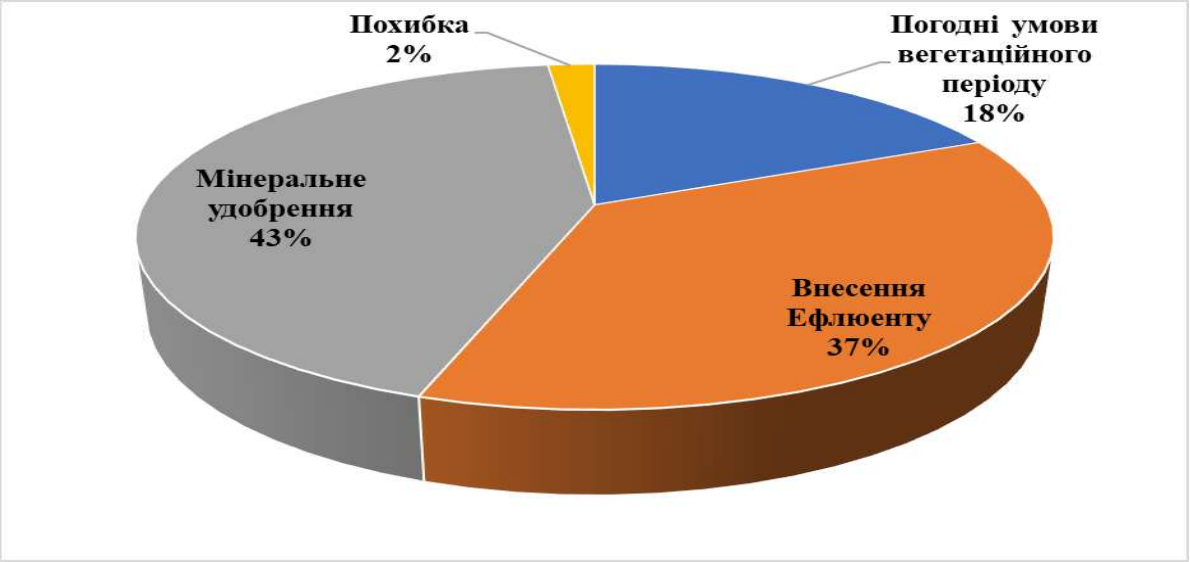


Рисунок 6.7. **Частка впливу основних факторів на врожайність коренеплодів моркви**

Визначені нами параметри впливу норми внесення «Ефлюенту» на формування урожайності коренеплодів моркви знайшли відображення в кореляційно-регресійному рівнянні (рис. 6.8).

За наявності досить сильного кореляційного зв'язку (r = 0,99) для прогнозування урожайності кукурудзи залежно від норми внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюєнт» можна використовувати рівняння: y = 0,2354x + 48,972.

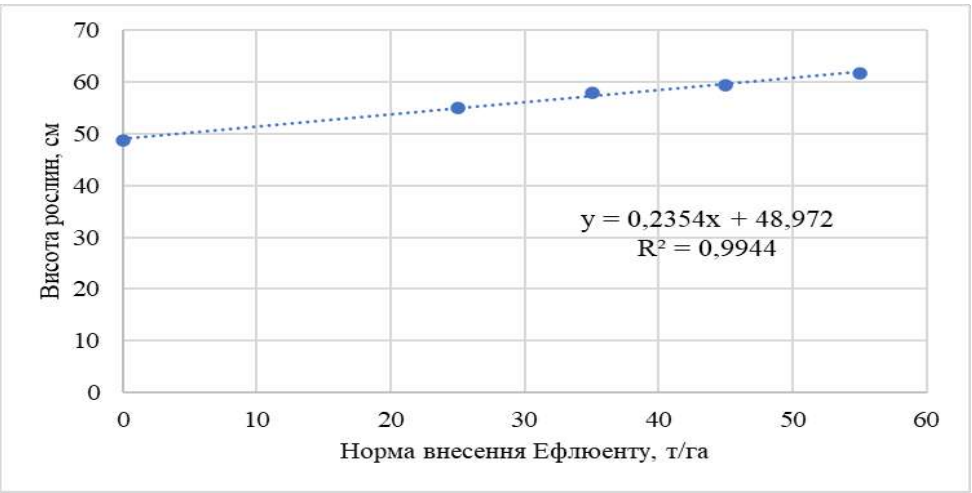


Рисунок 6.8. **Вплив норми внесення «Ефлюенту» на формування врожайності коренеплодів моркви**

Дані кластерного аналізу за методом групування за Евклідовими

відстанями показані на рисунку 6.9.

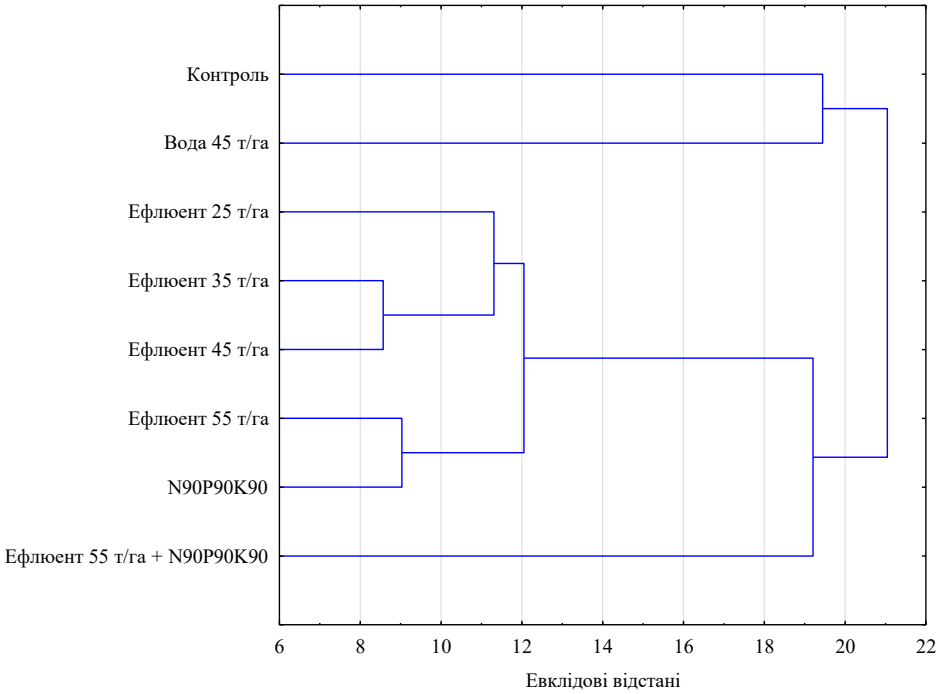


Рисунок 6.9. **Кластерний аналіз моркви за комплексом господарсько-цінних показників**

Результати кластерного аналізу моркви за комплексом господарсько-цінних показників теж показують можливість виокремлення трьох кластерів. Аналогічно до результатів отриманих для кукурудзи, до першого кластеру входять варіанти контролю та обробки водою. До другого кластеру належать варіанти застосування біооргаінчного добрива «Ефлюєнт» в дозі від 35 до 45 т/га з примиканням до нього ж варіанту використання 25 т/га.

Однак, основні відмінності встановлено в третьому кластері. Так, близько розміщеними є варіанти окремого застосування органічного та мінерального удобрення, а от варіант поєднання органо-мінеральної системи відмінний за фізіологічним впливом на ріст і розвиток рослин моркви, що було детально описано при аналізі біологічних показників вище.

6.4. Структура врожаю та продуктивність гібриду буряка столового Кестрел F_1 залежно від умов вегетації та системи удобрення

На разі споживач надає перевагу коренеплодам буряка столового невеликих розмірів – діаметром 6-8 см, масою 200-350 г. За умови порушення технології вирощування отримуються крупні коренеплоди діаметром понад 10-12 см і масою більше 500 г, які практично майже не можливо реалізувати в торгівельних мережах. Окрім того, в таких коренеплодах різко зростає вміст нітратів [624-625].

Результати досліджень гібриду буряків столових Кестрел F_1 на

варіантах досліду, середня вага та діаметр коренеплоду наведено в таблиці 6.10.

Вимірювання діаметра коренеплодів гібриду буряку столового Кестрел F_1 у період збору врожаю вказало на відмінності у величині даного показника залежно від системи удобрення в роки досліджень (див. табл. 6.8). Найнижче значення діаметру коренеплодів формувалося на контролі (без добрив та поливу) – 6,22-6,55 см. Внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив забезпечило зростання діаметра коренеплоду гібриду буряків столових Кестрел F_1 на 0,65-4,39 см, порівняно із контролем. Найвище значення діаметру коренеплоду отримано на варіанті із внесенням біоорганічного добрива «Ефлюент» нормою 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг д. р. /га – 10,08-10,94 см.

Таблиця 6.10

Біометричні параметри коренеплодів буряка столового гібриду Кестрел F_1 залежно від системи удобрення, (за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Діаметр коренеплоду, см				Маса коренеплоду, г			
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє
Контроль (без добрив і без зрошення)	6,55	6,22	6,36	6,38	150,6	140,2	145,5	145,4
Внесення води у нормі 45 т/га	7,13	6,39	6,79	6,77	160,3	146,1	156,2	154,2
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	7,96	6,87	7,65	7,49	181,3	152,1	170,9	168,1
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	8,56	7,97	8,32	8,28	192,5	173,6	180,2	182,1
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	9,43	8,45	8,95	8,94	195,6	185,9	193,8	191,8
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	9,75	9,28	9,45	9,49	212,7	200,4	206,6	206,6
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	10,94	10,08	10,35	10,46	235,3	226,2	230,7	230,7
$N_{90}P_{90}K_{90}$	10,37	9,65	10,15	10,06	215,6	209,3	213,7	212,9
$НІР_{0,05}$	0,64	0,21	0,45	0,41	12,4	8,7	11,8	9,2

Внесення добрив також суттєво впливало на формування маси коренеплодів. Так, маса коренеплодів на контрольному варіанті (без добрив), в середньому за три роки досліджень, становила 145,4 г, внесення води у нормі 45 т/га забезпечило зростання маси коренеплоду на 8,8 г, внесення 25 т/га біоорганічного добрива – на 22,7 г, 35 т/га – 36,7 г, 45 т/га – 46,4 г, 55 т/га – 61,2 г, 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» + $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 85,3 г та внесення лише мінерального добрива ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – на 67,5 г, порівняно із контрольним варіантом. Найвище значення маси коренеплоду отримано на варіанті із внесенням 55 т/га біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» у поєднанні із мінеральним добривом нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 230,7 г.

Варто відзначити, що у 2020 році через несприятливі погодні умови

(досить нерівномірна кількість природних опадів та високі температурні показники) у всіх варіантах досліду сортів формувалися менші за розміром (6,22-10,08 см) та масою коренеплоди (140,2-226,2 г), порівняно із 2019 (6,55-10,94 см і 150,6-235,3 г) та 2021 роками (6,36-10,35 см і 145,5-230,7 г).

Отже, внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив забезпечує формування крупніших за діаметром (на 1,11-4,08 см) і за масою коренеплодів (на 22,7-85,3 г), порівняно із контролем (без внесення добрив та проведення поливу).

Рівень урожайності є основним критерієм для вибору сорту або гібриду будь-якої овочевої культури, в тому числі й буряка столового. Як загальна, так і товарна урожайність гібриду Кестрел F_1 була вищою за умови застосування біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» та мінеральних добрив (табл. 6.11).

Таблиця 6.11

Вплив добрив на урожайність та товарність коренеплодів буряка столового гібриду Кестрел F_1, (за 2019-2021 рр.)

Варіант удобрення	Загальна урожайність коренеплодів, т/га				Стандартна продукція		Нестандартна продукція	
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	т/га	%	т/га	%
Контроль (без добрив і без зрошення)	64,76	60,29	62,57	62,54	37,12	59,30	25,41	40,70
Внесення води у нормі 45 т/га	68,93	62,81	67,17	66,30	40,34	60,77	25,96	39,23
Внесення «Ефлюенту» 25 т/га	77,96	65,41	73,49	72,29	45,80	63,21	26,49	36,79
Внесення «Ефлюенту» 35 т/га	82,78	74,64	77,49	78,30	53,22	67,92	25,08	32,08
Внесення «Ефлюенту» 45 т/га	84,11	79,92	83,33	82,45	62,12	75,31	20,33	24,69
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га	91,46	86,18	88,84	88,83	72,52	81,63	16,30	18,37
Внесення «Ефлюенту» 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	101,18	97,27	99,20	99,22	86,23	86,90	12,98	13,10
$N_{90}P_{90}K_{90}$	92,71	90,00	91,89	91,53	73,01	79,76	18,53	20,24
$НІР_{0,05}$	4,20	3,02	4,70	4,92	3,08	-	1,05	-

Найвищий, в середньому за три роки, як загальний (99,22 т/га), так і товарний урожай (86,23 т/га) отримано у гібриду Кестрел F_1 за умови застосування біоорганічного добрива «Ефлюент» нормою 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$), що на 9,75-36,68 та 8,68-49,11 т більше за контрольний варіант (без добрив та поливу).

Найбільш істотно зростала товарність урожаю (на 27,60%) за внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» нормою 55 т/га у поєднанні із

мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$) у гібриду Кестрел F_1, а урожайність відповідно становила 86,23 т/га.

Аналіз загальної урожайності за роками досліджень (див. табл. 6.11) показав, що величина цього показника на усіх варіантах досліду була вищою у 2019 (64,76-101,18 т/га) та 2021 роках (62,57-99,20 т/га), коли погодно-кліматичні умови району досліджень (насамперед, достатня кількість тепла) були оптимальними для формування продуктивних органів. У 2020 році за рахунок стресових високих температур протягом вегетації буряка столового спостерігали зниження рівня загальної продуктивності (60,29-97,27 т/га) гібриду Кестрел F_1.

Частка впливу основних факторів на урожайність коренеплодів буряка столового відображена на рисунку 6.10.

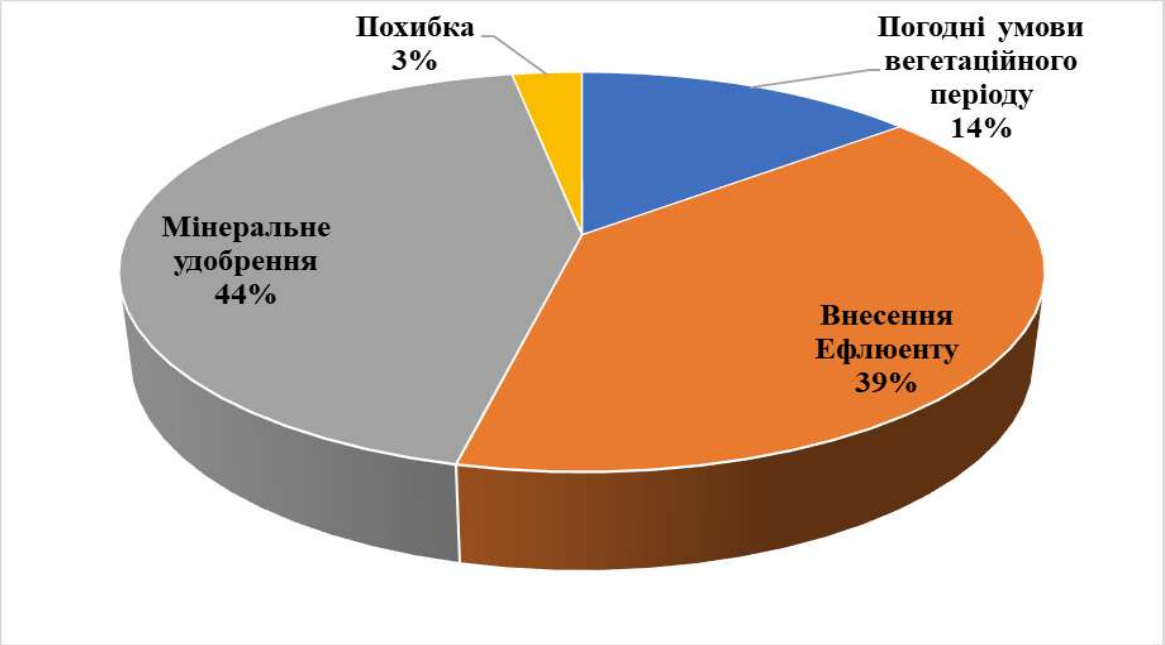


Рисунок 6.10. **Частка впливу основних факторів на урожайність коренеплодів буряка столового**

Аналогічно іншим культурам різні види удобрення практично однаково впливають на рівень урожайності коренеплодів, а от погодні умови досить незначно коригують рівень продуктивності за умови оптимального співпадіння критичних фаз росту і розвитку культури з гарними значеннями вегетаційного періоду.

Визначені нами параметри впливу норми внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» на формування урожайності коренеплодів буряка столового знайшли відображення в кореляційно-регресійному рівнянні (рис. 6.11).

За наявності дуже сильного кореляційного зв’язку (r = 0,99), для прогнозування урожайності буряка столового залежно від норми внесення біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюєнт» можна використовувати рівняння: y = 0,4733x + 61,735.

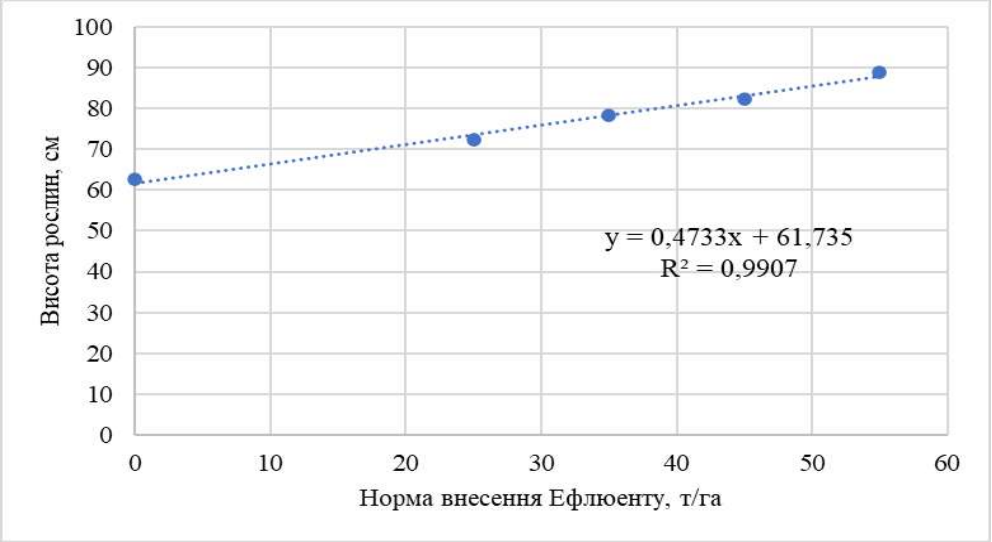


Рисунок 6.11. **Вплив норми внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на формування урожайності коренеплодів буряка столового**

Відображення кластерного аналізу за методом групування за Евклідовими відстанями показано на рисунку 6.12.

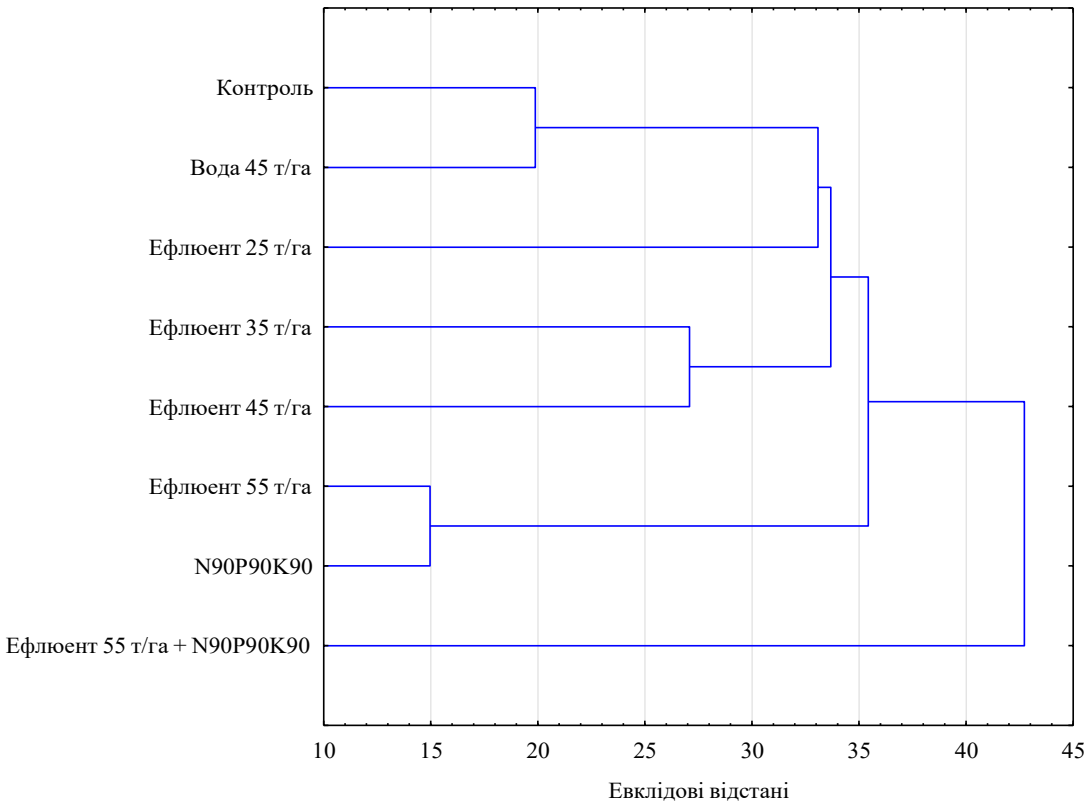


Рисунок 6.12. **Кластерний аналіз буряків столових за комплексом господарсько-цінних показників**

Аналогічно встановленню комплексності впливів на господарсько-цінні показники попереднім досліджуваним культурам можна виокремити

три кластери. В перший входить контроль та внесення води з примиканням до нього варіанта застосування біоорганічного добрива на основі дигестату «Ефлюент» з нормою 25 т/га.

До другого кластера належать варіанти застосування «Ефлюенту» з нормою 35 та 45 т/га. А от до третього кластера входять варіанти використання максимальної норми біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінерального удобрення. При цьому комплексна органо-мінеральна система за нормою реакції рослин перебуває відокремлено від інших варіантів досліду. Що зайвий раз підкреслює необхідність проведення досліджень з вивчення застосування біоорганічних добрив та їх поєднання з мінеральними. Адже накопиченої раніше суми знань недостатньо, щоб спрогнозувати поведінку рослин та особливості формування ними продуктивності.

Узагальнюючи дані приведені в даному розділі монографії можна зробити наступні висновки:

1. Поліпшення умов живлення рослин кукурудзи за рахунок внесення органо-мінеральних добрив сприяє збільшенню кількості качанів на рослині на 0,20-0,24 шт., в порівнянні із контрольним варіантом. Крім того, нерівномірний характер розподілу вологи, який спостерігався в 2020 році, може суттєво зменшувати кількість качанів на рослині (на 0,02-0,09 шт.), порівняно із 2019 та 2021 роками, які характеризувалися кращою вологозабезпеченістю в період вегетації кукурудзи.

2. Внесення біоорганічних та мінеральних добрив деякою мірою покращувало значення кількості рядів зерен, але дане зростання виявилося незначним на 0,1-0,7 шт., в порівняні із контролем (без добрив та внесення води). Кількість рядів зерен - це ознака, що є генетично детермінованою.

3. Застосування біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ забезпечило зростання кількості зерен в ряду, в середньому за роки досліджень на 5,7-7,2 шт., в порівнянні із контролем, на якому значення даної ознаки становило 39,4 шт.

4. Максимальне значення маси 1000 зерен, порівняно із контролем, встановлено на варіанті із внесенням 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднанні із мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 303 г, 267,2 та 279,9 г, відповідно у 2019 році, 2020 та 2021 році.

5. Найнижчі показники врожайності зерна гібриду кукурудзи Кампоні КС були на контрольному варіанті без добрив та поливу склали – 6,78 т/га. Внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив сприяло збільшенню урожайності на 2,87-6,08 т/га або 142,3-189,6 т/га порівняно із контролем.

6. Застосування як органічних, так і мінеральних добрив забезпечує зростання рівня передзбиральної вологості зерна на 0,60-0,98 %, порівняно із контролем. Найвище значення вологості зерна відмічено на варіанті із застосуванням 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – 23,8 %, що в кінцевому результаті негативно впливає на економічні показники вирощування зернової

кукурудзи, оскільки вимагає додаткових затрат на досушування.

7. Внесення добрив забезпечує зростання діаметра коренеплоду моркви на 0,6-2,4 см, в порівнянні із контролем (без добрив та внесення води).

8. Удобрення біоорганічним добривом «Ефлюент» посівів моркви у нормі 25 т/га забезпечує збільшення маси гички (надземної частини) на 11,6 г, 35 т/га – на 13,7 г, 45 т/га – 15,6 г, 55 т/га – 18,3 г, внесення мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ – на 19,7 г, а внесення 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$) на 24,0 г. Найбільш активно формувалися коренеплоди та надземна частина рослини моркви за внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» нормою 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$), співвідношення між надземною та підземною частинами становило – 1:0,38.

9. За внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ загальна урожайність коренеплодів моркви столової гібриду Болівар F_1 зростає на 6,35-19,28 т/га, а товарність на 12,04-29,24 т/га (15,04-26,23 %) порівняно із контролем (без добрив та внесення води), на варіантах без добрив спостерігався найвищий у досліді відсоток коренеплодів, що тріснули та коренеплодів уражених хворобами.

10. Біоорганічне добриво «Ефлюент» та мінеральні добрива забезпечують зростання діаметра коренеплоду на 0,65-4,39 см, порівняно із контролем. Найвище значення діаметра коренеплоду отримано на варіанті із внесенням біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг д. р. /га – 10,08-10,94 см.

11. Маса коренеплодів на контролі (без добрив) становила 145,4 г, внесення води у нормі 45 т/га забезпечило зростання маси коренеплоду на 8,8 г, внесення 25 т/га біоорганічного добрива – на 22,7 г, 35 т/га – 36,7 г, 45 т/га – 46,4 г, 55 т/га – 61,2 г, 55 т/га «Ефлюенту» + $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 85,3 г та внесення лише мінерального добрива ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – на 67,5 г, порівняно із контрольним варіантом. Найвище значення маси коренеплоду отримано на варіанті із внесенням 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» в поєднанні з мінеральним добривом нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 230,7 г.

12. Найвищий, в середньому за три роки, як загальний (99,22 т/га), так і товарний урожай (86,23 т/га) отримано у гібриду Кестрел F_1 при застосуванні біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$), що на 9,75-36,68 та 8,68-49,11 т більше за контрольний варіант (без добрив та поливу).

13. Кластеризація господарсько-цінних показників досліджуваних культур дозволила виявити три групи кластерів, до першої входили варіант чистого контролю та варіант із внесенням 45 т/га. Окремий кластер, у кукурудзи, складають варіанти внесення «Ефлюенту» з нормою 25-45 т/га. А от для моркви до другого кластера належать варіанти застосування «Ефлюенту» в дозі від 35 до 45 т/га з примиканням до нього ж варіанта використання 25 т/га. У той час у буряків столових варіант застосування «Ефлюенту» з нормою 25 т/га примикає до першого кластера, а до другого кластера належать варіанти застосування біоорганічного добрива «Ефлюент»

з нормою 35 та 45 т/га. Досить цікавим кластером є третій, представлений варіантами застосування мінерального добрива та поєднання його з внесенням біоорганічного добрива «Ефлюент». При цьому в кукурудзи до цього кластера примикає і варіант внесення «Ефлюенту» в нормі 55 т/га. У моркви близько розміщеними є варіанти окремого застосування органічного та мінерального удобрення, а варіант поєднання органо-мінеральної системи відмінний за фізіологічним впливом на ріст і розвиток рослин. У буряків столових також до третього кластера входять варіанти використання максимальної норми «Ефлюенту» та мінерального удобрення. При цьому комплексна органо-мінеральна система за нормою реакції рослин перебуває відокремлено від інших варіантів досліду. Що зайвий раз підкреслює необхідність проведення досліджень із вивчення застосування органічних добрив та їх поєднання з мінеральними. Адже накопиченої раніше суми знань недостатньо, щоб спрогнозувати поведінку рослин та особливості формування ними продуктивності. Тобто, за таких норм використання добрив відбувається перерозподіл структури врожаю та зміна закономірностей його формування, що веде до отримання вищого рівня продуктивності.

РОЗДІЛ 7
ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ, МОРКВИ ТА БУРЯКІВ СТОЛОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

Впровадження у виробництво культури або технології вирощування, окрім показників урожайності і якості продукції, повинне супроводжуватися й економічним обґрунтуванням. Добір економічних варіантів технології, які забезпечують окупність затрачених ресурсів з максимальною ефективністю, необхідно розробляти на основі оцінки результатів досліджень та аналізу елементів технологічного процесу. Це призведе до покращення якості продукції, зменшення обсягів виробництва та зниження виробничих витрат [636, 637].

Кінцева оцінка заходів, які спрямовані на одержання високих врожаїв та покращення якості продукції, підтверджується їх економічною ефективністю. На сьогоднішній день жоден із товаровиробників не почне освоєння нових технологій без достовірної оцінки енерговитрат та розрахунку економічних показників [638, 639].

Серед чинників, які визначають рівень економічної ефективності вирощування овочів та кукурудзи на зерно, значне місце належить інноваційним технологічним прийомам їх вирощування, які допомагають повніше реалізовувати їх генетичний потенціал [640-642].

Одним з головних показників, що характеризують економічну ефективність виробництва, є рентабельність. Аналіз показників рентабельності дає змогу визначити, які види продукції найбільш вигідно виробляти в господарстві, де закладені найбільші можливості підвищення прибутковості виробництва. Чим вища рентабельність виробництва, тим більше можливостей у господарства здійснювати науково-технічний прогрес, всебічну інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва [637, 643].

Ефективність будь-якої технології вирощування сільськогосподарської та овочевої культури має підтверджуватися позитивним результатом аналізу економічної ефективності [637, 644, 645]. Економічна оцінка технологічного процесу виробництва дає можливість виявити конкретні можливості підвищення ефективності його роботи за допомогою певних прийомів і методів, до яких належать: економічний аналіз, індексний метод, інтегральний метод, метод порівняння, метод експертних оцінок, кореляційний, регресійний і кластерний аналіз. Економічний аналіз призначений для ведення та використання безпосередньо на підприємстві та в окремих його ланках. Розгляд економічних характеристик дозволяє встановити вплив технічних, технологічних і організаційно-господарських показників з урахуванням їх впливу на техніко-економічні показники [637, 646].

Енергетичний аналіз сучасних агроекосистем вказує на те, що антропогенна енергія значною мірою визначає величину продуктивності

агрофітоценозів. Для аналізу потоків цієї енергії необхідно враховувати не лише її витрати на вирощування окремих культур, але й енергоємність відновлення родючості ґрунту [637, 645, 647].

Технологічні процеси виробництва сільськогосподарської продукції оцінюються системою різних показників. Порівняння й узагальнення їх неможливе через різні одиниці вимірювання. Такими єдиними енергетичними показниками аналізу результатів сільськогосподарської діяльності можуть бути міжнародні одиниці енергії (калорії або джоулі) [648].

6.1. Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно та овочів відкритого ґрунту

Дослідження економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур проведено на прикладі вирощування кукурудзи на зерно та овочів відкритого ґрунту.

Аналіз світового досвіду показує, що висока економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур, в тому числі кукурудзи та овочів відкритого ґрунту, досягається за рахунок раціонального поєднання факторів виробництва та розміщення, спеціалізації, концентрації, інтенсифікації та високої товарності.

Наявність показників економічної оцінки вирощування сільськогосподарських культур дає змогу оцінити й обрати економічно вигідніший варіант технології та намітити шлях економії ресурсів і затрат енергії як загалом по технологічному потоку, так і за окремими складовими. Економічно ефективні лише ті прийоми виробництва, які забезпечують збільшення виходу продукції з одиниці площі за невеликих затратах праці та засобів [637, 649, 650, 651].

За допомогою показників економічної оцінки вирощування сільськогосподарських культур можна вибрати економічно вигідний варіант технології і шлях можливої економії ресурсів та енергії як в цілому по технологічному процесу вирощування, так і за ефективністю окремих його елементів [637, 651].

Для розкриття проблеми, яка висвітлюється у монографії, і виконання поставлених завдань розрахунок економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно та овочів відкритого ґрунту проводили на основі даних технологічних карт вирощування кожної культури (додатки $А_1$-$А_3$). Вартість паливно-мастильних матеріалів, насіння культур, засобів захисту рослин, мінеральних добрив та біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату розраховували станом на листопад 2021 р. Ціна реалізації 1 т зерна кукурудзи на біржових торгах на момент проведення дослідження складала 5 000 грн, вартість 1 т товарних коренеплодів моркви становила 7 000 грн, а буряка столового – 8 000 грн.

Проведений економічний аналіз технологічних прийомів вирощування кукурудзи та овочів відкритого ґрунту (моркви посівної та буряка столового) показав, що на показники економічної ефективності виробництва товарної продукції – зерна та коренеплодів суттєво впливав такий технологічний прийом вирощування, як удобрення. При його застосуванні як окремо взятого фактора було виявлено таку закономірність: зі збільшенням норм живлення зростали кількість і вартість додаткової продукції, умовно чистий прибуток з кожного гектара та, відповідно, рівень рентабельності.

Найнижчі показники економічної ефективності спостерігалися на контрольних варіантах, де не проводили внесення добрив під основний обробіток ґрунту. Розрахунками встановлено, що на варіантах вирощування сільськогосподарських культур, де не було удобрення, виробничі витрати для кукурудзи становили 19841,0 грн./га, моркви посівної – 96665,0 грн./га, а буряка столового – 89466,0 грн./га. При цьому чистий прибуток відповідно склав – 14059,0; 105004,0 та 207494,0 грн./га, а рівень рентабельності – 71 %; 106 та 232 % (табл. 7.1).

Внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» отриманого на основі анаеробного зброджування свинячого гною в біогазовій станції сприяло підвищенню врожайності зерна кукурудзи на 3,50-6,08 т/га, збільшенню умовно чистого прибутку на 12993,0-17215,0 грн./га та рівня рентабельності на 36-47 %. Найвищі показники економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно спостерігалися за умов внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату нормою 55,0 т/га. При внесенні даного фону добрив сума прибутку становила 31274,0 грн./га, собівартість 1 т зерна була на рівні 2290 т/га, а рівень рентабельності складав 118%.

Проведений розрахунок економічної ефективності вирощування овочевих культур – моркви посівної та буряка столового за використання різних норм добрив свідчить, що серед варіантів, які вивчалися, максимальну ефективність забезпечували варіанти внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» нормою 55,0 т/га та повного внесення біооргано-мінерального добрива нормою 55,0 т/га дигестату + $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Підвищення рівня урожайності коренеплодів відносно контролю в даних варіантах становило 22,0-29,2 т/га у моркви посівної та 35,4-49,1 т/га у буряка столового. При цьому виробничі витрати знаходились у межах 104681,0-118057 грн./га та 99287,0-113048,0 грн./га відповідно. Умовно чистий прибуток за цими варіантами удобрення для моркви посівної становив 251059,0-288293,0 грн./га, а для буряка столового – 480873,0-576792,0 грн./га, собівартість 1 т коренеплодів склала відповідно 2030,0-2060,0 грн. та 1310-1370 грн., а рівень рентабельності складав 240-244 % та 484-510 % відповідно.

Таким чином, аналіз економічних показників досліджуваних елементів технології вирощування кукурудзи на зерно та овочевих культур в умовах Правобережного Лісостепу України свідчить про те, що вирощування даних культури економічно вигідне у всіх варіантах досліду.

Таблиця 7.1

Економічна оцінка технологій вирощування кукурудзи на зерно та столових коренеплодів залежно від удобрення

(середнє за 2019-2021 рр.)

Культура	Удобрення	Урожайність, т/га	Вартість продукції, грн./га	Виробничі витрати, грн./га	Умовно чистий прибуток, грн./га	Собівартість 1 т продукції, грн./га	Рівень рентабельності, %
Кукурудза Кампоні КС	1*	6,78	33900	19841	14059	2930	71
	2	7,65	38267	20086	18181	2620	91
	3	9,65	48233	22969	25264	2380	110
	4	10,28	51417	24133	27284	2350	113
	5	10,46	52318	25266	27052	2410	107
	6	11,55	57733	26459	31274	2290	118
	7	12,86	64300	33604	30696	2610	91
	8	12,06	60283	29254	31029	2430	106
Морква посівна Болівар F_1	1*	28,81	201670	96665	105004	3360	109
	2	34,22	239540	97084	142456	2840	147
	3	40,85	285950	98903	187047	2420	189
	4	44,24	309680	100902	208778	2280	207
	5	47,07	329490	102776	226714	2180	221
	6	50,82	355740	104681	251059	2060	240
	7	58,05	406350	118057	288293	2030	244
	8	51,45	360150	110138	250012	2140	227
Буряк столовий Кестрел F_1	1*	37,12	296960	89466	207494	2410	232
	2	40,34	322720	89978	232742	2230	259
	3	45,80	366400	92669	273731	2020	295
Буряк столовий Кестрел F_1	4	53,22	425760	94946	330814	1780	348
	5	62,12	496960	97037	399923	1560	412
	6	72,52	580160	99287	480873	1370	484
	7	86,23	689840	113048	576792	1310	510
	8	73,01	584080	105869	478210	1450	452

Примітка: 1 – без добрив (контроль); 2 – внесення води (45,0 м^3/га); 3 – біоодобриво «Ефлюент» (25,0 т/га); 4 – «Ефлюент» (35,0 т/га); 5 – «Ефлюент» (45,0 т/га); 6 – «Ефлюент» (55,0 т/га); 7 – «Ефлюент» (55,0 т/га) + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 8 – $N_{90}P_{90}K_{90}$.*

У цілому ж за результатами проведеного аналізу можна зробити

висновок, що підвищення економічної ефективності виробництва кукурудзи на зерно та овочевих культур за застосування різних норм внесення добрив досягається завдяки вагомішому позитивному впливу зростання урожайності порівняно з додатковими витратами, пов'язаними із застосуванням даних агротехнічних заходів, при цьому додаткові витрати, зумовлені застосуванням добрив багатократно окуповуються.

7.2. Енергетична оцінка технологій вирощування кукурудзи на зерно та овочевих культур

Проведене дослідження дозволяє провести енергетичну оцінку технологій вирощування кукурудзи на зерно та овочевих культур.

Унаслідок зростання вартості традиційних джерел енергії та зменшення обсягу виробництва доступних для сільського господарства видів енергоносіїв набуває актуальності широке впровадження економічного обладнання, енерго- та ресурсоощадних технологій, нетрадиційних і постійно відновлюваних джерел енергії за умови зниження витрат енергії на виробництво продукції. Вибір технології вирощування в кожному аграрному господарстві залежить від природних умов навколишнього середовища, забезпеченості сільськогосподарськими машинами, транспортними засобами, сховищами, фінансовими та трудовими ресурсами, а також від енергетичних витрат [652].

Дослідженнями вчених багатьох країн світу доведено, що в сучасних умовах економія 1 т умовного палива вимагає, як правило, менших витрат, ніж приріст видобування еквівалентної його кількості. Тому необхідність оцінки енергетичної ефективності та визначення напрямів зниження енергетичних затрат на виробництво сільськогосподарської продукції є актуальною, оскільки підвищення ефективності аграрного виробництва висуває нові вимоги як до раціонального використання всіх ресурсів, так і до економії праці [653].

В умовах відносно гострого дефіциту ресурсного потенціалу важлива енергетична оцінка розроблюваних технологій або окремих їхніх елементів. Сучасні науково обґрунтовані технології вирощування сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи на зерно та столових коренеплодів, мають бути енергоощадними та раціонально використовувати як не поновлювану, так і природну поновлювальну енергію, а також забезпечувати збереження природних екосистем [654, 655, 656].

За допомогою ринкових важелів постійно змінюються ціни на ресурси, економічна оцінка пропонованих варіантів технології не завжди може об'єктивно відобразити ефективність технології вирощування, тому велике значення в урахуванні всіх енергозатрат має облік вмісту валової й обмінної енергії, порівняння приходу енергії, акумульованої в урожаї, із сукупною енергією, витраченою на вирощування та збирання врожаю [657].

Сутність біоенергетичного аналізу заснована на тому, що ні натуральні, ні вартісні показники економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно не дають належного уявлення про допустимий (нормативний) і фактичний рівень загальних енерговитрат на повний обсяг механізованих робіт і затрат людської праці. Тому метою біоенергетичної оцінки досліджуваних елементів технології вирощування є визначення окупності витрат сукупної енергії, що накопичена врожаєм, а також виявлення рівня енергоємності отриманої продукції. Усі види трудових і технологічних витрат визначаються в енергетичних одиницях (еквівалентах), які відображають кількість невідновлюваної енергії, що визначається кілокалоріями або джоулями. За допомогою цього показника порівнюються технології в рослинництві та землеробстві. Крім того, біоенергетичний аналіз забезпечує більш повну оцінку окремих елементів технології вирощування, оскільки не залежить від сезонної динаміки цін на енергоносії, добрива та вартість кінцевої продукції [658].

Нами було проведено визначення оцінки енергетичної ефективності застосування різних фонів живлення в технологіях вирощування кукурудзи на зерно та овочевих культур – моркви посівної та буряка столового – за результатами наведеного вище польового досліду.

Аналіз енерговитрат на 1 га посівів кукурудзи на зерно свідчить, що найнижчі їх показники спостерігалися на контрольному варіанті (без внесення добрив) – 47,3 ГДж/га. Найвищі витрати сукупної енергії 61,2 ГДж/га відмічено на варіанті, де комплексно вносили в ґрунт мінеральне добриво у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ та біоорганічне добриво «Ефлюент» на основі дигестату (55,0 т/га), що переважало за цим показником контроль на 29,4 % (табл. 7.2).

Аналогічна ситуація спостерігалася на варіантах вирощування овочевих культур. Зі збільшенням фону живлення пропорційно зростали і витрати енергії. Так, у варіантах вирощування моркви посівної найбільші енерговитрати спостерігалися на ділянках з внесенням у ґрунт мінерального добрива в нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 70,4 ГДж/га та його поєднання з дигестатом (норма 55,0 т/га) – 77,3 ГДж/га, що було відповідно на 12,1-18,9 ГДж/га більше за контроль (58,3 ГДж/га). Максимальні витрати енергії спостерігалися при вирощуванні буряка столового. Так, у неудобрюваних варіантах вони становили 75,7-78,6 ГДж/ га, тоді як підвищення фону живлення приводило до збільшення витрат енергії на 9,7-32,0 ГДж/га залежно від форми та норм добрив.

Аналізуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що застосування добрив під час вирощування зерна та коренеплодів приводить до значного збільшення енергозатрат. Проте цей агроприйом водночас забезпечує суттєве підвищення накопичення енергії з урожаєм, приріст валової енергії та збільшення коефіцієнта енергетичної ефективності.

Так, дослідженнями встановлено, що внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату забезпечувало надходження енергії з урожаєм у межах 146,0-188,0 ГДж/га, що було на 47,3-89,7 % більше за

контроль у посівах кукурудзи, 89,9-108,6 ГДж/га, чи 26,6-53,0 % у варіантах вирощування моркви посівної та 145,3-199,4 ГДж/га, чи 25,2-58,6 % на дослідних ділянках вирощування буряка столового залежно від норми внесення. Максимальні показники виходу валової енергії для досліджуваних культур спостерігалися у варіантах внесення дигестату нормою 55,0 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Таблиця 7.2

Енергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно та столових коренеплодів залежно від удобрення (середнє за 2019-2021 рр.)

Культура	Удобрення	Отримано енергії з урожаєм, ГДж/га, Ев	Витрати енергії, ГДж/га, Ео	Приріст енергії, ГДж/га, Е	Коефіцієнт енергетичної ефективності, Кее
Кукурудза Кампоні КС	1*	99,12	47,29	51,83	2,10
	2	111,89	51,01	60,88	2,19
	3	146,01	54,03	91,98	2,70
	4	155,65	54,81	100,84	2,84
	5	158,37	55,12	103,25	2,87
	6	174,77	56,35	118,42	3,10
	7	188,01	61,21	126,81	3,07
	8	176,27	57,89	118,38	3,05
Морква посівна Болівар F_1	1*	70,98	58,34	12,64	1,22
	2	75,90	60,72	15,18	1,25
	3	85,63	62,48	23,15	1,37
	4	89,87	64,08	25,79	1,40
	5	92,32	65,59	26,73	1,41
	6	98,48	67,16	31,32	1,47
	7	108,59	77,27	31,32	1,41
	8	101,88	70,43	31,45	1,45
Буряк столовий Кестрел F_1	1*	125,71	75,71	49,99	1,66
	2	133,27	78,62	54,65	1,70
Буряк столовий Кестрел F_1	3	145,30	81,60	63,70	1,78
	4	157,39	83,07	74,32	1,89
	5	165,73	85,26	80,47	1,94
	6	178,54	87,49	91,05	2,04
	7	199,43	99,96	99,47	2,00
	8	183,98	93,60	90,39	1,97

Примітка: 1 – без добрив (контроль); 2 – внесення води (45,0 м^3/га); 3 – біоодобриво «Ефлюент» (25,0 т/га); 4 – «Ефлюент» (35,0 т/га); 5 – «Ефлюент» (45,0 т/га); 6 – «Ефлюент» (55,0 т/га); 7 – «Ефлюент» (55,0 т/га) + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 8 – $N_{90}P_{90}K_{90}$.*

Здійснивши розрахунок енергетичної ефективності впливу добрив на продуктивність зерна кукурудзи та валовий вихід столових коренеплодів, ми встановили, що найбільшу віддачу отримано у варіантах із внесенням у ґрунт біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату нормою 55,0 т/га.

Там було отримано найвищі показники коефіцієнта енергетичної ефективності: для кукурудзи на зерно – 3,10; для моркви посівної – 1,47; для буряка столового – 2,04.

Також високих значень коефіцієнтів енергетичної ефективності набули варіанти із внесенням у ґрунт мінерального добрива нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ та біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату (55,0 т/га) + $N_{90}P_{90}K_{90}$. Для кукурудзи на зерно вони складали відповідно 3,05-3,07, моркви посівної – 1,41-1,45 та 1,97-2,00 на дослідних ділянках вирощування буряка столового.

Таким чином, застосування мінеральних добрив та їх поєднання з високими нормами біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату під кукурудзу та овочеві культури сприяло підвищенню врожайності, але при цьому агрономічна й енергетична ефективність добрив дещо зменшилася, що суперечить принципам інтенсифікації сільськогосподарського виробництва.

У цілому ж енергетична ефективність біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату, унесеного безпосередньо під кукурудзу на зерно, моркву посівну та буряк столовий, досить висока, оскільки коефіцієнт енергетичної ефективності значно перевищував одиницю, що свідчить про енергоощадність досліджуваної технології вирощування культур. Норми добрив доцільно застосовувати такі, за яких можна отримати найбільшу енерговіддачу при оптимальних витратах, забезпечивши дотримання пріоритетної політики енергозбереження в аграрному виробництві.

Узагальнюючи дані результатів досліджень наведених у даному розділі, можна зробити наступні висновки:

1. Застосування біоорганічних добрив у сучасних технологіях вирощування кукурудзи на зерно та овочів відкритого ґрунту є ефективним заходом отримання додаткової продукції. Найоптимальнішого економічного ефекту при вирощуванні кукурудзи на зерно, моркви посівної та буряка столового було досягнуто від внесення в ґрунт біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату в нормі 55,0 т/га. Такий агроприйом при вирощуванні кукурудзи забезпечив підвищення прибутку на 17215,0 грн/га з рівнем рентабельності 118 %, моркви посівної – на 237000,0 грн/га з рівнем рентабельності 240 %, буряка столового – на 273379,0 грн/га з рівнем рентабельності − 484%.

2. Найбільш енергетично ефективною є інтенсивна технологія вирощування кукурудзи на зерно та овочевих культур, яка передбачає внесення в ґрунт біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату в нормі 55,0 т/га, що забезпечило отримання коефіцієнта енергетичної ефективності на рівні 3,10 (кукурудза на зерно), 1,47 (морква посівна) та 2,04 (буряк столовий), що виявилося відповідно на 47,6%, 20,5 та 22,9% більше порівняно з контрольними варіантами.

ВИСНОВКИ

У монографії наведено теоретичне обґрунтування процесів росту, розвитку та формування урожайності кукурудзи на зерно, моркви та буряка столового, з врахуванням гідротермічних умов та застосування біоорганічного добрива «Ефлюент» отриманого шляхом анаеробного зброджування свинячого гною у біогазовій станції в умовах Лісостепу правобережного. Внаслідок вивченого елементу технології розроблено теоретичні та практичні основи сучасної адаптивної технології вирощування кукурудзи на зерно, моркви та буряків столових. Дослідження були спрямовані на вирішення поставленої наукової задачі, на підставі чого сформульовано наступні висновки:

1. Встановлено, що внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» забезпечує подовження тривалості вегетаційного періоду у гібрида Кестрел F_1 (на 3-9 діб) та окремих періодів вегетації (на 1-5 діб) за рахунок поліпшення забезпеченості рослин елементами живлення, що в кінцевому результаті відображається на подовженні тривалості фотосинтетичної активності, кількості органічної речовини та продуктивності рослин. Застосування біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$) на посівах моркви гібриду Болівар F_1 сприяє покращенню живлення рослин та відповідно подовженню на 6-13 днів тривалості вегетаційного періоду, порівняно із контрольним варіантом. Найбільш тривалим, в середньому за три роки досліджень, 121 добу був вегетаційний період на варіантах, де вносили біоорганічне добриво «Ефлюент» у нормі 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$). Тривалість вегетаційного у гібриду кукурудзи Кампоні КС на контролі (без добрив та внесення води) становила 126 діб, а при внесенні біоорганічного добрива «Ефлюент» зростала на 3-7 діб. Найвище значення тривалості вегетаційного періоду встановлено на варіанті із внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га в поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – 133 доби.

2. Встановлено, що найвище значення площі листкової поверхні у гібриду буряків столових Кестрел F_1 отримано на варіанті органо-мінеральної системи удобрення, за внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$ у фазу інтенсивного росту коренеплоду – 40,56 тис. м^2/га, тому внесення добрив забезпечує зростання площі листкової поверхні на 14,84 тис. м^2/га, порівняно із контрольним варіантом, моркви гібриду Болівар F_1 – 23,62-46,72 тис. м^2/га. Внесення біоорганічного добрива на посіві гібриду кукурудзи Кампоні КС забезпечило зростання площі листкової поверхні гібриду кукурудзи у фазу 10 листків на 7,05-10,67 тис. м^2/га, у фазу викидання волоті – на 4,48-18,18 тис. м^2/га, у фазу молочно-воскової стиглості – на 4,95-19,33 тис. м^2/га та у фазу воскової стиглості – на 4,97-18,62 тис. м^2/га.

3. Найбільше значення фотосинтетичного потенціалу відмічено на варіанті із внесенням 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднанні із нормою мінеральних добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ для буряків столових – 3185,4 тис. м^2×діб/га, моркви – 4187,1 тис. м^2×діб/га та кукурудзи 4144,0 тис. м^2×діб/га, що

пояснюється збільшенням тривалості фотосинтетичної діяльності добре розвинутих рослин та збільшенням площі їх листкової поверхні завдяки внесенню оптимальної кількості макро- і мікроелементів із добривами.

4. Поліпшення надходження до рослинного організму макро- та мікроелементів за рахунок застосування органо-мінеральних добрив забезпечує збільшення кількості листків у кукурудзи на 0,8-2,0 шт., моркви – 0,75-7,25 шт., буряків столових – 0,4-3,6 шт., в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

5. Встановлено, що на удобрених ділянках висота рослин зростала у гібриду буряків столових Кестрел F_1 – на 8,3-17,3 см, гібриду моркви Болівар F_1 – на 4,0-11,6 см та у гібриду кукурудзи Кампоні КС на 25,7-66,9 см, порівняно із контролем (без добрив та води). Найбільшу висоту рослин відмічали на варіанті із застосуванням біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{90}K_{90,}$ і вона становила у гібриду буряків столових Кестрел F_1 – 45,9 см, гібриду моркви Болівар F_1 – 45,3 см та у гібриду кукурудзи Кампоні КС – 297,6 см.

6. Внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив сприяє збільшенню висоти кріплення качанів у гібриду кукурудзи Кампоні КС на 2,9-13,9 см, порівняно із контролем (без добрив та використання води). Найбільше значення висоти кріплення, як і загальної висоти рослин, отримано на варіанті із внесенням біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га та мінерального добрива $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 102,1 см.

7. Поліпшення умов живлення рослин кукурудзи за рахунок внесення добрив сприяє збільшенню кількості качанів на рослині на 0,20-0,24 шт., в порівнянні із контрольним варіантом. Крім того, дефіцит вологи, який спостерігався в 2020 році, може істотно зменшувати кількість качанів на рослині (на 0,02-0,09 шт.) порівняно із 2019 та 2021 роками, які характеризувалися кращою вологозабезпеченістю та розподілом вологи в період вегетації кукурудзи. Внесення біоорганічних та мінеральних добрив деякою мірою покращувало значення кількості рядів зерен, але дане зростання виявилося не значним на 0,1-0,7 шт., у порівняні із контролем (без добрив та внесення води). Кількість рядів зерен - це ознака, яка є генетично детермінованою.

8. Застосування біоорганічного добрива та мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ забезпечило зростання кількості зерен в ряду, в середньому за роки досліджень, на 5,7-7,2 шт., в порівнянні із контролем, на якому значення даної ознаки становило 39,4 шт. Максимальне значення маси 1000 зерен, порівняно із контролем, встановлено на варіанті із внесенням 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднанні із мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 303 г, 267,2 та 279,9 г, відповідно у 2019 році, 2020 та 2021 роках.

9. Найнижчі показники врожайності зерна гібриду кукурудзи Кампоні КС були на контрольному варіанті без добрив та поливу і в середньому за три роки склали – 6,78 т/га. Внесення біоорганічних добрив «Ефлюент» та мінеральних добрив сприяло збільшенню урожайності на 2,87-

6,08 т/га, або 142,3-189,6 т/га порівняно із контролем. Застосування як органічних, так і мінеральних добрив забезпечує зростання рівня передзбиральної вологості зерна на 0,60-0,98 %, порівняно із контролем. Найвище значення вологості зерна відмічено на варіанті із застосуванням 55 т/га біоорганічного добрива «Ефлюент» у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – 23,8 %, що в кінцевому результаті негативно впливає на економічні показники вирощування зернової кукурудзи, оскільки вимагає додаткових затрат на досушування.

10. Внесення добрив забезпечує зростання діаметра коренеплоду моркви на 0,6-2,4 см, в порівнянні із контролем (без добрив та внесення води). Удобрення біоорганічним добривом «Ефлюент» посівів моркви у нормі 25 т/га забезпечує збільшення маси гички (надземної частини) на 11,6 г, 35 т/га – на 13,7 г, 45 т/га – 15,6 г, 55 т/га – 18,3 г, внесення мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ – на 19,7 г, а внесення 55 т/га «Ефлюенту» у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$) на 24,0 г. Найбільш активно формувалися коренеплоди та надземна частина рослини моркви за внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» нормою 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$), співвідношення між надземною та підземною частинами становило – 1:0,38.

11. Внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» та мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ загальна урожайність коренеплодів моркви столової гібриду Болівар F_1 зростає на 6,35-19,28 т/га, а товарність на 12,04-29,24 т/га (15,04-26,23 %), порівняно із контролем (без добрив та внесення води), на варіантах без добрив спостерігався найвищий у досліді відсоток коренеплодів, що тріснули та коренеплодів уражених хворобами.

12. Біоорганічне добриво «Ефлюент» та мінеральні добрива забезпечують зростання діаметра коренеплоду на 0,65-4,39 см, порівняно із контролем. Найвище значення діаметра коренеплоду отримано на варіанті із внесенням біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг д. р. /га – 10,08-10,94 см.

13. Маса коренеплодів на контролі (без добрив), в середньому за три роки досліджень становила 145,4 г, внесення води у нормі 45 т/га забезпечило зростання маси коренеплоду на 8,8 г, внесення 25 т/га біоорганічного добрива – на 22,7 г, 35 т/га – 36,7 г, 45 т/га – 46,4 г, 55 т/га – 61,2 г, 55 т/га «Ефлюенту» + $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 85,3 г та внесення лише мінерального добрива ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – на 67,5 г, порівняно із контрольним варіантом. Найвище значення маси коренеплоду отримано на варіанті із внесенням 55 т/га «Ефлюенту» у поєднанні із мінеральним добривом нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 230,7 г.

14. Найвищий, в середньому за три роки, як загальний (99,22 т/га), так і товарний урожай (86,23 т/га) отримано у гібриду Кестрел F_1 при застосуванні біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55 т/га у поєднанні із мінеральним добривом ($N_{90}P_{90}K_{90}$), що на 9,75-36,68 та 8,68-49,11 т більше за контрольний варіант (без добрив та поливу).

15. Кластеризація господарськоцінних показників досліджуваних культур дозволила виявити три групи кластерів, до першої входили варіант

чистого контролю та варіант з внесенням 45 т/га. Окремий кластер, у кукурудзи, складають варіанти внесення «Ефлюенту» з нормою 25-45 т/га. А от для моркви до другого кластера належать варіанти застосування «Ефлюенту» в дозі від 35 до 45 т/га з примиканням до нього ж варіанта використання 25 т/га. В той час як в буряків столових варіант застосування «Ефлюенту» з нормою 25 т/га примикає до першого кластера, а до другого кластера належать варіанти застосування «Ефлюенту» з нормою 35 та 45 т/га. Досить цікавим кластером є третій, представлений варіантами застосування мінерального добрива та поєднання його з внесенням біоорганічного добрива «Ефлюент». При цьому в кукурудзи до цього кластера примикає і варіант внесення «Ефлюенту» в нормі 55 т/га. А от у моркви близько розміщеними є варіанти окремого застосування органічного та мінерального удобрення, а варіант поєднання органо-мінеральної системи відмінний за фізіологічним впливом на ріст і розвиток рослин. У буряків столових також до третього кластера входять варіанти використання максимальної норми «Ефлюенту» та мінерального удобрення. При цьому комплексна органо-мінеральна система за нормою реакції рослин перебуває відокремлено від інших варіантів досліду. Що зайвий раз підкреслює необхідність проведення досліджень з вивчення застосування органічних добрив та їх поєднання з мінеральними. Адже накопиченої раніше суми знань недостатньо, щоб спрогнозувати поведінку рослин та особливості формування ними продуктивності. Тобто, за таких норм використання добрив відбувається перерозподіл структури врожаю та зміна закономірностей його формування, що веде до отримання вищого рівня продуктивності.

16. Застосування біоорганічних добрив у сучасних технологіях вирощування кукурудзи на зерно та овочів відкритого ґрунту є ефективним заходом отримання додаткової продукції. Найоптимальнішого економічного ефекту при вирощуванні кукурудзи на зерно, моркви посівної та буряка столового, було досягнуто від внесення в ґрунт біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55,0 т/га. Такий агроприйом при вирощуванні кукурудзи забезпечив збільшення прибутку на 17215,0 грн./га з рівнем рентабельності 118 %, моркви посівної на 237000,0 грн./га з рівнем рентабельності 240 %, а буряка столового на 273379,0 грн./га з рівнем рентабельності – 484 %.

17. Найбільш енергетично ефективною є інтенсивна технологія вирощування кукурудзи на зерно та овочевих культур, яка передбачає внесення в ґрунт біоорганічного добрива «Ефлюент» у нормі 55,0 т/га, що забезпечило отримання показника коефіцієнта енергетичної ефективності на рівні 3,10 (кукурудза на зерно), 1,47 (морква посівна) та 2,04 (буряк столовий), що виявилося відповідно на 47,6, 20,5 та 22,9 % більше порівняно з контрольними варіантами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Крачок Л. І. Новітні технології в сільському господарстві: проблеми і перспективи впровадження. *Сталий розвиток економіки. Міжнародний науково-виробничий журнал*. 2013. № 3. С. 224-231.

2. Калетнік Г.М., Паламарчук В.Д., Гончарук І.В., Ємчик Т.В., Телекало Н.В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ФОП Кушнір Ю. В., 2021. 260 с.

3. Паламарчук В.Д., Каленська С.М., Єрмакова Л.М., Поліщук І.С., Поліщук М.І. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. 452 с.

4. Дем'яненко С. І. Інноваційне зростання – основа стабільності агропромислового комплексу. *Наука та інновації. Сільськогосподарські і аграрні технології*. 2005. Т. 1. Вип. 1. С. 87-98. (DOI: 10.15407)

5. Гангур В.В. Вплив мінеральних та органічних добрив на урожай кукурудзи на зерно. *Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту*. 2002. №1. С. 21-27.

6. Мащенко Ю.В., Гайденко О.М. Вплив систем удобрення та мікробного препарату на врожайність гречки в умовах північного Степу України. *Сучасний стан та перспективи розвитку аграрного сектору України. (Актуальні проблеми розвитку аграрного сектору України)*. *Збірник наукових праць*. Ніжин, 2018. Вип. 10. С. 140-152.

7. Петухов М., Коваленко А., Коваленко О. Органічне землеробство у південному степу України - перспективи і напрями його ведення. *Інноваційні технології в агровиробництві та природокористуванні: проблеми та перспективи*: *матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції.* 17 червня 2021 р. Шубків, 2021. С. 60-62.

8. Карпіщенко О. І., Карпіщенко О. О. Еколого-економічні проблеми використання мінеральних добрив. *Вісник Сумського державного університету. Серія: Економіка*. 2013. № 2. С. 5-11.

9. Лісовал А.П., Макаренко В.М., Кравченко С.М. Система застосування добрив. К.: Вища школа, 2002. 317 с.

10. Марчук І., Ященко Л. Побічно-коренева частина урожаю як еквівалент традиційних органічних добрив. *Інноваційні технології в агровиробництві та природокористуванні: проблеми та перспективи*: *матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції.* 17 червня 2021 р. Шубків, 2021. С. 36-38.

11. Корнієнко С. І., Гончаренко В. Ю., Ходєєва Л. П., Гладкіх Р. П., Парамонова Т. В., Куц О. В., Горова Т.К., Кормош С. М., Гордієнко І. М., Колтунов В. А., Пащенко В. Ф., Іллюшенко Г. Я.: [за ред. В. Ю. Гончаренка і С. І. Корнієнка]. Удобрення овочевих та баштанних культур: Монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 370 с.

12. Остапчук М.О., Поліщук І.С., Мазур О.В., Паламарчук В.Д.

Мікробіологічні основи агротехнологій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 3. С. 32-43.

13. Паламарчук В. Д., Мазур О.В., Шевченко Н.В., Мазур О.В. Елементи структури врожаю гібридів кукурудзи залежно від внесення біологічних препаратів в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво.* 2021. № 4 (23). С. 244-252.

14. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства / За ред. В.В. Медведєва, М.В. Лісового. Харків: Штріх, 2001. 100 с.

15. Чабан В., Подобед О., Льоринець Ф. Вміст та баланс гумусу в чорноземах степу залежно від систем удобрення сівозміни. *Інноваційні технології в агровиробництві та природокористуванні: проблеми та перспективи*: *матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції.* 17 червня 2021 р. Шубків, 2021. С. 16-17.

16. Сметанська І.М. Фізіолого-агрохімічні аспекти формування врожаю та якості кукурудзи на силос. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. Вінниця, 2000. Вип. 7. С. 57-65.

17. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І. Характеристика морфологічної будови качана у самозапилених ліній кукурудзи. *Збірник наукових праць ВДАУ*. Вип. 29. 2007. С. 11-18.

18. Паламарчук В.Д. Вплив строків сівби на площу листкової поверхні гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2018. № 22 (1). С. 290-299.

19. Мірошниченко М.М., Гладкіх Є.Ю., Ревтьє-Уварова А.В., Панасенко Є.В., Звонар А.М., Сорокотяга Г.В., Коваленко С.С., Смиченко В.М. Оптимізація живлення сільськогосподарських культур (optimization of agricultural crops nutrition). *Агрохімія і ґрунтознавство.* 2018. № 87. С. 82-91.

20. Панчул Ю. Использование органических удобрений в США. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.gardenia.ru/pages/ pochva_ 011.htm.

21. Марчук І.У., Макаренко В.М., Розстальний В.Є., Савчук А.В., Філонов Є.А. Добрива та їх використання, довідник. Посібник українського хлібороба. Київ: «Академдрук». 2012. 348 с.

22. Грабовський М.Б., Озерова Л.В. Продуктивність та вологість зерна гібридів кукурудзи компанії «Монсанто» залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення. *Агробіологія*. 2012. Вип. 7(91). С. 97-102.

23. Марчук І.У., Ящєнко Л.А. Застосування тукосумішей в сільському господарстві України. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 30-34.

24. Черенков А.В., Шевченко М.С., Рибка В.С. Зернове виробництво степової зони України: стан і стратегічні напрямки ефективного розвитку. *Хранение и переработка зерна*. 2013. № 8(173). С. 12-14.

25. Паламарчук В.Д., Доронін В.А., Колісник О.М., Алєксєєв О.О. Основи насіннєзнавства (теорія, методологія, практика): монографія. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 392 с.

26. Семеняка І., Андрієнко А., Григорєва О. Цариця полів. *Агробізнес*

сьогодні. 2010. №10(185). С. 28-29.

27. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І., Паламарчук О.Д. Характеристика основних елементів технології вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво.* 2016. № 3. С. 57-64.

28. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алєксєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Вінниця: Видавництво «Друк». 2020. 536 с.

29. 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.

30. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Венедіктов О.М. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. 432 с.

31. 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.

32. Паламарчук В. Д., Соломон А.М. Дослідження формування площі асиміляційної поверхні у кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Корми і кормовиробництво.* 2021. Вип. 92. С. 82-94.

33. Пастернак В. Елементи мінерального живлення рослин. 2015. УкрАгроРесурс. 30 с.

34. Божеданевич Ю. Баланс важливіше максимуму. *Агробізнес сьогодні*. 2010. № 21/22(197). С. 36-37.

35. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця: ФОП Данилюк, 2013. 636 с.

36. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2017. 588 с.

37. Заришняк А.С., Іваніна В.В., Колібабчук Т.В. Оптимізація удобрення зернових культур у зерно-буряковій сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 12. С. 15-17.

38. Ярошко М. Марганець та цинк значення мікроелементів у живленні рослин. *Агроном*. 2014. № 1(43). С. 30-32.

39. Санін Ю.В., Санін В.А., Санін О.Ю. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. *Агроном*. 2015. №4(50). С. 31-33.

40. Пахольчук В., Языков А., Киричек В. Кормить биоту, а не растения. Рентабельное производство, востребованная продукция. Зерно. 2015. №7(112). С. 138-142.

41. Господаренко Г.М. Агрохімія. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2010. 400 с.

42. До проблеми аналітичної оцінки ефективності мінеральних добрив та екологічних обмежень їх норм: монографія / За ред. О.В. Харченка, М.Г. Собка. Суми: Університетська книга, 2016. 31 с.

43. Центило Л. В., Цюк О. А. Баланс азоту, фосфору і калію за застосування добрив. *Наукові доповіді НУБіП України*. № 5 (75). 2018.

[Електронне видання]. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2018_5_22

44. Заришняк А. С., Іваніна В. В., Колібабчук Т. В. Стабілізація біогенного балансу та продуктивність зерно-бурякової сівозміни. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 4. С. 26-30.

45. Бендер Р.Р., Хаегеле Дж.В., Руффо М.Л. и Белоу Ф.Е. Динамика поглощения элементов питания современными гибридами кукурузы. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 122-128.

46. Ямковий В. Добрива «Росток» ефективний спосіб забезпечення рослин кукурудзи та соняшнику поживними елементами. *Агроном*. 2014. № 2(44). С. 29.

47. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин: Підручник. Суми: Університетська книга, 2004. 463 с.

48. Дудка М., Черчель В. Позакореневе підживлення: необхідність чи альтернатива? *Пропозиція*. 2014. №6. С. 64-69.

49. Смаглій О.Ф., Кардашов А.П., Литвак П.В. [та ін.]. Агроекологія / Під ред. О.Ф. Смаглія. К.: Вища школа, 2006. 671 с.

50. Паламарчук В.Д. Вплив застосування бактеріального добрива «Біомаг» на продуктивність гібридів кукурудзи. *Збірник наукових праць Присвячується 30-річчю створення ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2012. № 63 Вип. 4. С. 14-23.

51. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І., Паламарчук О.Д. Вплив системи удобрення на стійкість гібридів кукурудзи до стеблового кукурудзяного метелика. *Збірник наукових праць «Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків»*. Київ, 2013. Вип. 17 (том І). С. 240-244.

52. Крамарьов С.М., Шевченко М.С., Шевченко В.М. Позакореневе підживлення посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Бюлетень інституту зернового господарства*. 2000. № 12-13. С. 36-39.

53. Коваленко О.А., Ковбель А.І. Вплив елементів живлення на стресовий стан польових культур. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 24-27.

54. Санін Ю.В. Листкове підживлення мікродобривами «Басфоліар», «Адоб макро + мікро» та «солю» – високорентабельний елемент технології вирощування соняшнику, кукурудзи, сої та інших культур. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 36-39.

55. Грицаєнко З.М., Дімчев В.А. Новітні хелати мікроелементний комплекс «Аватар -1». *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 48-49.

56. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І., Паламарчук О.Д. Енергетична ефективність вирощування зернової кукурудзи залежно від позакореневих підживлень в умовах Лісостепу України. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки.* Вінниця, 2014. № 83, Вип. 6. С. 63-71.

57. Palamarchuk V., Krychkovskyi V., Honcharuk I., Telekalo N. The Modeling of the Production Process of High-Starch Corn Hybrids of Different Maturity Groups. *European Journal of Sustainable Development*. 2021. Vol. 1, № 10. P. 584-598. doi: 10.14207/ejsd.2021v10n1p584.

58. Palamarchuk V., Honcharuk I., Honcharuk T., Telekalo N. Effect of the

elements of corn cultivation technology on bioethanol production under conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8, Issue 3. P. 42-50.

59. Паламарчук В.Д., Паламарчук О.Д., Волчанська І.В., Мельник В.В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність зернової кукурудзи. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2012. Вип. 1(57). С. 75-80.

60. Цехмейструк М.Г., Музафаров Н.М., Манько К.М. Аспекти вирощування кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 8. С. 28-32.

61. Логінова І.В., Мартинюк О.С. Результати випробування композиційного азотного добрива пролонгованої дії з водоутримуючим ефектом у лабораторному досліді. *Сільськогосподарські науки*. 2011. Вип. 9(49). С. 25-34.

62. Санін Ю.В. Вітаміни для рослин! Максимальне розкриття потенціалу гібридів кукурудзи компанії «Монсанто» завдяки застосуванню позакореневого підживлення добривами «Басфоліар» компанії «Адоб». *Агроном*. 2011. № 4 (34). С. 28-29.

63. Гончаров А. Не сыпь мне соль на корень… Могут ли минеральные удобрения… навредить. *Зерно*. 2015. № 6(111). С. 85-94.

64. Надь Янош. Кукуруза. Вінниця.: ФОП Д.Ю. Корзун, 2012. 580 с.

65. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на кількість качанів у гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8 (785). С. 24-32.

66. Червонная Т. Дефицит фосфора? Нет, магния! *Зерно*. 2013. № 5. С. 100-104.

67. Корчагіна І. Польовий раціон для кукурудзи. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2011. № 5. С. 14-17.

68. Ростоцький О. Біологічні препарати в технології вирощування кукурудзи. *Аграрник*. 2014. № 8. С. 16.

69. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.

70. Крамарев С.М., Красненков С.В., Леринец Ф.А., Коцюбан А.И. Влияние погодных условий, предшественников, основной обработки почвы, доз, сроков и способов внесения удобрения на продуктивность и содержание белка в зерне кукурузы в условиях степной зоны Украины. *Корми і кормовиробництво міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Вінниця, 2008. № 62. С. 197-203.

71. Господаренко Г. Удобрення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2010. №10(185). С. 18-19.

72. *Лагутенко* О.*Т.* Агроекологія*:* навчальний посібник. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2012. 206 с.

73. Минкін М.В., Бердніков О. Г., Минкіна Г.О. Формування продуктивності кукурудзи на зерно залежно від живлення та густоти стояння в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво*. 2019. № 106. С. 103-109.

74. Романенко М. Технологія вирощування кукурудзи. Рекомендації. KWS 150-річний досвід в селекції і насінництві сільськогосподарських культур. 2010. 58 с.

75. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив позакореневих підживлень на формування площі листової поверхні гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 2. С. 32-38.

76. Паламарчук В.Д., Колісник О.М. Stalk lodging resistance of corn hybrids depending on the planting date. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4 (15). С. 94-110.

77. Паламарчук В.Д. Залежність стійкості до вилягання рослин самозапилених ліній кукурудзи від морфологічних ознак. *Корми і кормовиробництво.* Вінниця, 2006. Вип. 57. С 55-59.

78. Городній М.М., Павлик Р.М. Вплив систематичного використання добрив в сівозміні на формування асиміляційного апарату посівів та продуктивність кукурудзи на силос. *Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України*. Київ, 2010. № 149. С. 54-60.

79. Городній М.М., Мельник С.І., Маліновський А.С. та ін. Агрохімія. К.: Алефа, 2003. 778 с.

80. Манько Ю.П., Литвиненко І.В. Вплив екологізації землеробства на баланс поживних речовин ґрунту в полі кукурудзи на зерно. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2011. № 162. С. 50-55.

81. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерновиробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.

82. Щоткін В. Цариця полів. *Зерно*. 2013. № 4. С. 160-163.

83. Крамарьов С. Живлення через листок. *Farmer*. 2013. № 5. С. 38-40.

84. Ярошко М., др. Ханса-Георга. Значення фосфору у живленні сільськогосподарських культур. *Агроном*. 2013. № 3. С. 30-32.

85. Ковбаль А., Полянчиков С. Функциональные удобрения – некоторые детали от производителя. *Агроном*. 2012. № 2(36). С. 32-33.

86. Марчук І. Живлення та оптимальне удобрення кукурудзи. *Пропозиція*. 2010. № 4. С. 74-77.

87. Фукс К., Кастет Й. Кукурудза. Сучасні технології АПК. Вирощування основних сільськогосподарських культур. Київ, 2010. С. 68-83.

88. Коваленко О., Поляничников С.П., Ковбель А.І. Шляхи підвищення коефіцієнту засвоєння поживних елементів. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 28-29.

89. Синтия Грант (Cynthia Grant). Влияние удобрений на окружающую среду и безопасность пищевых продуктов. *Зерно*. 2015. №6(111). С. 102-107.

90. Лихочвор В. Система удобрення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*, 2014. № 8. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.agro-business.com.ua.

91. Давиденко О. Рекомендації по технології вирощування цукрової кукурудзи. *Настоящий хозяин.* 2008. № 3. С. 6-9.

92. Нікішенко В., Шелудько О., Ігнатенко В. Перспективи вирощування кукурудзи та сої на зрошуваних землях півдня України. *Агроном*. 2008. №2.

С. 147-149.

93. Мірошниченко М., Гладкіх Є. Агротехніка за стресових умов. *Farmer (the ukrainian)*. 2015. №10 (70). С. 36-39.

94. Лихочвор В. Демчишин А. У сучасних технологіях – особлива увага Магнію. *Зерно*. 2015. №12 (117). С. 112-116.

95. Лихочвор В.В., Демчишин А.М. У сучасних технологіях – особлива увага Магнію. *Famer the Ukrainian*. 2016. №1(73). С. 36-39.

96. Волошин М. Д., Черненко Я. М., Іванченко А. В., Олійник М. А. Технологія неорганічних речовин. Частина 3. «Мінеральні добрива». Навчальний посібник. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. 354 с.

97. Доломанов О.М. Сучасні мікродобрива та інокулянти від ТОВ НВФ «Агро світ». *Зерно*. 2015. №3(108). С. 194.-195.

98. Санін В. Позакореневе підживлення кукурудзи мікродобривами. *Пропозиція*. 2011. № 5. С. 62-63.

99. Танчик С.П. Довідник керівника сільськогосподарського підприємства (рослинництво). К.: Національний аграрний університет, 2002. С. 10-15.

100. Радченко Л.А., Женченко К.Г. Популярно о микроминеральных удобрениях. *Агроном*. 2012. № 2(36). С. 26-28.

101. Санін Ю.В. Європейський лідер у галузі інновацій, розробки та виробництва мікродобрив компанія ППЦ «АДОБ» у світі та Україні. *Хімія. Агрономія. Сервіс.* 2011. № 1. С. 12-13.

102. Труфанов О.В. Природный поход: микроудобрения на основе органических кислот. *Агроном*. 2012. № 2(36). С. 34-35.

103. Кутолей Д. Хелантні мікродобрива у питаннях та відповідях. *Агроном*. 2012. № 2(36). С. 24-25.

104. Білоконь О.А. Вплив застосування препаратів Віталист, Неофіт та Оазис на накопичення важких металів зеленою масою кукурудзи. *Агро-екологічний журнал*. 2014. № 2. С. 107-111.

105. Гаврилюк В.А., Абрамович О.В., Повх О.В. Мікродобрива «Аватар-1» на варті вашого врожаю. *Агроном*. 2014. № 1(43). С. 40-41.

106. Плотніков В. Вітази – завжди у виграші з ним! *Пропозиція*. 2014. № 3. С. 92-93.

107. Санін Ю. Листове підживлення мікродобривами «Басфоліар», «АДОБ Макро + Мікро» та «Солю» - високорентабельний елемент технології вирощування сої, кукурудзи та інших культур. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 5. С. 17.

108. Паламарчук В.Д. Створення та вирощування гібридів кукурудзи для інтенсивних технологій. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва.* Умань, 2012. Ч. 1. Агрономія, Вип. 80. С. 68-74.

109. Паламарчук В.Д., Демчук Б.С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво.* 2021. № 1 (20). С. 60-76.

110. Kovalenko O.A., Palamarchuk V.D., Krychkovskyi V.Y. Erbe der europäischen wissenschaft wirtschaft, management, erziehungswissenschaften, psychologie, landwirtschaft, kunstgeschichte heritage of european science

economics, management, education, psychology, agriculture, art history. «Maize as a source of starch and bioethanol: conditions and cultivation elements. Monographic series «European Science». Karlsruhe 2022. Book 9. Part 2. P. 95-119. DOI: 10.30890/2709-2313.2022-09-02-010).

111. Теорія і практика ґрунтоохоронного моніторингу / За ред. М. М. Мірошниченка. Харків: ФОП Бровін О. В., 2016. 384 с

112. Фатєєв А. І., Булигін С. Ю. Мікроелементи в сільському господарстві. Харків, 2001. 64 С.

113. Санін Ю.В. Листкове підживлення мікродобривами "Басфоліар", "Адоб Макро + Мікро" та "Солю" – високорентабельний елемент технології вирощування соняшнику, кукурудзи, сої та інших культур. *Агроном*. 2014. № 1. С. 36-39.

114. Адаменко С., Костюшко І. Управління мінеральним живленням кукурудзи. *Зерно*. 2015. №4(109). С. 112.-113.

115. Удовенко А.И. Особенности орошениения кукурузы. *Агроном*. 2015. № 4(50). С. 88-92.

116. Паламарчук В.Д., Віннік О.В., Коваленко О.А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 143-156.

117. Скрипник Л.Н., Подобед О.Ю. Влияние различных систем удобрений на накопление микроелементов растениями кукурузы и вынос их урожаем. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. 2003. №20. С. 26-28.

118. Усманов Т. Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений. М.: Логос, 2001. 224 с.

119. Лихочвор В.В. Рослинництво. Львів: Афіша, 2004. С. 283-307.

120. Фатеев А.И., Захарова М.А. Основы применения микроудобрений. Х., 2005. 342 с.

121. Алексеев Д. Другими веществами заменить нельзя. *Зерно*. 2006. С. 42-44.

122. Вильфрид Цорн. Диагностика симптомов истощения. *Агроном*. 2015. №2(48). С. 40-48.

123. Ямковий В. Оптимізація мінерального живлення овочевих культур. Украгроресурс. [Еклектронний ресурс]. Режим доступу: https://uarostok.ua/statt/optimzacya-mneralnogo-zhivlennya-ovochevih-kultur/

124. Крамарьов С. Захист кукурудзи на старті. *Farmer*. 2011. №11. С. 36-38.

125. Господаренко Г.М. *Агрохімія*: підручник. К.: ТОВ. «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2015. 476 с.

126. Паламарчук В.Д., Алексєєв О.О. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. № 1 (16). 2020. С. 28-47.

127. Паламарчук В.Д., Підлубний В.Ф., Кричковський В.Ю., Коваленко О.А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 4 (19). С. 15-28.

128. Гоголєв А.І., Черкашена Г.В. Вплив pH на засвоєння бору рослинами. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 36-39.

129. Богдан М.М. Взгляд на проблему: исследование роли макро- и микроэлементов в метаболизме растительных организмов. *Исследования в области естественных наук*. Август, 2012 [Электронный ресурс]. URL: http://science.snauka.ru/2012/08/1020

130. Nolan A.L., Zhang H., McLaughlin M.J. Prediction of zinc, cadmium, lead, and copper availability to wheat in contaminated soils using chemical speciation, diffusive gradients in thin films, extraction, and isotopic dilution techniques. *J. Environ. Qual.* 2005. Vol. 34. P. 496-507.

131. Epstein E. Silicon in plants: facts vs. concepts. *Silicon in Agriculture*. Elsevier: Amsterdam, 2001. P. 1-16.

132. Матыченков В.В., Кособрюхов А.А., Шабнова Н.И., Бочарникова Е.А. Кремниевые удобрения как фактор повышения засухоустойчивости растений. *Агрохимия*. 2007. №5. С. 63-67.

133. Заіменко Н.В., Дідик Н.П., Дзюба О.І. [та ін.]. Індукція захисних реакцій на посуху у рослин кукурудзи анальцимом за різної зволоженості й типу ґрунту. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2013. Т. 45. С. 35-44.

134. Duque-Acevedo M., Belmonte-Ureña L.J., Yakovleva N., Camacho-Ferre F. Analysis of the circular economic production models and their approach in agriculture and agricultural waste biomass management. *Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. 17: 9549. https://doi.org/10.3390/ijerph17249549

135. Reganold J.P., Wachter J.M. Organic agriculture in the twenty-first century. *NaT Plants*. 2016. 2(2):15221. doi:10.1038/ NPLANTS.2015.221.

136. Tittarelli F. Organic greenhouse production: towards an agroecological approach in the framework of the new European regulation – a review. *Agronomy*. 2020. 10(1): 72. doi:10.3390/agronomy10010072.

137. Doyeni M.O., Stulpinaite U., Baksinskaite A. et al. The effectiveness of digestate use for fertilization in an agricultural cropping system. *Plants (Basel)*. 2021. 10(8): 1734. (P. 1-13). doi: 10.3390/plants10081734.

138. Arthurson V. Closing the global energy and nutrient cycles through application of biogas residue to agricultural land-potential benefts and drawbacks. *Energies*. 2009. 2(2): 226-242.

139. Odlare M., Arthurson V., Pell M., Svensson K., Nehrenheim E., Abubaker J. Land application of organic waste – Effects on the soil ecosystem. *Appl. Energy*. 2011. *88*. 2210-2218.

140. Gell K., van Groenigen J., Cayuela M.L. Residues of bioenergy production chains as soil amendments: immediate and temporal phytotoxicity. *Journal Hazard Mater*. 2011. 186(2-3): 2017-25.

141. Nkoa R. Agricultural benefts and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. *Agronomy for Sustainable Development.* 2014. 34: 473-492. https://doi.org/10.1007/s13593-013-0196-z.

142. Abubaker J., Risberg K., Jönsson E., Dahlin A.S., Cederlund H., Pell M. Short-term effects of biogas digestates and pig slurry application on soil microbial activity. *Appliend and Environmental Soil Science.* 2015. 1. 1-15.

143. Irandoust M. Modelling consumers' demand for organic food product: the

Swedish experience. *Int J of Food and Agric Economics*. 2016. 4: 77-89.

144. Doyeni M.O., Stulpinaite U., Baksinskaite A., Suproniene S., Tilvikiene V. Greenhouse gas emissions in agricultural cultivated soils using animal waste-based digestates for crop fertilization. *Journal of Agricultural Science.* 2021. 159. 23-30. https://doi.org/10.1017/S0021859621000319

145. Baykov B., Petkov J., Kirov K., Zaharinov B. and Marinova N. et al. Exploring the quality of compost as a natural replacement for high energy chemical fertilizers. Environmental assessment of the amount of toxic elements in compost. *Ecol, Eng. Environ. Protect*. 2007. 2: 33-36.

146. Marinova S., Mihaylova S., Zlatareva E., Toncheva R. and Pchelarova H. et al. Effect of digestate from anaerobic co-degistation of wasted fruits and vegetables and swine manure on development of lettuce. Proceedings of the International Conference on Ecology-Interdisciplinary Science and Practice, Oct. 25-26. 2012. Sofia, Bulgaria, pp: 493-497.

147. Johansen A., Carter M.S., Jensen E.S., Hauggard-Nielsen H., Ambus P. Effects of digestate from anaerobically digested cattle slurry and plant materials on soil microbial community and emission of CO_2 and N_2O. *Applied Soil Ecology*. 2013. 63: 36-44.

148. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І., Поліщук І.С., Колісник О.М., Паламарчук О.Д. Вплив елементів технології на розвиток кукурудзи для виробництва біоетанолу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* 2013. Вип. 19. Т. І. С. 96-101.

149. Canadell J.G., Schulze E.D. Global potential of biospheric carbon management for climate mitigation. *Nature Communications*. 2014. 5:5282. https://doi.org/10.1038/ncomms6282

150. Паламарчук В.Д., Телекало Н.В. Перспективи вирощування кукурудзи на зерно для отримання біоетанолу. *Сільське господарство та лісівництво.* 2021. № 2 (21). С. 47-61.

151. Stürmer B., Pfundtner E., Kirchmeyr F., Uschnig S. (2020). Legal requirements for digestate as fertilizer in Austria and the European Union compared to actual technical parameters. *Journal of Environmental Management*. 253: 109756. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109756.

152. European Commission (2019). Règlement (UE) 2019/1009 du Parlement Européen et du Conseil du 5 juin 2019 établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE, modifant les Règlements (CE) no 1069/2009 et (CE) no 1107/2009 et abrogeant le Règleme.

153. Європейська комісія, 2019) (European Commission (2019). Reglement (UE) 2019/1009 du Parlement Europeen et du Conseil du 5 juin 2019 établissant les regles relatives a la mise a disposition sur le marché des fertilisants UE, modifant les Règlements (CE) no 1069/2009 et (CE) no 1107/2009 et abrogeant le Règleme.

154. Directive, 2008. EC of the European parliament and of the council of 19 November 2008 on waste and repealing certain directives (Waste framework directive, R1 formula in footnote of attachment II). Official J. Eur. Union L, 312: 1-30.

155. BIS, 2010. Specification for whole digestate, separated liquor and separated fiber derived from the anaerobic digestion of source-segregated biodegradable materials

British Standards Institution Publications, PAS 110, London, UK.

156. Doyeni M. O., Barcauskaite K., Buneviciene K., Venslauskas K., Navickas K., Rubezius M., Baksinskaite A., Suproniene S. and Tilvikiene V. Nitrogen flow in livestock waste system towards an efficient circular economy in agriculture. *Waste Management & Research Online First*. September 21, 2022. https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/0734242X221123484; https://doi.org/10.1177/0734242X221123484

157. Möller K., Müller T. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: a review. *Eng Life Sci*. 2012. 12(3): 242-257. doi:10.1002/elsc.201100085.

158. Gelaye K.K., Zehetner F., Loiskandl W., Klik A. Comparison of growth of annual crops used for salinity bioremediation in the semi-arid irrigation area. *Plant Soil Environment*. 2019. 65: 165-171. https://doi.org/10.17221/499/2018-PSE.

159. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 372 с.

160. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю. Перспективи використання дигестату для підвищення ефективності біогазових комплексів. *Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи»*. 29 травня 2020. Житомир. С. 124-128.

161. Alburquerque J.A., De la Fuente C., Campoy M., Carrasco L., Nájera I., Baixauli C., Bernal M.P. Agricultural use of digestate for horticultural crop production and improvement of soil properties. *European Journal of Agronomy*. 2012. 43. P. 119-128. doi: 10.1016/j.eja.2012.06.001.

162. Ківер В.Х., Онопрієнко Д.М. Вплив способів, строків і видів застосування мінеральних добрив на поживний режим ґрунту та продуктивність кукурудзи. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2011. №1. С.76-80.

163. Koszel M., Lorencowicz E. Agricultural use of biogas digestate as a replacement fertilizers. *Agric. Agric. Sci. Proc.* 2015. *7*, 119-124.

164. Béghin Tanneau R., Guérin F., Guiresse M., Kleiber D., Scheiner J.D. Carbon sequestration in soil amended with anaerobic digested matter. *Soil Tillage Res*. 2019. 192: 87-94.

165. Reuland G., Sigurnjak I., Dekker H., Michels E., Meers E. The Potential of Digestate and the Liquid Fraction of Digestate as Chemical Fertiliser Substitutes under the RENURE Criteria. *Agronomy*. 2021. *11*, 1374.

166. Kovačević D., Manojlović M., Čabilovski R., Zoran S. Ilić, Petković K., Štrbac M., Vijuk M. Digestate and Manure Use in Kohlrabi Production: Impact on Plant-Available Nutrients and Heavy Metals in Soil, Yield, and Mineral Composition. *Agronomy*. 2022, *12*(4), 871. https://doi.org/10.3390/agronomy12040871.

167. Кузнецова А., Куценко К. Біогаз та «зелені тарифи» в Україні – чи вигідне інвестування? (Серія консультативних робіт AgPP №. 26). К. 2010. 40 с.

168. Прокопенко О. М. Тваринництво України (Animal production of Ukraine). *Статистичний збірник (State statistics service of Ukraine)*. К. 2019. 166 с.

169. FAO. Crop Prospects and Food Situation: Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture; *Food and Agriculture Organization of the United Nations: Geneva, Switzerland*, 2011.

170. Ramcilovic-Suominen S., Pülzl H. Sustainable development – a 'selling point' of the emerging EU bioeconomy policy framework. *Jornal of Cleaner Production*. 2018. 172: 4170-4180. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.157.

171. Makádi M., Szegi T., Tomócsik A. et al. Impact of digestate application on chemical and microbiological properties of two different textured soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 2016. 47: 167-178.

172. Moeller K. and Stinner W. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *Eur. J. Agronomy*. 2009. 30: 1-16. Doi: 10.1016/j.eja.2008.06.003.

173. Abubaker J., Risberg K., and Pell M. Biogas residues as fertilisers – effects on wheat growth and soil microbial activities. *Appl. Energy*. 2012. 99. P. 126-134. doi: 10.1016/j.apenergy.2y.2012.04.050.

174. Zirkler D., Peters A., Kaupenjohann M. Elemental composition of biogas residues: variability and alteration during anaerobic digestion. *Biomass Bioenergy*. 2014. 67: 89-98. doi:10.1016/j.biombioe.2014.04.021 Biological agriculture & horticulture257.

175. Stewart W.M., Dibb D.B., Johnston A.E., Smyth T.J. The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agron J*. 2005. 97(1): 1-6. doi:10.2134/agronj2005.0001.

176. Šimon T., Kunzová E., Friedlová M. The effect of digestate, cattle slurry and mineral fertilization on the winter wheat yield and soil quality parameters. *Plant Soil Environment*. 2015. 61(№ 11): 522-527. https://doi.org/10.17221/530/2015-pse.

177. Popović V., Vučković S., Jovović Z., Ljubičić N., Kostić M., RakaščanN., Ikanović J. Genotype by year interaction effects on soybean morpho-productive traits and biogas production. *Genetika*. 2020. 52(3): 1055-1073. https://doi.org/10.2298/GENSR1802635.

178. Шишкин Н. Д. Анализ эффективности биоэнергетических установок. *Энергосбережение и водоподготовка*. 2004. № 4. С. 31-32.

179. Рябов Г. А. Использование биомассы и отходов производства для решения проблем энергосбережения. *Электрические станции*. 2005. № 7. С. 33-38.

180. Барбара Эдер, Хайнц Шульц. Биогазовые установки. Практическое пособие. Перевод с немецкого выполнен компанией Zorg Biogas в 1996 г. (http://www.zorg-biogas.com). 2008. 268 с.

181. Шворов С. А., Охріменко П. Г., Чирченко Д. В. Система керування процесом завантаження біомаси та спеціальних домішок в біореактор для отримання максимальних об'ємів біогазу та органічних добрив. *Енергетика і автоматика*. 2014. № 3. С. 155-161.

182. Thangarajan R., Bolan N.S., Tian G., Naidu R., Kunhikrishnan A. Role of organic amendment application on greenhouse gas emission from soil. *Sci Total Environ*. 2013. 465: 72-96. https://doi.org/10. 1016/j.scitotenv.2013.01.031.

183. Angeli JR.B., Morales A., Lefloc'h T., Lakel A., Andres Y. Anaerobic digestion and integration at urban scale: feedback and comparative case study. *Energy, Sustainability and Society*. 2018. 8:29. https://doi.org/10.1186/ s13705-018-0170-3.

184. Urra J., Alkorta I., Garbisu C. Potential benefts and risks for soil health derived from the use of organic amendments in agriculture. *Agronomy*. 2019. 9:1-23. https://doi.org/10.3390/agronomy9090542.

185. Shakoor A., Ashraf F., Shakoor S., Mustafa A., Rehman A., Altaf M. M. Biogeochemical transformation of greenhouse gas emissions from terrestrial to atmospheric environment and potential feedback to climate forcing. *Environ. Sci. pollut. Res.* 2020. 27 (31), 38513-38536. doi: 10.1007/s11356-020-10151-1.

186. Karimi B., Sadet-Bourgeteau S., Cannavacciuolo M., Chauvin C., Flamin C., Haumont A., Jean-Baptiste V., Reibel A., Vrignaud G., Ranjard L. Impact of biogas digestates on soil microbiota in agriculture: a review. *Environmental Chemistry Letters.* 2022. 20: 3265-3288. https://doi.org/10.1007/s10311-022-01451-8.

187. Шворов С. А., Комарчук Д. С., Охріменко П. Г., Іванов П. В. Модель системи керування електротехнічним комплексом біогазової установки. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2016. Вип. 242. С. 75. 84.

188. Болтянська Н.І, Болтянський О.В. Формування моделі механізму застосування технологій ресурсозбереження на молочнотоварних фермах. *Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Збірник наукових праць*. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 26-32.

189. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. *Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Збірник наукових праць*. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.

190. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Біогазові станції як екологічно безпечний засіб переробки відходів. *Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи»,* 29 травня 2020. Житомир. С. 132-135.

191. Лычев Е. Удобрения и альтернативные источники энергии из органических отходов. *Техника и оборудование для села*. 2005. № 3. С. 15-16.

192. Ward A.J., Hobbs P.J., Holliman P.J., Jones D.L. Otimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresour. Technol*. 2008. 99(17). P. 7928-7940.

193. Ilona Sárvári Horváth, Meisam Tabatabaei, Keikhosro Karimi, Rajeev Kumar. Recent updates on biogas production - a review (Останні оновлення щодо виробництва біогазу – огляд). *Biofuel Research Journa.l* 2016, Vol. 3, Issue 2, Spring Pages 394-402.

194. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В. Інтенсифікація біоконверсії коливальним перемішуванням субстрату. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 117 с.

195. Черевко Г., Шугало В. Сфери та переваги застосування біогазу у вирішенні енергетичних проблем. *Аграрна економіка. Серія Економіка природокористування*. 2017. Т. 10, № 3-4. С. 127-132.

196. Meyer AK.P., Ehimen E.A., Holm-Nielsen J.B. Future European biogas:

animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production. *Biomass and Bioenergy*. 2018. 111: 154-164. https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2017.05.013

197. Amon T., Amon T., Kryvoruchko V., Amon B. Methane production from maize, grassland and animal manures through anaerobic digestion. 2004. *Organic Waste treatments: Safety Implications*. doi: 10.1.1.626.612.

198. Digman M..F., Shinners K.J., Casler M.D., Dien B.S., Hafield R.D., Jung H.JG., Muck R.E., Weimer P.J. Optimizing on-farm pretreatment of perennial grasses for fuel ethanol production. *Bioresour Technol*. 2010. 101: 5305-5314. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.02.014.

199. Bacenetti J., Negri M., Fiala M., González-García S. Anaerobic digestion of different feedstocks: Impact on energetic and environmental balances of biogas process. *Science of The Total Environ*. 2013. 463-464: 541-551. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.06.058.

200. IEA, (2018) Biogas production by region and by feedstock type, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/biogas-produ ction-by-region-and-by-feedstock-type-2018.

201. Sabir M.S., Shahzadi F., Ali F., Shakeela Q., Niaz Z., Ahmed S. Comparative efect of fertilization practices on soil microbial diversity and activity: an overview. *Curr Microbiol.* 2021. 78: 3644-3655. https://doi.org/10.1007/s00284-021-02634-2.

202. IEA, (2019). IEA Bioenergy Task 37-Country report summaries 2019. IEA Bioenergy.

203. Martens W., Böhm R. Overview of the ability of different treatment methods for liquid and solid manure to inactivate pathogens. *Bioresource Technology*. 2009. 100: 5374-5378. https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2009.01.014.

204. Johansen A., Nielsen H.B., Hansen C.M., Adreasen C., Carlsgart J., Hauggard-Nielsen H., Roepstorff A. Survival of weed seeds and animal parasites as affected by anaerobic digestion at meso- and thermophilic conditions. *Waste Management*. 2013. 33: 807-812. https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2012.11.001.

205. Tambone F., Scaglia B., D'Imporzano G., Schievano A., Orzi V., Salati S., Adani F. Assessing amendment and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost. *Chemosphere*. 2010. 81(5): 577-583. doi:10.1016/j.chemosphere.2010.08.034.

206. Lee M.E., Steinman M.W., St. Angelo S.K. Biogas digestate as a renewable fertilizer: effects of digestate application on crop growth and nutrient composition. *Renewable Agric and Food Systems*. 2020. 1-9. doi:10.1017/ S1742170520000186.

207. Walsh J.J., Jones D.L., Edwards-Jones G., Williams A.P. Replacing inorganic fertilizer with anaerobic digestate may maintain agricultural productivity at less environmental cost. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2012. 175: 840-845. https://doi.org/10.1002/jpln.201200214.

208. Dahlin A.S., Ramezanian A., Campbell C.D., Hillier S., Oborn I. Waste recovered by-products can increase growth of grass-clover mixtures in low fertility soils and alter botanical and mineral nutrient composition. *Annals Applied Biology*. 2015. 166: 105-117. https://doi.org/10.1111/aab.12168.

209. Tilvikienė V., Šlepetienė A., Kadžiulienė Ž. Effects of 5 years of digestate application on biomass production and quality of cocksfoot (Dactylis glomerata L.). *Grass and Forage Science*. 2017. 73: 206-217. https://doi.org/10.1111/ gfs.12306.

210. Nabel M.D., Schrey S., Poorter H., Koller R., Jablonowski N. Effects of digestate fertilization on Sida hermaphrodita: Boosting biomass yields on marginal soils by increasing soil fertility. *Biomass and Bioenergy*. 2017. 107: 207-213. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.10.009.

211. European Commission (2021). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, EU Soil Strategy for 2030 – Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate.

212. Haberl H., Erb K-H., Krausmann F., Bondeau A., Lauk C., Muller C., Plutzar C., Steinberger J.K. Global bioenergy potentials from agricultural land in 2050: sensitivity to climate change, diets and yields. *Biomass and Bioenergy.* 2011. 35: 4753-4769. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.04.035.

213. Kirubakarana V., Sivaramakrishnanb V., Nalinic R., Sekard T., Premalathae M., Subramaniane P. (2009). A review on gasification of biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13: 179-186. https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.07.001.

214. Kathijotes N., Petrova V., Zlatareva E., Kolchakov V., Marinova S. and Ivanov P. Impacts of biogas digestate on crop production and the environment: a bulgarian case study. *American Journal of Environmental Sciences*. 2015. Vol. 11. № 2. 81-89.

215. Павліський В.М., Нагірний Ю.П., Павліська О.В. Техніко-економічне обґрунтування вибору технологій та сільськогосподарських культур для виробництва біопалива. *Науковий вісник НУБіП України*. 2010. № 146. С. 220-228.

216. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві. *Праці ТДАТУ.* Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т. 5. С. 210-217.

217. Скляр О.Г. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації гною. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т.3. С. 110-118.

218. Федуняк І. О. Ефективність виробництва біогазу в Україні. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія», серія «Економіка».* 2014. Випуск 26. С. 45-49.

219. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродіння. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка.* Харків, 2015. Вип. 156. С. 649-655.

220. Corden C., Bougas K., Cunningham E., Tyrer D., Kreißig J., Crookes M. *Digestate and Compost as Fertilisers: Risk Assessment and Risk Management Options*; Wood Environment & Infrastructure Solutions UK Limited: Aberdeen, UK, 2019. pp. 121-128. Available online: https://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/pdf/40039 Digestate and Compost RMOA – Final report i2_20190208.pdf.

221. Häfner F., Ruser R., Claß-Mahler I., Möller K. Field application of organic fertilizers triggers N_2O emissions from the soil N pool as indicated by 15N-Labeled digestates. *Front. Sustain. Food Syst.* 2021. 4. P. 1-16.

222. Tambone F., Genevini P., D'Imporzano G., Adani F. Assessing amendment properties of digestate by studying the organic matter composition and the degree of biological stability during the anaerobic digestion of the organic fraction of MSW. *Bioresour. Technol.* 2009. *100*, 3140-3142.

223. Teglia C., Tremier A., Martel J.L. Characterization of solid digestates: Part 1, review of existing indicators to assess solid digestates agricultural use. *Waste Biomass Valorization*. 2011. *2*. 43-58.

224. Odlare M., Pell M., Svensson K. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. *Waste Manag.* 2008. *28*. 1246-1253.

225. Kupper T., Bürge D., Bachmann H. J., Gusewell S. and Mayer J. Heavy metals in source-separated compost and digestates. *Waste Manage.* 2014. 34, 867-874. doi: 10.1016/j.wasman.2n.2014.02.007.

226. Chen Y. H., Wen X. W., Wanga B. and Nie P. Y. Agricultural pollution and regulation: H: How to subsidize agriculture? *Journal Clean. Prod.* 2017. 164, 258-264. doi: 10.1016/j.jclepro.2o.2017.06.216.

227. Yang X., Li Q., Tang Z., Zhang W., Yu G., Shen Q., et al. Heavy metal concentrations and arsenic speciation in animal manure composts in China. *Waste Manage.* 2017. 64, 333-339. doi: 10.1016/j.wasman.2n.2017.03.015.

228. Rehman R.A., Qayyum M.F. Co-composts of sewage sludge, farm manure and rock phosphate can substitute phosphorus fertilizers in rice-wheat cropping system. *Journal Environ Manag*. 2020. 259: 109700.

229. Mustafa A., Hu X., Abrar M.M., et al. Long-term fertilization enhanced carbon mineralization and maize biomass through physical protection of organic carbon in fractions under continuous maize cropping. *Appl Soil Ecol*. 2021. 165: 103971.

230. Official Gazette of RS no. 31/2018: Rulebook on conditions for classification and determination of quality of plant nutrition products, deviations of nutrient content and minimum and maximum values of permitted deviation of nutrient content and the content of the declaration and manner of marking plant nutrition products, Annex 5. Available online: https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/prilozi/5.html&doctype=reg&abc=cba&eli=true&eliActId=425734&regactid=425734 (accessed on 10 December 2021.

231. Скляр Р. В., Скляр О. Г., Мілько Д.О. Особливості процесу метаногенерації пташиного посліду. *Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання*. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип. 8. Т.2. (Doi: 10.31388/2220-8674-2018-2-6).

232. Cambier P., Pot V., Mercier V., Michaud A., Benoit P., Revallier A. et al. Impact of long-term organic residue recycling in agriculture on soil solution composition and trace metal leaching in soils. *Sci. Total Environ.* 2014. 499, 560-573. doi: 10.1016/j.scitotenv.2v.2014.06.105.

233. Törnwall E., Pettersson H., Thorin E. and Schwede S. Post-treatment of biogas digestate – an evaluation of ammonium recovery, energy use and sanitation. *Energy Procedia*. 2017. 142, 957-963. doi: 10.1016/j.egypro.2o.2017.12.153.

234. Ehmann A., Thumm U., Lewandowski I. Fertilizing potential of separated biogas digestates in annual and perennial biomass production systems. *Front. Sustain.*

Food Syst. 2018. 2: 12. doi: 10.3389/fsufs.2018.00012.

235. Szymanska M., Szara E., Sosulski T., Stepien W., Pilarski K., Pilarska A. A. Chemical properties and fertilizer value of ten different anaerobic digestates. *Fresenius Environ. Bull.* 2018. 27 (5A), 3425-3432.

236. Guilayn F., Jimenez J., Martel J.L., Rouez M., Crest M., Patureau D. First fertilizing-value typology of digestates: a decision-making tool for regulation. *Waste Manag*. 2019. 86: 67-79. https://doi.org/10. 1016/j.wasman.2019.01.032

237. Zhan Y. H., Yin F. B., Yue C. D., Zhu J., Zhu Z. P., Zou M. Y. et al. Effect of pretreatment on hydraulic performance of the integrated membrane process for concentrating nutrient in biogas digestate from swine manure. *Membranes*. 2020. 10 (10), 13. doi: 10.3390/membranes10100249.

238. Bachmann S., Wentzel S., Eichler-Lobermann B. (2011). Codigested dairy slurry as a phosphorus and nitrogen source for zea mays l. and amaranthus cruentus l. *Journal Plant Nutr. Soil Sci.* 174 (6), 908-915. doi: 10.1002/jpln.201000383.

239. Riva C., Orzi V., Carozzi M., Acutis M., Boccasile, G., Lonati S. et al. Short-term experiments in using digestate products as substitutes for mineral (n) fertilizer: Agronomic performance, odours, and ammonia emission impacts. *Sci. Total Environ.* 2016. 547, 206-214. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.156.

240. Welikala D., Hucker C., Hartland A., Robinson B. H. and Lehto N. J. Trace metal mobilization by organic soil amendments: insights gained from analyses of solid and solution phase complexation of cadmium, nickel and zinc. *Chemosphere*. 2018. 199. P. 684-693. doi: 10.1016/j.chemosphere.2e.2018.02.069.

241. Antoniadis V., Levizou E., Shaheen S. M., Ok Y. S., Sebastian A., Baum C. et al. Trace elements in the soil-plant interface: phytoavailability, translocation, and phytoremediation-A review. *Earth Sci. Rev.* 2017. 171. P. 621-645. doi: 10.1016/j.earscirev.2v.2017.06.005.

242. Holm-Nielsen J.B., Al Seadi T., Oleskowicz-Popiel P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresour. Technol.* 2009. *100*. P. 5478-5484.

243. Przygocka-Cyna K., Grzebisz W. Biogas digestat – Benefits and risks for soil fertility and crop quality – An evaluation of grain maize response. *Open Chem.* 2018. *16*. P. 258-271.

244. Galvez A., Sinicco T., Cayuela M.L., Mingorance M.D., Fornasier F., Mondini C. Short term effects of bioenergy by-products on soil C and N dynamics, nutrient availability and biochemical properties. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2012. 160: 3-14.

245. Dragicevic I., Trine A. Sogn and Susanne Eich-Greatorex. Recycling of Biogas digestates in crop production – soil and plant trace metal content and variability. *Frontiers in sustainable food systems*. 2018. Volume 2. https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00045.

246. Jamison J., Khanal S.K., Nguyen N.H., Deenik J.L. Assessing the effects of digestates and combinations of digestates and fertilizer on yield and nutrient use of Brassica juncea (Kai Choy). *Agronomy*. 2021. *11*. P. 509.

247. Yong Z., Dong Y., Zhang X., Tan T. Anaerobic codigestion of food waste and straw for biogas production. *Renew. Energ*. 2015. 78. P. 527-530.

248. Марус О.А., Голуб Г.А. Аналіз конструкцій реакторів для твердофазної ферментації. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Київ, 2016. Вип. 241. С. 380-387.

249. Голуб Г.А., Марус О.А. Розробка біогазового реактора обертового типу для твердофазної ферментації. *Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи»*. 29 травня 2020 Житомир, Україна. С. 46-47.

250. Batstone D.J., Keller J., Angelidaki I., Kalyuzhyi S.V., Pavlostathis S.G., Rozzi A., Sanders T.M., Siegrist H., Vavilin V.A. The IWA Anaerobic Digestion Model No 1 (ADM 1). *Water Sei. Technol*. 2002. 45(10). P. 65-73.

251. Руководство по биогазу. От получения до использования. Издано агентством по возобновляемым ресурсам (FNR). Проект финансируется Федеральным министерством продовольствия, сельського хозяйства и защиты прав потребителей (BMELV) Германини на основании решения Бундестага Германии. 5-е польностью переработаное издание, Гюльцов. 2010. 215 с.

252. Орєхович О. Біогазова установка для українського споживача. https:// chz.org.ua/wp-content › uploads/2016/04.

253. Merlin Christy P., Gopinath L.R., Divya D. A review on anaerobic decomposition and enhancement of biogas production through enzymes and microorganisms. *Renew. Sust.Energe Rev*. 2014. 34, 167-173.

254. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Методи інтенсифікації процесів метанового зброджування. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету.* Мелітополь, 2014. Вип. 4, т. 1. С. 3-9.

255. Chasnyk O., Sołowski G., Shkarupa O. Historical, technical and economic aspects of biogas development: Case of Poland and Ukraine. *Renew. Sust. Energy Rev*. 2015. 52. P. 227-239.

256. Abdeshahian P., Lim J.S., Ho W.S., Hashim H., Lee C.T. Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. *Renew. Sust. Energy Rev*. 2016. 60, P. 714-723.

257. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Аналіз способів та засобів для перемішування субстрату в метантенках біогазових установок. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. 2019. Vol. 10, № 4. P. 33-37. Doi: 10.31548/machenergy.2019.04.019-026.

258. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз роботи біогазових установок. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник*. Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). ННЦ «ІМЕСГ». С. 132-138.

259. Скляр Р.В. Особливості анаеробної ферментації різних видів тваринницьких відходів. *Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи»*. 29 травня 2020 Житомир. С. 120-123.

260. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Обґрунтування способу перемішування субстрату для експериментальної біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ (Електронне наукове фахове видання)*. Мелітопіль, 2020. Вип. 10, том 1. С. 58-65. Doi: 10.31388/2220-8674-2020-1-6.

261. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Теоретичні дослідження режимів і параметрів метантенку біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ*

(Електронне наукове фахове видання). Мелітополь, 2020. Вип. 10, том 1. С. 148-155. Doi: 10.31388/2220-8674-2020-1-14.

262. Schink B. Anaerobic digestion concepts, limits and perspectives. Proceedings of the 9th World Congress "Anaerobic Digestion", Sept. 2-6. 2001. Antverpen, Belgium, pp: 15-21.

263. Galabova D., Simeonov I., Dalev D. and Karakashev D. Research and optimization of the anaerobic digestion of organic wastes. *Ecol. Eng. Environ. Protect*. 2003. 2: 37-43.

264. Angelidaki I., Ellegaard L., Ahring B. K. "Applications of the anaerobic digestion process," in *Biomethanation ii*. Eds. Ahring B. K., Angelidaki I., Dolfing J., EUegaard L., Gavala H. N. et al (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg). 2003. 1-33. doi: 10.1007/3-540-45838-7_1.

265. Fantozzi F., and Buratti C. Biogas production from different substrates in an experimental continuously stirred tank reactor anaerobic digester. *Bioresour. Technol.* 2009. 100, 5783-5789. doi: 10.1016/j.biortech.2h.2009.06.013.

266. Kettl K.H., Niemetz N., Sandor N., Eder M., Narodoslawsky M. Ecological evaluation of biogas feedstock from intercrops. *Chem. Eng. Trans*. 2010. 21: P. 433-438. doi: 10.3303/CET10210.

267. Makadi M., Tomocsik A., Orosz V. Digestate: A new nutrient source - a review. In: Kumar S (Ed). *Biogas. In Tech*. 2012. pp 295-310. https://doi.org/10.5772/31355.

268. Vaneeckhaute C., Meers E., Michels E., Buysse J., Tack F.M.G. Ecological and economic benefits of the application of bio-based mineral fertilizers in modern agriculture. *Biomass and Bioenergy*. 2013. 49: 239-248.

269. Pahla G., Mamvura T.A., Ntuli F., Muzenda E. Energy densification of animal waste lignocellulose biomass and raw biomass. *South African Journal of Chemical Engineering*. 2017. 24: 168-175. https://doi.org/10.1016/j.sajce. 2017.10.004.

270. Lozano F.J., Lozano R. Assessing the potential sustainability benefits of agricultural residues: Biomass conversion to syngas for energy generation or to chemicals production. *Journal of Cleaner Production*. 2018. 172: 4162-4169. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.037.

271. Maragkaki A. E., Fountoulakis M., Kyriakou A., Lasaridi K., and Manios T. Boosting biogas production from sewage sludge by adding small amount of agro-industrial by-products and food waste residues. *Waste Manage.* 2018. 71. P. 605-611. doi: 10.1016/j.wasman.2n.2017.04.024.

272. Bhatt A.H., Tao L. Economic perspectives of biogas production via anaerobic digestion. *Bioengineering*. 2020. *7*, 74.

273. Tilvikiene V., Venslauskas K., Povilaitis V., Navickas K., Zuperka V., Kadziuliene Z. The effect of digestate and mineral fertilisation of cocksfoot grass on greenhouse gas emissions in a cocksfoot-based biogas production system. *Energy, Sustainability and Society*. 2020. Volume 10. №13. P. 3556.

274. Aravani V. P., Sun H. Y., Yang Z. Y., Liu G. Q., Wang W., Anagnostopoulos G. et al. Agricultural and livestock sector's residues in Greece & China: Comparative qualitative and quantitative characterization for assessing their potential for biogas production. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 2022. 154 (16), 111821. doi:

10.1016/j.rser.2021.111821.

275. Паламарчук В.Д., Климчук О.В. Альтернативні аспекти використання зерна кукурудзи для отримання біоетанолу. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2010. Вип. 42. №. 4. С. 123-129.

276. Паламарчук В.Д., Паламарчук О.Д. Перспективи вирощування та використання кукурудзи для отримання біопалива. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2011. Вип. 8 (48). С. 13-21.

277. Ратушняк Г.С., Джеджула В.В., Анохіна К.В. Моделювання нестаціонарних режимів теплообміну в біогазових реакторах. *Вісник Хмельницького національного університету.* 2010. №2. С. 142-145.

278. Федуняк І.О. Ефективність використання біогазу в Україні. *Зелений світ (газета)*. *Рубрика: Альтернативна енергетика.* 2015. №4 (298). С. 4.

279. Wagemann K., Tippkötter N., editors; with contributions by M.J. Barbosa [and 59 others]. Biorefineries. Cham, Switzerland: Springer. 2019. 166 p.

280. Rawoof S.AA., Kumar P.S., Vo D.V.N., Subramanian S. Sequential production of hydrogen and methane by anaerobic digestion of organic wastes: a review. *Environ Chem Lett*. 2021. 19: 1043-1063. https://doi.org/10.1007/s10311-020-01122-6.

281. IEA, (2020), Outlook for biogas and biomethane: prospects for organic growth, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/outlook-forbiogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth.

282. European Parliament (2009). Directive 2009/28/EC. Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives. 2001/77/EC and 2003/30/EC. O. J. European Union 140(16). http://data.europa.eu/eli/dir/2009/28/2015-10-05.

283. Misi S.N., Forster C.F. Batchco-digestion of multi-component agro-wastes. *Bioresour. Technol*. 2001. 80(1). P. 19-28.

284. Esposito G., Frunzo L., Panico A., Pirozzi F. Enhanced bio-methane production from co-digestion of different organic wastes. *Environ. Technol*. 2012. 33(24). P. 2733-2740.

285. Wang L.H., Wang Q., Cai W., Sun X. Influence of mixing proportion on the solid-state anaerobic co-digestion of distiller's grains and food waste. *Biosyst. Eng.* 2012. 112(2). P. 130-137.

286. Pagés Díaz J., Pereda-Reyes I., Taherzadeh M.J., Sárvári Horváth I., Lundin M. Anaerobic co-digestion of solid slaughterhouse waster with agro-residues Synergistic and antagonistic interactions determined in batch digestion assays. *Chem. Eng. J.* 2014. 245. P. 89-98.

287. Lemežiene N., Kanapeckas J., Tarakanovas P., Nekrošas S. Analysis of dry matter yield structure of forage grasses. *Plant, Soil Environ*. 2004. 50: 277-282. doi. org/10.17221/4033-PSE.

288. Butkutė B., Lemežienė N., Kanapeckas J., Navickas K., Dabkevičius Z., Venslauskas K. Cocksfoot, tall fescue and reed canary grass: Dry matter yield, chemical composition and biomass convertibility to methane. *Biomass and Bioenergy*. 2014. 66: 1-11. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.014.

289. Lattimore B., Smith C.T., Titus B.D., Stupak I., Egnell G. Environmental

factors in woodfuel production: Opportunities, risks, and criteria and indicators for sustainable practices. *Biomass and Bioenergy*. 2009. 33: 1321-1342. https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2009.06.005.

290. Manolis E.N., Zagas T.D., Poravou C.A., Zagas D.T. Biomass assessment for sustainable bioenergy utilization in a Mediterranean forest ecosystem in northwest Greece. *Ecological Engineering*. 2016. 91: 537-544. https://doi.org/10. 1016/j.ecoleng.2016.02.041.

291. Ozturk M., Saba N., Altay V., Iqbal R., Hakeem K.R., Jawaid M., Ibrahim F.H. Biomass and bioenergy: an overview of the development potential in Turkey and Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. 79: 1285-1302. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.111.

292. Mola-Yudego B., Arevalo J., Díaz-YO D.I., Haapala A., ACF F., Selkimaki M., Valbuena R. Wood biomass potentials for energy in northern Europe: Forest or plantations? *Biomass and Bioenergy*. 2017. 106: 95-103. https://doi.org/ 10.1016/j.biombioe.2017.08.021.

293. Zhang D, Wang X, Zhou Z. (2017). Impacts of small-scale industrialized swine farming on local soil, water and crop qualities in a hilly red soil region of subtropical China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 14: 1524.

294. Seadi L.T., Lukehurst C, Al Saedi T., et al. Quality management of digestate from biogas plants used as fertiliser. *IEA Bioenergy*. 2012. 37: 40.

295. Mata-Alvarez J., Dosta J., Romero-Güiza M.S. et al. A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. 36: 412-427.

296. Verdi L., Kuikman P.J., Orlandini S., et al. Does the use of digestate to replace mineral fertilizers have less emissions of N_2O and NH_3? *Agricultural and Forest Meteorology.* 2019. 269-270: 112-118.

297. Ayaz M., Feizienė D., Tilvikienė V. et al. Biochar role in the sustainability of agriculture and environment. *Sustainability*. 2021. 13: 1-22.

298. Мельник С.І., Новічков О.В., Полупан В.М., Левенко М.Г. Підвищення ефективності внесення органічних добрив. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 5 (69). URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/9493

299. Цюк О.А. Вплив органічних добрив на родючість ґрунту. *Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства УААН"*. 2009. Вип. 1-2. С. 60-68.

300. Григоренко С.М. Програма та методика експериментальних досліджень на лабораторній біогазовій установці. *Вісник Харківського національного університету с. г. ім. П. Василенка: Наукове фахове видання.* Харків, 2019. Вип. 199. С. 267-275.

301. Нестеренко О. В., Колодійчук Л. С. Можливості використання лігніноцелюлозної маси в якості субстрату біогазових установок. Матеріали *Міжнародної науково-практичної конференції «Наука і освіта в інтелектуально-інноваційному розвитку суспільства», присвяченої 60-річчю навчального закладу ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний*

інститут» – «Бережанський агротехнічний коледж» (16-17 травня 2019 року м. Бережани). 2019. С. 237-239.

302. Козир В. С., Сокрут О. В., Чернявський С. Є., Тимченко Л. О. Особливості використання різної сировини при виробництві біогазу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 4. С. 143-146.

303. Alvarenga P., Mourinha C., Farto M., Santos T., Palma P., Sengo J., Morais M-C., Cunha-Queda C. Sewage sludge, compost and other representative organic wastes as agricultural soil amendments: benefits versus limiting factors. *Waste Management*. 2015. 40: 44-52. doi:10.1016/j.wasman.2015.01.027

304. Ni P., Lyu T., Sun H., Dong R. J., and Wu S. B. Liquid digestate recycled utilization in anaerobic digestion of pig manure: effect on methane production, system stability and heavy metal mobilization. *Energy*. 2017. 141, 1695-1704. doi: 10.1016/j.energy.2y.2017.11.107.

305. Yun L. H. L., Guoxue L., Wenhai L., and Ying S. Manure digestate storage under different conditions: Chemical characteristics and contaminant residuals. *Sci. Total Environ.* 2018. 639. 19-25. doi: 10.1016/j.scitotenv.2v.2018.05.128.

306. Borowski S., Boniecki P., Kubacki P., and Czyzowska A. Food waste co-digestion with slaughterhouse waste and sewage sludge: digestate conditioning and supernatant quality. *Waste Manage.* 2018. 74, 158-167. doi: 10.1016/j.wasman.2n.2017.12.010.

307. Manojlović M., Kovačević D., Čabilovski R., Petković K., Štrbac M. Organic fertilizers as a source of microelements and potentially toxic elements. In Proceedings of the 6th International Scientific Meeting, the International Soil Science Symposium on Soil Science & Plant Nutrition, Samsun, Turkey, 18-19 December 2021. pp. 127-133.

308. Karimi B., Cahurel J.Y., Gontier L., Charlier L., Chovelon M., Mahé H. et al. A meta-analysis of the ecotoxicological impact of viticultural practices on soil biodiversity. *Environ Chem Lett*. 2020. 18: 1947-1966. https://doi.org/10.1007/s10311-020-01050-5.

309. Baumann K., Dignac M.F., Rumpel C., Bardoux G., Sarr A., Stefens M. et al. Soil microbial diversity afects soil organic matter decomposition in a silty grassland soil. *Biogeochemistry*. 2012. 114: 1-12. https://doi.org/10.1007/s10533-012-9800-6.

310. Vivant A.L., Garmyn D., Maron P.A., Nowak V., Piveteau P. (2013). Microbial diversity and structure are drivers of the biological barrier efect against Listeria monocytogenes in soil. *PLoS ONE*. 8: 1-11. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076991.

311. Le Guillou C., Angers D.A., Maron P.A., Leterme P., Menasseri-Aubry S. Linking microbial community to soil water-stable aggregation during crop residue decomposition. *Soil Biol Biochem*. 2012. 50: 126-133. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.03.009

312. Prudent M., Dequiedt S., Sorin C., Girodet S., Nowak V., Duc G. et. al. The diversity of soil microbial communities matters when legumes face drought. *Plant Cell Environ*. 2020. 43: 1023-1035. https:// doi.org/10.1111/pce.13712.

313. Abis L., Loubet B., Ciuraru R., Lafouge F., Houot S., Nowak V. et. al.

Reduced microbial diversity induces larger volatile organic compound emissions from soils. *Sci Rep*. 2020. 10: 1-15. https://doi.org/ 10.1038/s41598-020-63091-8.

314. Tardy V., Mathieu O., Lévêque J., Terrat S., Chabbi A., Lemanceau P. et. al. Stability of soil microbial structure and activity depends on microbial diversity. *Environ Microbiol Rep*. 2014. 6: 173-183. https:// doi.org/10.1111/1758-2229.12126.

315. Maron P-AP-A., Sarr A., Kaisermann A., Lévêque J., Mathieu O., Guigue J. et. al. High microbial diversity promotes soil ecosystem functioning. *Appl Environ Microbiol*. 2018. 84: e02738-e2817. https:// doi.org/10.1128/AEM.02738-17.

316. Lošák T., Hlušek J., Válka T., Elbl J., Vítěz T., Bělíková H., Von Bennewitz E. The effect of fertilisation with digestate on kohlrabi yields and quality. *Plant Soil Environ.* 2016, *62*, 274-278.

317. Koszel M., Kocira A., Lorencowicz E. The evaluation of the use of biogas plant digestate as a fertilizer in alfalfa and spring wheat cultivation. *Fresenius Environ. Bull.* 2016. *25*, 3258-3264.

318. Panuccio M.R., Mallamaci C., Attinà E., Muscolo A. Using Digestate as Fertilizer for a Sustainable Tomato Cultivation. *Sustainability*. 2021, *13*. P. 1574.

319. Stoknes K., Wojciechowska E., Jasińska A., Gulliksen A., Tesfamichael A.A. Growing vegetables in the circular economy; cultivation of tomatoes on green waste compost and food waste digestate. *Acta Hortic*. 2018. (1215): 389-396. doi:10.17660/ActaHortic.2018.1215.71.

320. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А., Кричковський В.Ю. Підвищення ефективності біогазових комплексів за рахунок використання дигістату при вирощуванні сільськогосподарських та овочевих культур. *Міжнародний тематичний збірник «Зрошуване землеробство».* 2020. № 73. С. 95-101.

321. Brtnicky M., Kintl A., Holatko J., Hammerschmiedt T., Mustafa A., Kucerik J., Vitez T., Prichystalova J., Baltazar T. and Elbl J. Effect of digestates derived from the fermentation of maize-legume intercropped culture and maize monoculture application on soil properties and plant biomass production. *Chem. Biol. Technol. Agric*. 2022. 9(1): 43. P. 1-24. https://doi.org/10.1186/s40538-022-00310-6.

322. Pokhrel B., Sorensen J.N., Moller H.B., Petersen K.K. Processing methods of organic liquid fertilizers affect nutrient availability and yield of greenhouse grown parsley. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2018. 1-9. doi:10.1017/S1742170517000771

323. Rakascan N., Drazic G., Popovic V., Milovanovic J., Zivanovic L., Remikovic M. A., Milanovic T., Ikanovic J. Effect of digestate from anaerobic digestion on Sorghum bicolorL. production and circular economy. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2021. Volume 49. Issue 1. P. 1-13.

324. Håkan Asp, Karl-Johan Bergstrand, Siri Caspersen and Malin Hultberg. Anaerobic digestate as peat substitute and fertiliser in pot production of basil. *Biological agriculture & horticulture*. 2022. Vol. 38, № 4. P. 247-257. https://doi.org/10.1080/01448765.2022.2064232.

325. Restrepo A.P., Medina E., Pérez-Espinosa A., Agulló E., Bustamante M.A., Mininni C., Bernal M.P., Moral R. Substitution of peat in horticultural seedling: suitability of digestate-derived compost from cattle manure and maize silage codigestions. *Com Soil Sci Pl Analysis*. 2013. 44(1-4): 668-677.

doi:10.1080/00103624.2013.748004.

326. Liu W.K., Yang Q.C., Du L.F., Cheng R.F., Zhou W.L. Nutrient supplementation increased growth and nitrate concentration of lettuce cultivated hydroponically with biogas slurry. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*. 2011. 61(5):391-394. doi:10.1080/09064710.2010.482539.

327. Barzee T.J., Edalati A., El-Mashad H., Wang D., Scow K., Zhang R. Digestate biofertilizers support similar or higher tomato yields and quality than mineral fertilizer in a subsurface drip fertigation system. *Front Sustain Food Syst*. 2019. 3. doi:10.3389/fsufs.2019.00058.

328. Stoknes K., Scholwin F., Krzesinski W., Wojciechowska E. and Jasinska A. Efficiency of a novel "Food to waste to food" system including anaerobic digestion of food waste and cultivation of vegetables on digestate in a bubble-insulated greenhouse. *Waste Manage.* 2016. 56. 466-476. doi: 10.1016/j.wasman.2n.2016.06.027.

329. Bougnom B.P., Niederkofer C., Knapp B.A., Stimpf E., Insam H. Residues from renewable energy production: their value for fertilizing pastures. *Biomass Bioenerg*. 2012. 39: 290-295.

330. Bauer L., Ranglová K., Masojídek J., Drosg B., Meixner K. Digestate as sustainable nutrient source for microalgae-challenges and prospects. *Appl Sci*. 2021. 11 (3), 1056 doi: 10.3390/app11031056.

331. Kisielewska M., Dębowski M., Zieliński M., Kazimierowicz J., Quattrocelli P., Bordiean A. Effects of liquid digestate treatment on sustainable microalgae biomass production. *Bioenergy Res.* 2021. 15. P. 357-370. doi: 10.1007/s12155-021-10251-x.

332. Li G., Hu R., Wang N. et al. Cultivation of microalgae in adjusted wastewater to enhance biofuel production and reduce environmental impact: Pyrolysis performances and life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*. 2022. 355: 131768.

333. Кравченко С. А. Биоэнергетический комплекс по обеззараживанию отходов сельского хозяйства с получением биогаза и высококачественных органических удобрений. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. 2010. Вип. № 4. С. 69-41.

334. Brone I., Allen E., Murphy J. Evaluation of the BMP from multiple waste streams for a proposed community scall anaerobic digestion. *Fuel. Kidlington: Elsevier Sci Ltd*. 2011. Vol. 90, № 7. P. 2404-2412.

335. Siebielec G., Siebielec S., Lipski D. Long-term impact of sewage sludge, digestate and mineral fertilizers on plant yield and soil biological activity. *J. Clean. Prod.* 2018. 187. P. 372-379.

336. Martin SL, Clarke ML, Othman M, et al. Biochar-mediated reductions in greenhouse gas emissions from soil amended with anaerobic digestates. *Biomass and Bioenergy*. 2014. 79: 39-49.

337. Xu X., Cheng K., Wu H. et al. Greenhouse gas mitigation potential in crop production with biochar soil amendment – A carbon footprint assessment for cross-site field experiments from China. *GCB Bioenergy*. 2019. 11: 592-605.

338. Karpenstein-Machan M., Stuelpnagel R. Biomass yield and nitrogen fxation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation efects on a subsequent maize crop. *Plant Soil*. 2000. 218(1-2): 215-232.

339. Samarappuli D. Berti M.T. Intercropping forage sorghum with maize is a promising alternative to maize silage for biogas production. *J. Cleaner Production*. 2018. 194: P. 515-524. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.083.

340. Raberg T., Carlsson G., Jensen E.S. Nitrogen balance in a stockless organic cropping system with diferent strategies for internal N cycling via residual biomass. *Nutr Cycling Agroecosyst*. 2018. 112(2): 165-178.

341. Raberg T.M., Carlsson G., Jensen E.S. Productivity in an arable and stockless organic cropping system may be enhanced by strategic recycling of biomass. *Renew Agric Food Syst*. 2017. 34(1): 20-32. doi: 10.1017/s1742170517000242.

342. Hammerschmiedt T., Kintl A., Holatko J., Mustafa A., Vitez T., Malicek O., Baltazar T., Elbl J. and Brtnicky M. Assessment of digestates prepared from maize, legumes, and their mixed culture as soil amendments: Effects on plant biomass and soil properties. Front. Plant Sci., 13 December 2022. *Sec. Plant Nutrition*. 2022. Volume 13. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1017191.

343. Nurk L., Grass R., Pekrun C., Wachendorf M. Methane yield and feed quality parameters of mixed silages from maize (Zea mays L.) and common bean (Phaseolus vulgaris L.). *Bioenerg Res*. 2017. 10(1): 64-73.

344. Weiland P. Biogas production: Current state and perspectives. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2010. 85 (4), 849-860. doi: 10.1007/s00253-009-2246-7.

345. Hutnan M., Špalková V., Bodík I., Kolesarova N., Lazor M. Biogas production from maize grains and maize silage. *Polish J. Environ. Stud.* 2010. 19. P. 323-329.

346. Smutný V., Neudert L., Dryšlov T., Lukas V., et al. Current arable farming systems in the Czech Republic-agronomic measures adapted to soil protection and climate change. *Agric Conspec Sci*. 2018. 83(1): 11-16.

347. Lebuhn M., Liu F., Heuwinkel H., Gronauer A. Biogas production from mono-digestion of maize silage-long-term process stability and requirements. *Water Sci Technol*. 2008. 58(8): 1645-1651.

348. Oslaj M., Mursec B., Vindis P. Biogas production from maize hybrids. *Biomass Bioenerg*. 2010. 34(11): 1538-1545.

349. Purdy S. J., Maddison A. L., Nunn C. P., Winters A., Timms-Taravella E., Jones C. M., et al. Could Miscanthus replace maize as the preferred substrate for anaerobic digestion in the United Kingdom? Future breeding strategies. *Global Change Biol. Bioenergy*. 2017. 9.1122-1139. doi: 10.1111/gcbb.12419.

350. Theuerl S., Herrmann C., Heiermann M., Grundmann P., Landwehr N., Kreidenweis U. et al. The future agricultural biogas plant in Germany: A vision. *Energies*. 2019. 12 (3), 396. doi: 10.3390/en12030396.

351. Gissén C., Prade T., Kreuger E., Nges I. A., Rosenqvist H., Svensson S.-E., et al. Comparing energy crops for biogas production – yields, energy input and costs in cultivation using digestate and mineral fertilisation. *Biomass Bioenergy*. 2014. 64, 199-210. doi: 10.1016/j.biombioe.2014.03.061.

352. Sigurnjak I., Vaneeckhaute C., Michels E., Ryckaert B., Ghekiere G., Tack F. M. G. et al. Fertilizer performance of liquid fraction of digestate as synthetic nitrogen substitute in silage maize cultivation for three consecutive years. *Sci. Total Environ.* 2017. 599-600, 1885-1894. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.05.120.

353. Dębowski M., Kazimierowicz J., Zieliński M., Bartkowska I. Co-Fermentation of microalgae biomass and *Miscanthus × giganteus* silage-assessment of the substrate, biogas production and digestate characteristics. *Appl. Sci.* 2022. 12 (14), 7291. doi: 10.3390/app12147291.

354. Herrmann A. Biogas production from maize: current state, challenges and prospects. 2. Agronomic and Environmental aspects. *Bioenerg Res*. 2013. 6(1): P. 372-387.

355. Kintl A., Vítěz T., Elbl J., Vítězová M., Dokulilová T., Nedělník J. et al. Mixed culture of corn and white lupine as an alternative to silage made from corn monoculture intended for biogas production. *Bioenergy Res*. 2019. 12(3): P. 694-702. doi: 10.1007/s12155-019-10003-y.

356. von Cossel M., Pereira L. A., Lewandowski I. Deciphering substrate-specific methane yields of perennial herbaceous wild plant species. *Agronomy*. 2021. 11 (3). P 451. doi: 10.3390/agronomy11030451.

357. Herman T., Nungesser E., Miller K. E., Davis S. C. Comparative fuel yield from anaerobic digestion of emerging waste in food and brewery systems. *Energies*. 2022. 15. P. 1538. doi: 10.3390/en15041538.

358. Mata-Alvarez J., Dosta J., Macé S., Astals S. Codigestion of solid wastes: a review of its uses and perspectives including modeling. *Crit Rev Biotechnol*. 2011. 31(2): P. 99-111.

359. Meyer A. K. P., Schleier C., Piorr H.-P., Holm-Nielsen J. B. The potential of surplus grass production as co-substrate for anaerobic digestion: A case study in the region of southern denmark. *Renewable Agric. Food Syst.* 2015. 31 (4). P. 330-349. doi: 10.1017/s1742170515000277.

360. Fahlbusch W., Hey K., Sauer B., Ruppert H. Trace element delivery for biogas production enhanced by alternative energy crops: Results from two-year field trials. *Energy Sustainability. Soc.* 2018. 8 (1), 11. doi: 10.1186/s13705-018-0180-1.

361. von Cossel M., Amarysti C., Wilhelm H., Priya N., Winkler B., Hoerner L. The replacement of maize (zea mays l.) by cup plant (silphium perfoliatum l.) as biogas substrate and its implications for the energy and material flows of a large biogas plant. *Biofuels. Bioproducts. Biorefining*. 2020. 14 (2). P. 152-179. doi: 10.1002/bbb.2084.

362. Nassab A. D. M., Amon T., Kaul H. P. Competition and yield in intercrops of maize and sunflower for biogas. *Ind. Crops Products*. 2011. 34 (1). P. 1203-1211. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.04.015.

363. Schittenhelm S. Effect of drought stress on yield and quality of maize/sunflower and maize/sorghum intercrops for biogas production. *J. Agron. Crop Sci.* 2010. 196 (4). P. 253-261. doi: 10.1111/j.1439-037X.2010.00418.x.

364. Brooker R.W., Bennett A.E., Cong W.F., Daniell T.J. et al. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytol*. 2015. 206(1): P. 107-117.

365. Gatta G., Gagliardi A., Soldo P., Monteleone M. Grasses and legumes in mixture: An energy intercropping system intended for anaerobic digestion. *Ital. J. Agron.* 2013. 8 (1). P. 47-57. doi: 10.4081/ija.2013.e7.

366. Nasri R., Kashani A., Barary M., Farzad P., Vazan S. Nitrogen agronomic efciency of wheat in diferent crop rotations, and the application rates of nitrogen. *Int J*

Biosci. 2014. 4: P. 190-200.

367. Braun R, Weiland P, Wellinger A. Biogas from energy crop digestion. *IEA Bioenerg*. 2009. 37:1.

368. Nges I. A., Bjorn A., Bjornsson L. Stable operation during pilot-scale anaerobic digestion of nutrient-supplemented maize/sugar beet silage. *Bioresour Technol.* 2012. 118. P. 445-454. doi: 10.1016/j.biortech.2012.05.096.

369. González-García S., Bacenetti J., Negri M., Fiala M., Arroja L. Comparative environmental performance of three different annual energy crops for biogas production in northern italy. *J. Cleaner Production*. 2013. 43, 71-83. doi: 10.1016/j.jclepro.2012.12.017.

370. Lamei Hervani J. Assessment of dry forage and crude protein yeilds, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed comditions of zanjan province in iran. *Seed And Plant Production J.* 2013. 29-2 (2). P. 169-183.

371. Andruschkewitsch M., Wachendorf C., Wachendorf M. Effects of digestates from different biogas production systems on above and belowground grass growth and the nitrogen status of the plant-soil-system. *Grassland. Sci.* 2013. 59 (4). P. 183-195. doi: 10.1111/grs.12028

372. Barłóg P., Hlisnikovský L., Kunzová E. (2020). Effect of digestate on soil organic carbon and plant-available nutrient content compared to cattle slurry and mineral fertilization. *Agronomy*. 10 (3), 379 doi: 10.3390/agronomy10030379.

373. Tambone F., Adani F. Nitrogen mineralization from digestate in comparison to sewage sludge, compost and urea in a laboratory incubated soil experiment. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2017. 180 (3). P. 355-365. doi: 10.1002/jpln.201600241.

374. Muhayodin F., Fritze A., Rotter V. S. Mass balance of c, nutrients, and mineralization of nitrogen during anaerobic co-digestion of rice straw with cow manure. *Sustainability*. 2021. 13 (21), 11568. doi: 10.3390/su132111568.

375. Wahid R., Feng L., Cong W.-F., Ward A. J., Møller H. B., Eriksen J. Anaerobic mono-digestion of lucerne, grass and forbs – influence of species and cutting frequency. *Biomass Bioenergy*. 2018. 109, 199-208. doi: 10.1016/j.biombioe.2017.12.029.

376. Kintl A., Huňady I., Holátko J., Vítěz T., Hammerschmiedt T., Brtnický M., et al. Using the Mixed Culture of Fodder Mallow (Malva verticillata L.) and White Sweet Clover (Melilotus albus Medik.) for Methane Production. *Fermentation*. 2022. 8, 94. doi: 10.3390/fermentation8030094.

377. Tilvikiene V., Venslauskas K., Navickas K., Župerka V., Dabkevičius Z., Kadžiulienė Ž. The biomass and biogas productivity of perennial grasses. *Zemdirbyste*. 2012. 99: 17-22.

378. Nekrošius A., Navickas K., Venslauskas K., Kadžiulienė Ž., Tilvikienė V. Assessment of energy biomass potential and greenhouse gas emissions from biogas production from perennial grasses. *Zemdirbyste*. 2014. 101: 217-278. doi: 10.13080/z-a.2014.101.035.

379. Tilvikiene V., Kadziuliene Ž., Dabkevicius Z., Šarūnaitė L., Šlepetys J., Pocienė L., Šlepetienė A., Cecevičienė J. The yield and variation of chemical

composition of cocksfoot biomass after five years of digestate application. *Grassland Science in Europe*. 2014. 19: 50.

380. Bedoic R., CuCek B.L., Cosic B., Krajnc D., Smoljanic G., Kiravanja Z., Ljubas D., Pukšec T., Duic N. Green biomass to biogas e a study on anaerobic digestion of residue grass. *Journal of Cleaner Production*. 2018. 213: 700-709. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.224.

381. Tilvikiene V., Kadziuliene Z., Dabkevicius Z., Venslauskas K., Navickas K. Feasibility of tall fescue, cocksfoot and reed canary grass for anaerobic digestion: analysis of productivity and energy potential. *Industrial Crops and Products*. 2016. 84: P. 87-96. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.01.033.

382. Schmilewski G. Growing medium constituents used in the EU. *Acta Hortic*. 2009. 819(819): 33-46. doi:10.17660/ ActaHortic.2009.819.3.

383. Ceglie F.G., Bustamante M.A., Amara M.B., Tittarelli F., Singer A.C. The challenge of peat substitution in organic seedling production: optimization of growing media formulation through mixture design and response surface analysis. *Plos One*. 2015. 10(6):e0128600. doi:10.1371/journal.pone.012860.

384. EC. 2018. Regulation (EU) No 2018/848, of May 30 2018 on organic production and labelling of organic products. Off J Eur. 61:5.

385. KRAV. 2021. Regler för KRAV-certifierad produktion 2021. (Regulations for KRAV (organic) – certified production 2021). KRAV Uppsala (Sweden. Swedish): 108-109, Krav ekonomisk förening.

386. Що таке біогаз? AgroBiogas. //https://agrobiogas.com.ua/4-production-steps-at-the-heart-of-the-construction-of-a-biogas-plant/

387. Голуб Г. А. Проблеми біоконверсії органічної сировини в агроценозах. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 1. С. 43-47.

388. Бураков І. Захист в органічному землеробстві. *The Ukrainian Farmer*. 2010. № 4. С. 30-32.

389. Максишко Л. М. Экологическая роль биоудобрений в сохранении гумуса и предотвращения проникновения инвазии в почву. *Ştiinţa Agricolă* №1/2015. P. 28-34.

390. Максішко Л. М. Вплив біодобрива на родючість ґрунту і отримання екологічно безпечної продукції. Scientific achievements of modern society. *Abstracts of VIII International Scientific and Practical Conference Liverpool*, United Kingdom 1-3 April 2020. Liverpool, United Kingdom. 2020. С. 551-557.

391. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plan. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. 2014. Vol. 16, № 2 (b). P. 183-188.

392. Golub N., Kozlovets O. Technology of anaerobic-aerobic purification of wastewater from nitrogen compounds after obtaining biogas. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2016. Vol. 10, № 3. P. 35-40.

393. Biogas Digest. Volume II. Biogas - Application and Product Development. Information and Advisory Service on Appropriate Technology. GTZ. http://www.gtz.de/de/dokumente/en-biogas-volume2.pdf.

394. Болтянський Б. В. Обґрунтування конструктивно-функціональної схеми біореактора – установки для переробки органічних відходів (гною). *Праці*

Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 3. С. 182-188.

395. Kobyakova E. N., Yampilov S. S., Druzyanova V. P. The study of biogas production from fresh cow manure at different temperature modes. *Proceedings of the 10th International scientific conference «European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences».* Vienna, 2016. P.130-135.

396. Pagés Díaz J., Westman J., Taherzadeh M.J., Pereda-Reyes I., Sárvári Horváth I. Semi-continuous co-digestion of solid cattle slaughterhouse wastes with other waste streams: Interactions within the mixtures and methanogenic community structure. *Chem. Eng. J.* 2015. 273. P. 28-36.

397. Марцинкевич В., Коломієць Н. Поводження з відходами тваринництва: переваги технології анаеробного зброджування. К.: Національний екологічний центр України, 2015. 24 с.

398. Boltyansky B., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.16. №2. P. 49-54.

399. Brone I., Allen E., Murphy J. Evaluation of the biomethanepotential from multiple waste streams for a proposed community scale anaerobic digester. *Environmental Technology*. 2013. Vol. 34, № 13-14. P. 2027-2038.

400. Deublein D., Steinhauser A. Biogas from waste and renewable resources an introduction. Mörlenbach, Germany Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.; Біогазові технології в Україні встановлення та робота біогазових установок. Центр біогазових технологій - http://biogascenter.googlepages.com. 2011. 30 с.

401. Bojesen M., Boerboom L., Skov-Petersen H. Towards a sustainable capacity expansion of the Danish biogas sector. *Land Use Policy*. 2014. 42, 264-277.

402. Вовк В.Ю. Використання безвідходних технологій як фактор забезпечення екологізації сільського господарства. *Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи»*. 29 травня 2020. Житомир. С. 169-172.

403. Волохін В. В., Мелейчук С. С., Козій І. С. Виробництво біогазу з відходів тваринництва як елемент енергоресурсозбереження. *Scientific Journal «ScienceRise».* 2014. С. 18-21.

404. Поліщук В.М., Білецький В.Р. Оцінка виходу біогазу при сумісному зброджуванні гною великої рогатої худоби з фузом. *Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи»*. 29 травня 2020. Житомир. С. 204-205.

405. Курбатова Т.О., Гирченко Є.В. Економічні перспективи розвитку сектору біогазу на основі використання органічних відходів сільського господарства. *Modern economics*. 2019. № 14. С. 121-129.

406. De Vries J.W., Vinken T.M., Hamelin L., De Boer J.M. Comparing environmental consequences of anaerobic mono- and co-digestion of pig manure to produce bio-energy. A life cycle perspective. *Bioresour. Technol*, 2012. 125, P. 239-248.

407. Бабич О.С., Кухаренко П.М., Улексін В.О. Біогаз як місцевий енергоресурс для сільськогосподарських підприємств. *Матеріали науково-*

технічної конференції. Дніпропетровськ: 2010. С. 88-90.

408. Liedl B. E., Bombardiere J, Williams M. L., Stowers A., Postalwait C., Chatfield J. M. et al. Solid Effluent from thermophilic anaerobic digestion of poultry litter as a potential fertilizer. *Hortscience*. 2004. 39 (4), 877-887. doi: 10.21273/Hortsci.39.4.877B.

409. Garf í M., Gelman P., Comas J., Carrasco W., Ferrer I. Agricultural reuse of the digestate from low-cost tubular digesters in rural Andean communities. *Waste Management*. 2011. 31: 2584-2589.

410. Šimon T., Kunzová E. Effect of fertilization with digestate on yield of spring barley and soil quality. *Úroda*. 2013. 5: 27-32.

411. Mortola N., Romaniuk R., Cosentino V., Eiza M., Carfagno P., Rizzo P., Brutti L. Potential use of a poultry manure digestate as a biofertiliser: Evaluation of soil properties and Lactuca sativa growth. *Pedosphere*. 2019. 29(1): 60-69. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60057-8.

412. Rehl T., Müller J. Life cycle assessment of biogas digestate processing technologies. *Resour. Conserv. Recycl.* 2011. *56*, 92-104.

413. Gutser R., Ebertseder T., Weber A., Schraml M., Schmidhalter U. Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2005. 168 (4), 439-446. doi: 10.1002/jpln.200520510.

414. Masse D.I., Talbot G., Gilbert Y. On farm biogas production: a method to reduce GHG emissions and develop more sustainable livestock operations. *Ani Feed Sci Technol*. 2011. 166-67: 436-445.

415. Slepetiene A., et al. The potential of digestate as a biofertilizer in eroded soils of Lithuania. *Waste Manag*. 2020. 102, 441-451. doi: 10.1016/j.wasman.2019.11.008.

416. Антахович І. Біогазові технології в Україні встановлення та робота біогазових установок. 2011. 30 с. (Центр біогазових технологій - http://biogascenter.googlepages.com)

417. Хараман А.В., Леонов В.В. Использование органических удобрений и биологизация земледелия в Белгородской области. *Достижения науки и техники АПК*. 2012. №12. С. 12-14.

418. Логуш І. В., Чвартацький І. І., Фльонц І. В. Обґрунтування технологічної схеми біогазової установки інтенсивної ферментації біомаси. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Наука і освіта в інтелектуально-інноваційному розвитку суспільства», присвяченої 60-річчю навчального закладу ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут» – «Бережанський агротехнічний коледж»*. (16-17 травня 2019 року м. Бережани). 2019. С. 286-287.

419. Полищук В., Лободко Н., Дубровина О. Влияние режимов метанового сбраживания на эффективность производства биогаза. *MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2013. Vol. 15, № 3. P. 207-220.

420. Dychko A., Remez N., Opolinskyi I., Kraychuk S., Ostapchuk N., Yevtieieva L. Modelling of two-stage methane digestion with pretreatment of

biomass. *Latvian journal of physics and technical sciences.* 2018. № 2. P. 37-44.

421. Кучерук П. П. Биогазовые установки в сельском хозяйстве и на станциях очистки сточных вод. Учебный курс: от природного газа к биомассе. Киев: ИТТФ НАНУ, 2009. 25 с.

422. Мовсесов Г. Є., Ляшенко О. О. Основні положення технології біогазового (анаеробного метанового) зброджування органічних відходів: рекомендації. Запоріжжя: ІМТ НААН України, 2010. 29 с.

423. Кернасюк Ю. В. Методологічні підходи до визначення собівартості виробництва та економічної ефективності продукції біоенергетичної утилізації гною (методичні рекомендації). Кіровоград: Кіровоградський ін-т АПВ, 2010. 24 с.

424. Ткаченко С.Й. Риндюк В.І., Пішеніна Н.В., Риндюк С.В., Дишлюк Н.В. Термічна і біотехнологічна нестабільність в реакторі анаеробної переробки відходів [Текст]. *Вісник Вінницького національного аграрного університету*: *Збірник наукових праць*. Вінниця, 2011. № 7. С. 131-137.

425. Коваленко В. П., Халак В. І., Нежлукченко Т. І., Папакіна Н. С. Біометричний аналіз мінливості ознак сільськогосподарських тварин і птиці: [навч. посібник]. Херсон: Олді-плюс. 2010. 240 с.

426. Шворов С.А., Антипов Є.О. Науково-технічні рекомендації щодо інтенсифікації процесів анаеробного зброджуння в реакторах біогазових установок [Текст]. *Енергетика та автоматика*. 2018. № 3. С. 95-105.

427. Шворов С. А., Антипов Є. О., Троханяк В. І. Покращена технологія отримання біогазу з урахуванням термічної та біотехнологічної стабілізації в реакторах біогазової установки [Текст]. *Енергетика і автоматика.* 2018. № 5. С. 172-182.

428. Шворов С. А., Антипов Є. О. Заходи з інтенсифікації процесів анаеробного збродження у діючих реакторах біогазових установок в умовах помірно континентального клімату. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Наука і освіта в інтелектуально-інноваційному розвитку суспільства», присвяченої 60-річчю навчального закладу ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут» – «Бережанський агротехнічний коледж».* (16-17 травня 2019 року м. Бережани). 2019. С. 259-260.

429. Поліщук В.М., Лободко М.М., Сидорчук О.В. Поліщук О.В. Вплив режимів метанового бродіння на ефективність виробництва біогазу [Текст]. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування: Збірник наукових праць*. Київ, 2013. № 185. Ч. 3. С. 180-191.

430. Mata-Alvarez J., Mace S., Llabres P. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Bioresour. Techol.* 2000. 74(1). P. 3-16.

431. Weiland P. Production and energetic use of biogas from energy crops and wastes in Germany. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2003. № 109 (1-3). P. 263-274.

432. Грабовський М.Б. Потенціал виробництва біогазу із силосної маси

сорго цукрового та кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 106. С. 26-32.

433. Heiermann M., Plöchl M., Linke B., Schelle H., Herrmann C. Biogas Crops – Part I: Specifications and Suitability of Field Crops for Anaerobic Digestion. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal.* 2009. Vol. XI. P. 1087-1093.

434. Bartuševics J., Gaile Z. Effect of silaging on chemical composition of maize substrate for biogas production. *Annual 16th International Scientific Conference Proceedings, "Research for rural development 2010",* Jelgava, Latvia, 19-21 May 2010. Vol. 1. P. 42-47.

435. Amon T., Amon B., Kryvoruchko M., Zollitsch W., Mayer K., Gruber L. Biogas production from maize and dairy cattle manure – Influence of biomass composition on the methane yield. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2007. № 118. P. 173-182.

436. Заблодський М. М., Клендій П. Б. Визначення ефективності метанового бродіння пшеничної соломи в залежності від подрібнення та обробки електромагнітним полем. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Наука і освіта в інтелектуально-інноваційному розвитку суспільства», присвяченої 60-річчю навчального закладу ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут» – «Бережанський агротехнічний коледж» (16-17 травня 2019 року м. Бережани)*. 2019. С. 222-223.

437. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на вміст хлорофілу у гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво.* 2019 №14. С. 43-53.

438. Петрів І.М., Власенко В.М. Рекомендації з проведення веснянопольових робіт в агроформуваннях Одеської області у 2018 році. Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, 2018 р. Одеса. 2018. 30 с.

439. Господаренко Г.М. Агрохімія: підручник. К.: Аграрна освіта, 2013. 406 с.

440. Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії. Серія: «Сільське господарство. Рослинництво»*. 2016. № 4. С. 63-65.

441. Хмелюк О. Система удобрення кукурудзи. 4 березня, 2019. https://www.lnz.com.ua/news/sistema-udobrenna-kukurudzi)

442. Адаменко С., Костюшко І. Управління мінеральним живленням кукурудзи. *Зерно*. 2014. №3(96). С. 96-97.

443. Сіроха О.Л. Вплив удобрення на біометричні показники та показники вирівняності рослин кукурудзи різної групи стиглості. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки*. Вінниця, 2014. Вип. 5(82). С. 37-47.

444. Бойко П., Коваленко Н. Традиційно й по «нулю». *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 14-16.

445. Василенко М.Г., Худяков О.І. Ефективність органо-мінерального

добрива «віталист» на посівах кукурудзи. *Корми і кормовиробництво*. 2008. №61. С. 99-102.

446. Іванчук М.Д. Мікродобрива «Нановіт» в системі живлення кукурудзи та соняшника. *Аграрник*. 2014. № 8. С. 14-15.

447. Жан-Поль Рену. Возделывание кукурузы на поливе. *Агроном*. 2015. №2(48). С. 146-150.

448. Марков І. Здоров'я кукурудзи: ймовірна загроза вирощеному врожаю. *Пропозиція*. 2013. № 11. С. 86-89.

449. Любар В. Органогенез кукурудзи як технологічна складова. *Зерно*. 2015. №3(108). С. 98-102.

450. Марченко О. Ранній посів кукурудзи – можливі ризики. *Зерно.* 2014. №3(96). С. 88-89.

451. Паламарчук В.Д., Мазур В.А., Зозуля О.Л. Кукурудза. Селекція та вирощування гібридів. Монографія. Вінниця, 2009 р. 199 с.

452. Гончаренко В.Ю., Ходєєва Л.П., Гладкіх Р.П., Балюк С.А. Вплив післядії добрив на продуктивність овочевої сівозміни і агрохімічні властивості чорнозему типового Лівобережного Лісостепу України. *Вісник аграрних наук*. 2001. №2. С. 12-14.

453. Оптимізація системи живлення овочевих культур. *Агроном*. 2021. [Еклектронне видання.]. Режим доступу: https://www.agronom.com.ua/optymizatsiya-systemy-zhyvlennya-ovochevyh-kultur/).

454. Медвєдєв В.В. Ґрунти й українське суспільство в XXI столітті. Агрохімія і ґрунтознавство. Харків, 2002. Книга 1. С. 7-14.

455. Філіп'єв І.Д., Гамаюнова В.В., Нікішенко В.Л. Ефективність зеленого добрива під кукурудзу в ланці зрошувальної сівозміни. *Таврійський науковий вісник*. 2007. № 54. С. 15-20.

456. Анішин Л. Для розвитку та урожайності. *Агроперспектива*. 2007. №4(88). С. 44-45.

457. Свербенюк Г.А. Вплив технології вирощування на морфофізіологічні особливості росту і розвитку кукурудзи на зерно в умовах північного Лісостепу. *Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2009. №132. С. 59-65.

458. Рибка В.С. Доцільність позакореневого підживлення кукурудзи мікродобривами Реаком Плюс. *Агроном*. 2010. № 2(28). С. 64-69.

459. Ахмед Абу Аль-Фатух Мухаммед Хамуд. Можливість вирощування в умовах арабської республіки Єгипет гібридів кукурудзи місцевої та зарубіжної селекції. *Науковий вісник національного аграрного університету*. 2003. №64. С. 120-123.

460. Городній М.М. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення. К.: Алефа, 2004. 140 с.

461. Ківер В.Х., Онопрієнко Д.М. Вплив фертигації на продуктивність рослин і якість зерна кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 8. С. 56-59.

462. Ківер В.Х., Онопрієнко Д.М. Вплив фертигації на продуктивність і

якість зерна кукурудзи. *Агроном*. 2011. № 2(32). С. 100-102.

463. Позняк В. Вигідне зерно. *Агробізнес сьогодні*. 2011. №3(202). С. 22-23.

464. Худяков О.І. Застосування комплексного добрива «Оазис» на посівах кукурудзи в умовах Північного Лісостепу України. *Агроном*. 2011. № 1(31). С. 24-25.

465. Драганчук М. Удобрення в спеку. *Farmer the Ukrainian*. 2016. №5(77). С. 16-17.

466. Колісник О.М., Ватаманюк О.В., Колісник О.О. Стійкість самозапилених ліній кукурудзи до Ustilago zeae Beckm. *Хранение и переработка зерна*. 2010. № 8 (134). С. 28-30.

467. Баннікова К.В., Шевчук О.В. Пухирчаста сажка кукурудзи. *Карантин і захист рослин*. 2011. №4. С. 15-16.

468. Тимошенко С.П., Вечера О.М. Порівняльна характеристика протруювачів насіння. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 198-202.

469. Федоренко В.П., Пащенко Ю.М., Дудка Е.Л. Защита кукурузы при интенсивной технологии ее возделывания. *Агроном.* 2011. № 4 (34). С. 74-83.

470. Трибель С., Стригун О. Ризики для кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2012. №3(226). С. 22-23.

471. Мокрієнко В.А. Захистимо кукурудзу від шкідливих організмів. *Сучасні аграрні технології*. 2013. № 6. С. 20-25.

472. Андрієнко А., Семеняка І. Підбір гібрида – складова успіху. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 9. С. 36-41.

473. Марков І. Діагностика хвороб кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 5(203). С. 23-25.

474. Марков І. Діагностика хвороб кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 6(205). С. 25-27.

475. Рекомендації щодо захисту сільськогосподарських рослин в липні /За матеріалами Головдержзахисту. *Фермерське господарство (газ.)*. 2012. №27(587). С. 18-19.

476. Орлова О. Бережіть ресурси для захисту цариці. *Зерно*. 2014. №2(95). С. 182-186.

477. Жан-Поль Рену. Неизбежный рост урожайносты кукурузы. *Зерно*. 2015. №1(106). С. 122-125.

478. Баннікова К.В. Домінуючі хвороби кукурудзи в Лісостепу. *Агроном*. 2011. № 4 (34). С. 71-83.

479. Грикун О. Хвороби кукурудзи. *Фермерське господарство (газ.)*. 2012. №37(597). С. 18-19.

480. Патика В.П., Пасічник Л.А., Буценко Л.М. Бактеріальні хвороби зернових культур та заходи захисту від них. *Сучасні аграрні технології*. 2012. № 8/9. С. 39-44.

481. Ретьман С.В., Мельничук Ф.С. Більш, ніж фунгіцидний захист соняшнику та кукурудзи. *Агроном*. 2010. № 2(28). С. 70-72.

482. Малаканова В.П., Ломоновской Д.В., Ласкин Р.В., Таран Д.А., Вакуленко И.Н. На старте кукурузы. *Фермерське господарство (газета)*. 2012. №15(575). С. 18-19.

483. Ковальчук І. Критерії підбору гібридів кукурудзи для різних умов вирощування. *Famer the Ukrainian*. 2015. №12(72). С. 82-84.

484. Снігур Г., Поліщук В., Коваленко О. Віруси і вірусні хвороби кукурудзи та заходи боротьби з ними. *Пропозиція*. 2014. № 3. С. 116-119.

485. Макарчук С.М., Пльонсак В.А., Телефус В.А., Латанюк С.В., Франков С.В., Борона В.Л., Буткалюк Т.О., Пінчук Н.В., Вергелес О.М. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів та рекомендації щодо захисту сільськогосподарських рослин від шкідників, хвороб та бур'янів у господарствах Вінницької області у 2009 році. Вінниця, 2009. 64 с.

486. Баннікова К. Прогноз поширення шкідників і хвороб кукурудзи в 2011 році. *Пропозиція*. 2011. № 4. С. 96-99.

487. Баннікова К. Готуємося захищати кукурудзу. *Farmer*. 2013. №12 (49). С. 68-70.

488. Дерменко О. Сажкові хвороби кукурудзи. *Пропозиція*. 2012. № 8. С. 76-78.

489. Душейко А., Каделя С. Кукурудза: поради практика. *Farmer*. 2013. №2. С. 40-42.

490. Ковальчук І., Лук'янченко А. Гібриди кукурудзи та система захисту від компанії «Сингента» для різних грунтово-кліматичних зон України. *Famer the Ukrainian*. 2016. №1(73). С. 36-39.

491. Лукянченко А., Бокач О. Надійний захист кукурудзи – запорука високих врожаїв. *Агроном*. 2015. №2(48). С. 152-158.

492. Банникова К., Манжора О. Когда болит головня. Особенности развития болезней на зерновых культурах в сезоне-2015. *Зерно*. 2015. №12(117). С. 42-44.

493. Столяр А. Сажка на кукурудзі. *Farmer*. 2013. №5. С. 58-61.

494. Пінчук Н., Черчель В. Кукурудзяні хвороби літа – 2015. *Famer the Ukrainian*. 2015. №6(668). С. 86-89.

495. Марков І.Л. Діагностика хвороб кукурудзи та біоекологічні особливості їх збудників. Агроном. 2015. №3(49). С. 128-138.

496. Марков І. Діагностуємо хвороби кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 5. С. 22-24.

497. Цилюрик О. Без зайвих втрат. *Farmer*. 2015. №3(63). С. 44-46.

498. Петренкова В., Красиловець Ю., Попов С., Авраменко С., Чорнобай Л. Що загрожує кукурудзі цього року. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2012. № 7 (48). С. 38-41.

499. Пиковский М., Кирик Н. Болезни кукурузы. *Настоящий хозяин*. 2010. №5. С. 54-57.

500. Марченко О., Джура Ю. Реакція рослин кукурудзи на посушливі умови. *Зерно*. 2015. №4(109). С. 74-75.

501. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Тривалість окремих міжфазних та вегетаційного періодів гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник.* 2019. Вип. 106. С. 119-127.

502. Семеняка І., Андрієнко А. Вологовіддача як чинник собівартості. *Farmer*. 2011. №11. С. 40-43.

503. Сторчоус І. Методи контролю. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 3(202). С. 20-21.

504. Литвиненко К.В. Розвиток хвороб та їх шкідливість залежно від видів та доз внесення добрив в північному Лісостепу України. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. 2008. №33-34. С. 208-210.

505. Карл-Герд Хармс. Возделывание кукурузы. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 140-141.

506. Жирак-Петерсон Дженифер, Поль Эксер. Антракноз кукурудзы: новые исследования старой проблемы. *Зерно*. 2011. № 8. С. 84-93.

507. Чернобай Л.М., Петренкова В.П., Фаррахова М.О. Фузаріозні хвороби кукурудзи та система захисту. *Агроном*. 2007. №1. С. 62-66.

508. Здольник Н.В., Зубрейчук М.С., Гаврилюк В.М. Нові гібриди кукурудзи стійкість проти основних хвороб у правобережному Лісостепу. *Карантин і захист рослин*. 2005. № 7. С. 7-9.

509. МакМуллен Марсиа. Конечно, кукурудза есть. Да кто такую буде есть? *Зерно*. 2007. №7 (16). С. 87-89

510. Паламарчук В.Д. Фактори, що впливають на придатність до механізованого збирання кукурудзи. «Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан і перспективи»: *Збірник матеріалів третьої міжвузівської науково-практичної конференції аспірантів 27-28 лютого 2002 р*. Вінниця: ВДАУ. 2002. С. 9-10.

511. Мартинюк Т.Д. Возбудители грибных болезней листьев кукурузы в Приморском крае. *Микология и фитопатология*. 2003. Т. 37. Вып. 3. С. 80-85.

512. Євтушенко М.Д., Лісовий М.П., Пантелєєв В.К., Слюсаренко О.М. Імунітет рослин. К.: Колобіг, 2004. 303 с.

513. Зозуля О.Л., Паламарчук В.Д. Міцність бокової стінки стебла в системі діалельних схрещувань. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2005. Вип. 38. С. 12-17.

514. Паламарчук В.Д. Кореляція міцності бокової стінки стебла та інших господарсько-цінних ознак у самозапилених ліній кукурудзи. *Збірник наукових праць ВДАУ*. 2007. Вип. 31. С. 22-27.

515. Паламарчук В.Д. Характеристика самозапилених ліній та простих гібридів кукурудзи за міцністю бокової стінки стебла. *Корми і кормовиробництво*. 2007. Вип. 59. С. 27-31.

516. Паламарчук В.Д. Взаємозв'язок діаметра та довжини третього міжвузля стебла зі стійкістю до вилягання у селекційних зразків кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2007. № 2. С. 66-68.

517. Паламарчук В.Д. Фактори що впливають на придатність кукурудзи до механізованого вирощування та збирання. *Современные проблемы генетики, биотехнологии и селекции растений (Сборник тезисов 2-й международной конференции молодых ученых (19-23 мая 2003 года)*. Харьков, 2003. С. 198-199.

518. Зозуля О.Л., Паламарчук В.Д. Оцінка вихідного матеріалу кукурудзи на придатність до механізованого вирощування та збирання. *Збірник наукових праць СГІ. Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення*. Одеса, 2006. Вип. 8(48). С. 153-157.

519. Дудка Є.А., Пінчук Н.І., Панчик Л.І. Мікрофлора зерна кукурудзи. *Хранение и переработка зерна*. 2002. №8. С. 27-28.

520. Моісеєва М. Кукурудзяні пристрасті. *Пропозиція*. 2006. №11. С. 38-41.

521. Неменуща С.М. Кореневі і стеблові гнилі кукурудзи. Оцінка стійкості проти захворювань різних біотипів культури за різних екологічних умов. *Агроном*. 2008. №1(19). С. 116-119.

522. Паламарчук В.Д., Климчук О.В., Шинкарук В.А. Стійкість проти хвороб і шкідників основа вирощування кукурудзи на зерно. *Хранение и переработка зерна*. 2008. №4(106). С. 21-23.

523. Петренкова В.П. Фузаріозні хвороби кукурудзи. *Сельская жизнь в Украине*. 2006. №27. С. 7.

524. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на стійкість гібридів кукурудзи до вилягання. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 1 (8). С. 14-25.

525. Федоренко В.П., Трибель С.О, Іващенко О.О. Вирощування та захист цукрових буряків. Київ, 2006. 252 с.

526. Саблук В.Т., Грищенко О.М., Половинчук О.Ю. Фітосанітарний стан бурякових агроценозів та основні заходи щодо його оптимізації у 2014 році. *Цукрові буряки*. 2014. № 3. С. 15-17.

527. Саблука В.Т. Методика досліджень з ентомології і фітопатології у посівах цукрових буряків. Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2013. С. 8-33.

528. Білицький О.В., Лагер В.М., Лук'янченко А.П. Форс® Зеа на варті вашого врожаю. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 118-120.

529. Рудська Н. О. Визначення ефективності системи захисту посівів кукурудзи за різних способів обробітку ґрунту. *Сільське господарство та лісівництво.* 2020. № 2 (17). С. 106-119.

530. Цицюрик О. І., Горобець А. Г., Горбатенко А. І. [та ін.]. Нульовий обробіток ґрунту під кукурудзу в умовах Степу. *Агроном*. 2011. №4. С. 62-65.

531. Деревенець-Шевченко К., Шевченко О. Зернова кукурудза на крапельному. *Farmer*. 2013. № 1. С. 50-51.

532. Банникова К. Кукурудза должна быть чистой. *Зерно*. 2015. №3(108). С. 186-190.

533. Філіпов Г.Л. Аспекти підвищення адаптивної стійкості кукурудзи в Степу. *Хранение и переработка зерна*. 2010. № 10(136). С. 21-23.

534. Починок Л., Пасацька В. Захист кукурудзи від шкідників і хвороб. *Пропозиція*. 2013. № 6. С. 90-91.

535. Ткачук О. П., Бондаренко М. І. Екологічна оцінка повторних посівів кукурудзи в Україні. *Сільське господарство та лісівництво.* 2022. № 1 (24). С. 128-191.

536. Цз. Цзинь, Кс. Лиу, П. Хэ. Кому принадлежит доминирующая роль в подавлении стеблевых гнилей кукурузы при применении хлористого калия: калию или хлору? *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 116-118.

537. Ткачова С. Кукурудза та захист посівів від шкідників. *Агробізнес сьогодні*. 2013. № 5. С. 30-36.

538. Трибель С. О., Стригун О. О., Ретьман С. В. Вдосконалена система

захисту посівів кукурудзи, вирощуваних на зерно та насіння. *Насінництво*. 2011. № 5. С. 14-20.

539. Rudska N. Influence of the protection system on limitation of the number of main pests in corn crops. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 4 (27). С. 143-165.

540. Гуляк Н.В. Ефективність застосування інсектицидів проти дротяників. *Агроном*. 2010. № 3(29). С. 74-75.

541. Трибель С. О., Гетьман М. В., Бахмут О. О. Захист кукурудзи від шкідників. *Агроном*. 2010. № 2(28). С. 58-62.

542. Пергаев О. Вредители сорговых культур. *Аграрний тиждень*. 2013. № 29-30(272). С. 8.

543. Чайка В. М., Григорюк І. П., Коломієць Ю. В. [та ін.]. Екологічний стан агроценозів кукурудзи під впливом агрометеорологічних умов. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2011. № 158. С. 125-134.

544. Ройер Т., Леонард Б. Р., Вагнер Р., Лезер Д., Стезей К., Грей М., Венцирл Р. Борьба с насекомыми. *Агроном*. 2008. № 2(20). С. 60-71.

545. Гуляк Н. Хто їстиме нашу кукурудзу. *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 34-36.

546. Ткачова С. Кукурудза та захист посівів від шкідників. *Агробізнес сьогодні*. 2013. № 5. С. 30-36.

547. Гирка Т., Горщук О. Стратегія захисту кукурудзи. *Farmer*. 2015. №4(64). С. 44-46.

548. Байдак Г. Бавовникова совка – багатоїдний шкідник сільськогосподарських культур. *Зерно*. 2015. №7(112). С. 126-127.

549. Дрозда В. Ф., Кочерга М. О., Рябов Ю. Б. Оптимізація біологічного захисту кукурудзи від лускокрилих фітофагів. *Біоресурси і природокористування*. 2012. Том 4., №5-6. С. 60-66.

550. Круть М. Кукурудзяний метелик: небезпека та ефективні заходи захисту. *Пропозиція*. 2013. № 7. С. 96-97.

551. Неверовська Т., Чайка В., Федоренко А. [та ін.]. Багатоїдні шкідники: прогноз розвитку на 2013. *Агробізнес сьогодні*. 2013. №7. С. 54-59.

552. Конверская В. Уничтожает на стадии яйца. Применение трихоргмаммы на кукурузе. *Зерно*. 2015. №12(117). С. 86-90.

553. Пащенко Ю., Кордін О., Березовський С. Продуктивність кукурудзи залежно від строків сівби. *Пропозиція*. 2010. № 9. С. 52-55.

554. Чайка В. М., Мельничук М. Д., Григорюк І. П., Білявський Ю. В. Вплив змін клімату на стан популяції стеблового (кукурудзяного) метелика (Ostrinia Nubilalis Hbn.) в агроценозах кукурудзяно-соєвого поясу Полтавської області. *Аграрна наука і освіта*. 2008. Том 9, №5-6. С. 51-60.

555. Трибель С.О., Стригун О. О., Бахмут О. О., Бойко М. Г. Шкідники кукурудзи. К.: Колобіг, 2009. 52 с.

556. Баннікова К. Весняні шкідники посівів. *Farmer*. 2014. № 5. С. 56-57.

557. Зозуля О. Кукурудзяного стеблового метелика можна перемогти. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 14. С. 37.

558. Баннікова К. В., Кондратенко Л. В. Прогноз поширення багатоїдних шкідників в Київські області. *Агроном*. 2011. № 1(31). С. 40-46.

559. Токар О. П., Орлова О. М. Прогноз фітосанітарного стану та рекомендації щодо захисту основних сільськогосподарських рослин у господарствах України в червні 2011 року. *Хімія. Агрохімія. Сервіс*. 2011. №6-7. С. 10-17.

560. Ľudovít Cagáň. Metodika ochrany proti škodcom kukurice. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Nitra, 2008. 95 p.

561. Джура Н.М. Вплив екологічних чинників на поширення кукурудзяного стеблового метелика в агроценозах кукурудзи в умовах Вінницької області. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки*. Вінниця, 2011. Вип. 7(47). С. 113-119.

562. Науменко Ю. Небезпека у стеблах. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2010. № 8/9. С. 46-47.

563. Круть М.В. Кукурудзяний метелик на полях України. *Хранение и переработка зерна*. 2006. №6. С. 19.

564. Паламарчук В.Д., Шинкарук В.А. Оцінка вихідного матеріалу за комплексом господарсько-цінних ознак при створенні високоврожайних гібридів кукурудзи. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2007. № 31-32. С. 48-51.

565. Паламарчук В.Д., Мазур В.А. Вплив тривалості фенологічних фаз на стійкість кукурудзи до вилягання. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. *Агрономія.* 2009. № 13. С. 358-362.

566. Круть М. В. Ефективная борьба с кукурузным мотыльком. *Настоящий хозяин*. 2008. №4. С. 47-48.

567. Шевченко Ю. Л. Масове розмноження кукурудзяного метелика. *Карантин і захист рослин*. 2004. №11. С. 6-7.

568. Чайка В. М., Адаменко Т. І. Зміна клімату та фітосанітарний стан агроценозів у Лісостепу. *Агроном*. 2008. № 2(20). С. 10-12.

569. Русов В. Д., Глушков А. В., Ващенко В. Н. Астрофизическая модель глобального климата Земли. К.: Наук. думка, 2003. 212 с.

570. Лісовий М. М., Чайка В. М. Ентомологічне різноманіття та його еколого-економічне значення. *Агроекологічний журнал*. 2007. №4. С. 18-24.

571. Банникова К., Банникова А. Как обезопасить царицу полей? Вредители и болезни зерновой кукурузы, организация ее защиты в северной Лесостепи. *Зерно*. 2013. № 9 (90). С. 95-98.

572. Гуляк Н. В. Стебловий кукурудзяний метелик. *Карантин і захист рослин*. 2013. №1. С. 1-3.

573. Банникова К. Совки тревоги нашей. Многоядный вредители в начале лета. *Зерно*. 2015. №6(111). С. 118-119.

574. Довгань С., Гук Т. Бавовникова совка на кукурудзі. *Farmer*. 2010. № 3. С. 72-74.

575. Борзих О. І., Скрипник Н. В., Філатова Н. К., Жуйборода О. В. Моніторинг західного кукурудзяного жука Diabrotica virgifera virgifera Le Conte.

Карантин і захист рослин. 2013. №12. С. 17-20.

576. Буряк цукровий. Прогноз розвитку та розповсюдження шкідників, хвороб і бур'янів у посівах цукрових буряків під час вегетації 2020 р. *Головдержзахист*: веб-сайт. URL: http://agroua.net/plant/catalog/cg-7/c-22/info/cag-365/ (дата звернення 5.02.2023).

577. Киричук І.В., Ткаленко Г.М. Шкідники сходів буряка столового в зоні Полісся України. *Досягнення і перспективи ентомологічних досліджень*: зб. матеріалів доп. учасн. міжнар. наук.-практ. конф. прис. 70-річю з дня заснування кафедри ентомології ім. проф. М.П. Дядечка. Київ: НУБіП України, 2014. С. 112-114.

578. Дрозда В.Ф. Ґрунтові шкідники. Шляхи регулювання чисельності та обмеження шкодочинності на посівах різних сільськогосподарських культур. *Захистрослин*. 2003. № 7. С. 19-22.

579. Саблук В.Т. Шкідники сходів цукрових буряків. Київ: Світ, 2002. 190 с.

580. Киричук І.В. Шкідники сходів буряка столового в Поліссі України. *Захист і карантин рослин*. 2015. Вип. 61. С. 116-127.

581. Киричук І.В. Шкідливий ентомокомплекс буряка столового на ПоліссіУкраїни. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 4. С. 9-12.

582. Саблук В.Т. та ін. Прогноз розвитку та розмноження шкідливої ентомофауни у посівах цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2012. № 2-3. С. 27-29.

583. Трибель С.О., Гетьман М.В., Приходько О.В. Обґрунтування заходів захисту просапних культур від ґрунтоживучих шкідників. *Захист і карантин рослин*.2004. Вип. 50. С. 91-114.

584. Федоренко В.П. Основні шкідники цукрових буряків в Україні та контроль їх чисельності. Київ: Колообіг, 2005. С. 40.

585. Трибель С. О., Гетьман М.В. Контроль чисельності коваликів. *Захист рослин*. 2004. № 1. С. 6-8.

586. Белкот В. Залежність щільності личинок коваликів від температури ґрунту. *Наукові основи виробництва цукрових буряків та інших культур бурякової сівозміни усучасних економічних умовах*. 2008. № 2. С. 57-61.

587. Федоренко В.П., Довгеля О.М. Ковалики на цукрових буряках. Київ. 1999. 32 с.

588. Elateride (*Agriotes obscurus*). *Fitogest*: веб-сайт. URL: https://fitogest.imagelinenetwork.com/it/malattie-piante/malattie-parassiti/insetti/coleotteri-elateridi/elateride-agriotes-obscurus/2308 (дата звернення:7.10.2022)

589. Саблук В.Т. Зміни у технології захисту цукрових буряків від шкідників. *Цукрові буряки*. 2019. № 5. С. 4-7.

590. Мазоренко Д.І., Мазнєв Д.І. Столові буряки: прогресивні технології та нормативи витрат. Харків, 2011. С. 3-12.

591. Дем'янюк М.М. Звичайний буряковий довгоносик. *Карантин і захистрослин*. 2016. № 12. С. 8-9.

592. Саблук В.Т., Федоренко В.П., Смірних В.М. Звичайний буряковий довгоносик – що нас чекає завтра. *Цукрові буряки*. 2011. № 12. С. 12-13.

593. Федоренко В.П., Струкова С.І. Бурякові довгоносики. *Карантин і захист рослин*. 2010. № 1. С. 5-9.

594. Зоря С.Ю., Смірних В.М., Когут Г.С. Вплив агротехнічних прийомів начисельність довгоносиків. *Цукрові буряки*. 2008. № 2. С.14-15.

595. Киричук І.В., Ткаленко Г.М. Захист буряка столового від основних шкідників в Поліссі України. *Інтеграційна система освіти, науки і виробництва в сучасному інформаційному просторі*: збірник матеріалів III Міжнар. наук.-практ. конф. Тернопіль, 2016. С. 31-32.

596. Трибель С.О. та ін. Методики випробування і застосування пестицидів. Київ, 2001. С. 340

597. Киричук І.В. Особливості розвитку бурякової листкової попелиці та біоконтроль її чисельності на посівах буряка столового. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2015. Вип. 22. С. 53-59.

598. Киричук І.В., Ткаленко Г.М. Бурякова листкова попелиця на посівах буряка столового в зоні Полісся України. *Ентомологічні читання пам'яті видатного вченого-ентомолога проф. М. П. Дядечка*: зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. присвяченої 102 річниці від дня народження видатного вченого-ентомолога, доктора біологічних наук, професора Дядечка М.П. Київ: НУБіП України, 2014. С. 74-76.

599. Кроссон Ф., Туссен-Феррейроль Ж. Болезни кукурузы. *Зерно*. 2012. № 6. С. 62-63.

600. Фокін А. Система захисту кукурудзи від шкідників. *Пропозиція*. 2009. №4(166). С. 78-86.

601. Гуляк Н. В., Філіпов Г. Л., Максимов Л. О. Стебловий кукурудзяний метелик регулювання чисельності в посівах кукурудзи на зерно. *Агроном*. 2014. № 2(44). С. 132-134.

602. Окрушко С. Е. Impact of herbicides and growth regulator on corn yield. *Сільське господарство та лісівництво.* 2021. № 2 (21). С. 192-205.

603. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю. Характеристика мікробіологічного та агрохімічного складу органічного добрива Ефлюент. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019 № 4 (15). С. 45-55.

604. Барчукова А., Коваленко О. Кукурудза без стресів. *Пропозиція*. 2013. № 5. С. 74-75.

605. Марченко О., Джура Ю. Посухостійкість і коренева система кукурудзи. *Зерно*. 2014. № 4. С. 64-67.

606. Мокрієнко В. Адаптивні гібриди кукурудзи Roots Power для посушливих умов. *Зерно*. 2015. № 10(115). С. 54-56.

607. Рибка В. С., Ляшенко Н. О., Черчель В. Ю. [та інш.]. Які гібриди кукурудзи вигідніше вирощувати в умовах зони Степу України. *Агроном*. 2007. № 4. С. 50-54.

608. Зозуля О.Л., Паламарчук В.Д. Характеристика самозапилених ліній за комплексом ознак придатності до механізованого вирощування. *Вісник Львівського державного аграрного університету*. *Серія «Агрономія».* 2005. №9. С. 353-357.

609. Дробітько О.М. Особливості формування продуктивності кукурудзи

залежно від просторового і кількісного розміщення рослин в агрофітоценозі в умовах південно-західного Степу. *Корми і кормовиробництво*. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Вінниця, 2008. Вип. 60. С. 62-68.

610. Grzeskowiak A., Jakubowski W. System nawozenia «Police». *Police: Agencia Reklamowa* DCS, 2004. 80 p.

611. Barnas S., Szreder A., Nowakowski M. Buraki cukrowe. Warszawa: *Agro Serwis, Biznes Press*. 2003. 80 c.

612. Заришняк А.С. Продуктивність цукрових буряків залежно від способів внесення мікродобрив. *Цукрові буряки*. 2013. № 1. С. 12-13.

613. Карпук Л.М. Фотосинтетична продуктивність цукрових буряків залежно від густоти насадження рослин. *Агробіологія*. 2013. Вип. 10(100). С. 13-18.

614. Даскин В.Ю., Антонова О.И. Формирование качества урожая при внесении Интермаг Профи Свекла и Интермаг элемент Бор. *Сахарная свекла*. 2013. № 4. С. 24-26.

615. Паламарчук В.Д., Гуць В.О. Вплив розмірів та глибини загортання насіння на прояв морфологічних ознак у гібридів кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 4. С. 94-101.

616. Паламарчук В.Д. Вплив строків сівби на лінійні розміри рослин гібридів зернової кукурудзи. *Наукові горизонти*. 2018. № 2 (65). С. 35-41.

617. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Формування висоти закладання качанів у гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник.* 2018. Вип. 100. Т. 2. С. 26-33.

618. Андрієнко А.Л. Фотосинтетична діяльність та продуктивність нових гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 36-38.

619. Palamarchuk V., Telekalo N. The effect of seed size and seeding depth on the components of maize yield structure. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. Vol. 24, № 5. P. 785-792.

620. Черчель В., Дзюбецький В., Марочко В. Адаптивні властивості кукурудзи. *Пропозиція (інформаційний щомісячник)*. 2014. №3. С. 76-80

621. Паламарчук В.Д. Характеристика гібридів кукурудзи за масою 1000 зерен та продуктивністю залежно від елементів технології. *Вісник Уманського національного університету садівництва.* 2018. № 1. С. 38-42.

622. Паламарчук В.Д. Вплив чинників технології на формування маси 1000 зернин і продуктивності гібридів кукурудзи. 2019. *Агроном*. №4(66). С. 86-92.

623. Москов Н.В., Москова Т.Н., Заец С.С. Морковь посевная. Целебная кладовая Херсонщины: справочник. Херсон: ПКФ «Старт» ЛТД, 2003. 260 с.

624. Хареба В. Вплив густоти рослин на врожайність буряка столового сорту Багряний [Електронний ресурс]. Режим доступу: lnau. lviv. ua / files / visnik 17 (2) agro /17 (2) r2. plod. r3. selecs.pdf Розділ 2. Плодоовочівництво.

625. Енеді К.Л., Садовська Н.П. Урожайність буряка столового залежно від строків висіву. «*Молодий вчений*». 2016. № 2 (29). С. 143-147.

626. Бикіна Н.М. Оптимізація умов живлення моркви столової з використанням мікродобрив за вирощування в лівобережному лісостепу

України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. *Серія: Агрономія.* 2014. Вип. 195(1). С. 20-26.

627. Дудка М., Черчель В., Березовський С. Другий і третій – зайві? *Famer the Ukrainian*. 2015. №6(668) червень. С. 80-82.

628. Паламарчук В.Д. Кількість рядів зерен та зерен у ряді в гібридів кукурудзи залежно від елементів технології. *Новітні агротехнології (Електронний науковий журнал)*. 2017. №5. http://jna.bio.gov.ua/issue/view/7327).

629. Азуркін В.О., Дідур І.М. Особливості вологовіддачі зерна гібридами кукурудзи залежно від норм азотних добрив. *Корми і кормовиробництво*. 2010. №67. С. 201-204.

630. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив позакореневих підживлень на рівень передзбиральної вологості зерна гібридів кукурудзи. Зрошувальне землеробство. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон, 2018. Вип. 69. С. 58-63.

631. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив строків сівби на рівень передзбиральної вологості зерна гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 4. С. 81-88.

632. Терьохіна Л.А. Вирощування моркви у різних ґрунтово-кліматичних зонах України. *Овочі та фрукти*. 2019. № 9(118). С. 23-27.

633. Мойсейченко В. Ф. Основи наукових досліджень у плодівництві, овочівництві, виноградарстві та технології зберігання плодоовочевої продукції. К.: УМКВО, 1992. 344 с.

634. Стефанюк Г. С. Оптимальне живлення – високий урожай коренеплодів моркви. *Вчені ЛДАУ виробництву*. 2006. Вип. VI. С. 36-37.

635. Стефанюк А. С., Лищак Л. П. Удобрение моркови в условиях Львовской области. *Рациональное использование удобрений при интенсивном земледелии в условиях западных регионов Украины*. Львов, 1997. С.13-17.

636. Зимовець В. Фінансове забезпечення інноваційного розвитку економіки. *Економіка України*. 2007. № 11. С. 9-16.

637. Логоша Р.В., Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю. Економічна та біоенергетична ефективність використання дигестату біогазових станцій при вирощуванні сільськогосподарських та овочевих культур в умовах євроінтеграції України. *Бізнес Інформ*. 2022. № 9. С. 40-52.

638. Лупенка Ю. О., Месель-Веселяка В. Я. Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року. К.: ННЦ «ІАЕ», 2012. 182 с.

639. Ковальчук О.В. Економічна ефективність виробництва продукції рослинництва. *Розвиток економіки, підприємництва, торгівлі та біржової діяльності в умовах глобалізації*. 2018. № 15. С. 58-63.

640. Прогресивні технології та нормативи витрат на вирощування овочевих культур [Д. І. Мазоренко, Л. М. Тіщенко, Г. Є. Мазнєв та ін.]; за ред. П. Т. Саблука та ін. [2-ге вид.]. Х.: Майдан, 2012. 339 с.

641. Черненко Ю.Ю. Економічна ефективність застосовуваних технологій виробництва продукції основних овочевих культур відкритого ґрунту. *Вісник ХНАУ*. Серія: Економічні науки. № 4. 2015. С. 109-115.

642. Пархомець М. К., Уніят Л.М. Інноваційні методи управління виробництва зерна кукурудзи у сільськогосподарських підприємствах. *Економічний аналіз.* 2018. Т. 28. № 3. С. 176-183.

643. Непочатенко О. О. Фінанси підприємств: підручник. Умань: Сочінський, 2012. 501 с.

644. Логоша Р. В., Мазур К. В., Кричковський В. Ю. Маркетингове дослідження ринку овочевої продукції в Україні: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2021. 344 с.

645. Паламарчук В.Д. Економічна оцінка гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 1 (12). С. 18-27.

646. Кабак К. М. Шляхи підвищення економічної ефективності виробництва сільськогосподарських культур на підприємстві. *Перспективні напрямки розвитку економіки, обліку, управління та права: теорія і практика*. 2018. № 2. С. 56-65.

647. Тараріко Ю.О., Несмашна О.Є, Глущенко Л.Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур: метод. рек. Київ: Нора-прінт, 2001. 60 с.

648. Вожегова Р., Гальченко Н., Котельников Д., Малярчук В. Енергетична ефективність технології вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях Півдня України. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2021. Вип. 28. С. 272–281.

649. Каменщук Б.Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 85-92.

650. Амонс С.Е., Красняк О.П. Виробництво овочів в Україні: стан, проблеми та перспективи розвитку галузі. *Сільське господарство та лісництво.* 2021. № 20. С. 97-116.

651. Логоша Р. В., Підвальна О. Г., Кричковський В. Ю. Методологія і методика оцінювання процесів використання та відтворення родючості ґрунту в овочівництві. *Бізнес Інформ*. 2018. № 10. С. 177-187.

652. Бойко П.І., Коваленко Н.П., Гангур В.В., Корецький О.Є. Енергетичні засади ефективного використання ресурсів у сільському господарстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 3. С. 14-18.

653. Енергетична оцінка агроекосистем: навч. посіб. / О. Ф. Смаглій, А. С. Малиновський, А. Т. Кардашов та ін. Житомир: Волинь, 2004. 229 с.

654. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю. Ефективність використання дигестату при вирощуванні моркви та буряків столових. *Корми і кормовиробництво.* 2020. Випуск 90. С. 68-82.

655. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Біоенергетична оцінка технології вирощування гібридів кукурудзи залежно від факторів впливу. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво.* 2019. № 107. С. 137-144.

656. Васюта В. В. Біоенергетична ефективність вирощування буряка

столового за краплинного зрошення в Південному регіоні України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки.* 2016. № 96. С. 17-21.

657. Тараріко Ю. Системи біоенергетичного аграрного виробництва. Київ: ДІА, 2009. 16 с.

658. Гангур В. В., Коваленко Н. П. Ефективне розміщення зернових культур у сівозмінах Лісостепу. Вісник аграрної науки. 2003. № 4. С. 35-37.

ДОДАТКИ

Додаток А

Характеристика метеорологічних умов за 2019-2021 рр.

(за даними Вінницької метеостанції)

Місяць	Декада	Середньомісячна температура повітря, °С				Опади, мм			
		2019 р.	2020 р.	2021 р.	Середньо-багаторічна	2019 р.	2020 р.	2021 р.	Середньо-багаторічна
Квітень	I	8,4	8,3	5,8	7,5	0,8	0	19	6,6
	II	6,6	7,8	8,2	7,5	28	10	8	15,3
	III	12,8	11,4	8,3	10,8	9	22	15	15,3
	За місяць	**9,3**	**9,2**	**7,4**	**8,6**	**37,8**	**32**	**42**	**37,3**
Травень	I	10,8	11,7	12.6	11,7	69	45	16	43,3
	II	17,1	13,0	14,4	14,8	58	25	47,5	43,5
	III	18,3	10,3	15,4	14,6	17	66	64,5	49,2
	За місяць	**15,4**	**11,7**	**14,1**	**13,7**	**144**	**136**	**128**	**136**
Червень	I	20,2	17,3	16,5	18	48	8	7,5	21,2
	II	23,4	21,9	24,3	18,1	9	21	35	21,7
	III	21,3	21,4	23,6	22,1	31	39	19	30
	За місяць	**21,6**	**20,2**	**22,5**	**21,4**	**88**	**68**	**61,5**	**72,5**
Липень	I	18,8	20,6	22	20,5	9	17	25	17
	II	16,6	19,1	24,8	20,2	22	7	6,5	11,8
	III	21,6	21,3	22,1	21,7	7	6	70	27,7
	За місяць	**19,0**	**20,3**	**23**	**20,8**	**38**	**30**	**101,5**	**56,5**
Серпень	I	18,6	20,8	21,3	20,2	9	3	17	9,7
	II	20,6	19,9	20,4	20,3	0,2	0	19	6,4
	III	21,3	20,5	17,8	19,9	0	25	23	8,4
	За місяць	**20,2**	**20,4**	**19,8**	**20,1**	**9,2**	**28**	**59**	**32**
Вересень	I	19,2	19,4	13,7	17,4	0,1	8	0,4	2,8
	II	14,4	16,7	15,6	15,6	3	0,4	3,5	2,3
	III	12,1	15,8	10,5	12,8	25	38	15	26
	За місяць	**15,2**	**17,3**	**13,3**	**15,3**	**28,1**	**46,4**	**19**	**31,2**
Жовтень	I	9,7	15,8	8	11,2	24	52	0	16,3
	II	13,5	10,8	7,8	10,7	0	21	0	7
	III	7,9	10,1	7,8	8,6	0	2	0	0,6
	За місяць	**10,4**	**12,2**	**7,8**	**10,1**	**24**	**75**	**0**	**33**
В цілому за вегетаційний період		**15,8**	**15,9**	**15,4**	**15,7**	**369,1**	**415,4**	**411**	**398,5**

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ
ОРГАН З СЕРТИФІКАЦІЇ ТОВ 'ДП "ЖИТОМИРСТАНДАРТ'

Серія СВ

СЕРТИФІКАТ ВІДПОВІДНОСТІ

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ/CERTIFICATE OF CONFORMITY

Зареєстровано в Реєстрі органу з сертифікації за № UA.178.0146-18
Зарегистрирован в Реестре органа по сертификации
Registered at the Record of certification body

Строк дії з — **25.05.2018 р. до 24.05.2019 р.**
Срок действия с
Term of validity is from

20.15.80
код ДКПП,
код ГКПУ,
DKPP code

Продукція
Продукция
Production
— **Сировина для органічного добрива 'ЕФЛЮЄНТ'**

Відповідає вимогам
Соответствует требованиям
Comply with the requirements
— **ТУ У 20.1-38731462-001:2018 'Сировина для органічного добрива 'ЕФЛЮЄНТ'. Технічні умови', п. 3.3.2, таблиця 2 (масова концентрація домішок токсичних елементів)**

Виробник (и) продукції
Изготовитель (и) продукции
Producer (s)
— **ТОВ 'СУБЕКОН', Україна, 23320, Вінницька обл., Тиврівський р-н, с.м.т. Сутиски, вул. Жовтнева, буд. 51, код ЄДРПОУ 38731462**

Сертифікат видано
Сертификат выдан
Certificate is issued on
— **ТОВ 'СУБЕКОН', Україна, 23320, Вінницька обл., Тиврівський р-н, с.м.т. Сутиски, вул. Жовтнева, буд. 51, код ЄДРПОУ 38731462**

Додаткова інформація
Дополнительная информация
Additional information
— **Продукція, що виготовляється серійно з 25.05.2018 р. до 24.05.2019 р. З урахуванням гарантійного терміну зберігання. Технічний нагляд один раз за період дії сертифіката.**

Сертифікат видано органом з сертифікації
Сертификат выдан органом по сертификации
Certificate is issued by the certification body
— **ОС ТОВ 'ДП "ЖИТОМИРСТАНДАРТ', Україна, 10003, м. Житомир, вул. Перемоги 13, тел. (044) 569-66-88, e-mail: cert@rish.com.ua**

На підставі
На основании
On the grounds of
— **протоколу сертифікаційних випробувань № 1774 від 25.05.2018 р., виданого ВЛ ПП 'Незалежний центр лабораторних досліджень 'ЕТАЛОН', Атестат акредитації № 2Н846 від 10.03.2015 р. до 09.03.2020 р.**

Заступник директора органу з сертифікації — М.П.

підпис

П.Р. Мітюшов
(ініціали, прізвище)

Чинність сертифіката відповідності можна перевірити в реєстрі ОС за тел. (044) 569-66-88

ДКПП 20.15.80 УКНД 65.080

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор
ТОВ «СУБЕКОН»
_____ А.О. Чемес
«02» травня 2018 р.

СИРОВИНА ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО ДОБРИВА «ЕФЛЮЄНТ»

Технічні умови

ТУ У 20.1-38731462-001:2018

ВНЕСЕНО ДО БАЗИ ДАНИХ «ТЕХНІЧНІ УМОВИ УКРАЇНИ» USM 099

(Уведено вперше)

Дата надання чинності «24» 05, 2018 р.
Без обмеження строку чинності

МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ
Державне підприємство
«Тернопільський науково-виробничий центр стандартизації метрології та сертифікації»
ДП «Тернопільстандартметрологія»
Ідентифікаційний код 02568319
ПЕРЕВІРЕНО
на відповідність законодавству України
«24» травня 2018 р.
02568319
Внесено до книги обліку за № 002061

РОЗРОБЛЕНО
Директор
ТОВ «СУБЕКОН»
_____ А.О. Чемес
«02» травня 2018 р.

ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 144732

БІООРГАНІЧНЕ ДОБРИВО "ЕФЛЮЕНТ"

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі України корисних моделей **26.10.2020.**

Генеральний директор
Державного підприємства
«Український інститут
інтелектуальної власності» А.В. Кудін

«УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ» Ідентифікаційний код 31032378

Додаток Б₂

УКРАЇНА

ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 143495

СПОСІБ ОТРИМАННЯ БІООРГАНІЧНОГО ДОБРИВА "ЕФЛЮЕНТ"

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **27.07.2020.**

Заступник Міністра розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України Д.О. Романович

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ • Ідентифікаційний код 37509559

Додаток $В_1$

Технологічна карта вирощування кукурудзи Кампоні КС та підрахунок виробничих витрат на 1 га, 2021 рік

Види робіт	С-г техніка (Енергомашина +агрегат)	Вартість матеріальних ресурсів, грн				Оплата праці, грн.	Інші витрати (амортизація ремонт, тощо), грн.	Виробничі витрати, грн.
		Паливо-мастильні матеріали	Насіння	Засоби захисту	Добрива, біологічні інокулянти			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Внесення біоорганічного добрива "Ефлюент", 55,0 т/га	МТЗ-82 + МВУ-0,6	133,6	-	-	5500,0	24,0	143,0	5800,6
Дискування	Т-150 + БДП-3,5	480,9	-	-	-	35,0	143,0	658,9
Оранка	МТЗ-82 + ПН 5-35	534,3	-	-	-	120,0	143,0	797,3
Закриття вологи	МТЗ-82 + СЗБ-8	80,1	-	-	-	20,0	143,0	243,1
Культивація передпосівна	МТЗ-82 + КПС-4.2	138,9	-	-	-	35,0	143,0	316,9
Посів (з добривами)	МТЗ-82 + оренда сівалки	267,2	5000,0	-	1400,0	60,0	593,0	7320,2
Коткування	Т 150 + КВГ-1.4(3)	374,0	-	-	-	-	143,0	537,0
Всього за період підготовка ґрунту−сівба		2009,0	5000,0	-	6900,0	314,0	1450,7	15673,7
1-ше внесення гербіциду (Основа, 2,5 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	96,2	-	750,0	-	-	143,0	989,2
1-ше внесення інсектициду (Карате Зеон, 0,3 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	96,2	-	180,0	-	20,0	143,0	419,2
2- ге внесення інсектициду (Карате Зеон, 0,3 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	96,2	-	180,0	-	-	143,0	419,2
Внесення мінеральних добрив (сульфат амонію)	МТЗ-82 + МВУ-0,6	133,6	-	-	700,0	-	143,0	976,6
2-ге внесення гербіциду (Хамер, 0,03 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	96,2	-	110,0	-	-	143,0	349,2
3-тє внесення гербіциду (Мілагро, 1,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	96,2	-	180,0	-	-	143,0	419,2

Продовження додатку $В_1$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позакореневе підживлення посівів кукурудзи (Хелат цинку, 1,5 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	96,2	-	-	202,5	-	143,0	441,7
Всього за період догляд за посівами		710,8	-	1400,0	902,5	-	1000,7	4014,0
Збирання культури	Оренда комбайна	-	-	-	-	-	1043,0	1043,0
Відвезення зерна (11,6 т)	ГАЗ-53	552,6	-	-		90,0	143,0	785,5
Орендна плата	-	-	-	-	-	-	4943,0	4943,0
Всього за період збирання		552,5	0,0	0,0	0,0	90,0	6128,9	6771,4
РАЗОМ ТЕХНОЛОГІЯ		3272,3	5000,0	1400,0	7802,5	404,0	8580,2	26459,0

Додаток $В_2$

Технологічна карта вирощування моркви посівної Болівар F1 та підрахунок виробничих витрат на 1 га, 2021 рік

Види робіт	С-г техніка (Енергомашина +агрегат)	Вартість матеріальних ресурсів, грн.					Оплата праці, грн.	Амортизація ремонт, страхові та ін. витрати, грн.	Виробничі витрати, грн.
		Паливо-мастильні матеріали	Насіння	Засоби захисту	Добрива, біологічні інокулянти	Крапельне зрошення			
1	2	3	4	5	6	7	8		9
Знищення бур'янів (Гліфат, 4,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	440,0	-	-	150,0	210,2	853,6
Внесення вапна гранульованого	МТЗ-82 + МВУ-0,6	160,3	-	-	1160,0	-	40,0	217,8	1578,1
Внесення біоорганічного добрива «Ефлюент», 55,0 т/га	МТЗ-82 + МВУ-0,6	160,3	-	-	5500,0	-	40,0	3568,9	9269,2
Дискування	МТЗ-82 + БДТ-6	534,3	-	-	-	-	35,0	157,2	726,5
Оранка	МТЗ-82 + ПН 5-35	534,3	-	-	-	-	120,0	205,9	860,2
Закриття вологи	МТЗ-82 + СЗБ-8	80,1	-	-	-	-	20,0	320,3	420,4
Внесення мінеральних добрив (Карбамід)	МТЗ-82 + МВУ-0,6	80,1	-	-	1800,0	-	24,0	291,9	2196,0
Культивація передпосівна	МТЗ-82 + КПС-4.2	187,0	-	-		-	70,0	71,9	328,9
Нарізання гряд	МТЗ-82 + грядоутворювач	935,0	-	-	-	-	300,0	192,5	1427,5
Посів (з добривами)	МТЗ-82 + Агрікола СН-130	427,4	24000,0	-	1050,0	-	300,0	2372,7	28453,6
Розкладання крапельної стрічки	-	-	-	-	-	14000,0	-	-	14000,0
Полив культури, 110 днів	Фільтростанція	-	-	-	-	17600,0	-	303,5	17600,0
Всього за період підготовка ґрунту−сівба		3152,4	24000,0	440,0	9510,0	31600,0	1099,0	7912,8	77714,0
1-ше внесення гербіциду (Стомп 330, 4,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	1480,0	-	-	150,0	510,6	2194,0

Продовження додатку $В_2$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2-ге внесення гербіцидів (Гезагард, 0,5 л/га + Рейсер, 0,1 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	230,0	-	-	150,0	358,4	791,8
3-тє внесення гербіцидів (Гезагард, 0,7 л/га + Рейсер, 0,2 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	355,0	-	-	150,0	368,5	926,9
4-те внесення гербіциду Тарга Супер, 3,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	1200,0	-	-	150,0	468,6	1872,0
5-те внесення гербіцидів (Зенкор Ліквід, 0,5 л/га + Рейсер, 0,2 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	670,0	-	-	150,0	372,6	1246,0
1-ше внесення інсектициду (Децис ф-люкс, 0,3 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	117,0	-	-	150,0	349,3	669,7
2- ге внесення інсектицидів (Децис, 0,3 л/га + Конфідор, 1,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	1337,0	-	-	150,0	349,3	1889,7
1-ше внесення фунгіциду (Косайд, 2,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	1000,0	-	-	150,0	438,6	1642,0
2-ге внесення фунгіциду (Натіво, 0,35 л/га + Меро (ПАР), 0,4 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	1064,0	-	-	150,0	435,6	1703,0
3-тє внесення фунгіциду (Натіво, 0,35 л/га + Меро (ПАР), 0,4 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	1064,0	-	-	150,0	435,6	1703,0
4-те внесення фунгіциду (Луна Е, 0,75 л/га + Меро (ПАР), 0,4 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	2184,0	-	-	150,0	603,6	2991,0
5-те внесення фунгіциду (Сігнум, 1,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	1900,0	-	-	150,0	573,6	2677,0
6-те внесення фунгіциду (Сігнум, 1,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	1900,0	-	-	150,0	573,6	2677,0
Всього за період догляд за посівами		694,6	-	14501,0	-	-	-	5837,9	22983,4
Збирання коренеплодів в технічній стиглості	Кейс ІН Максум 140 + Аса-Ліфт СМ 100	488,9	-	-	-	-	300,0	1155,3	2021,9
Відвезення коренеплодів (61,6 т)	ГАЗ-53	633,2	-	-	-	-	300,0	1106,4	1953,1
Всього за період збирання		1122,1	-	-	-		600	2261,7	3975,0
РАЗОМ ТЕХНОЛОГІЯ		4969,1	24000,0	14941,0	9510,0	31600,0	3649,0	16012,4	104681,5

Додаток $В_3$

Технологічна карта вирощування буряку столового Кестрел F1 та підрахунок виробничих витрат на 1 га, 2021 рік

Види робіт	С-г техніка (Енергомашина + агрегат)	Вартість матеріальних ресурсів, грн.					Оплата праці, грн.	Амортизація ремонт, страхові та ін. витрати, грн.	Виробничі витрати, грн.
		Паливо-мастильні матеріали	Насіння	Засоби захисту	Добрива, біологічні інокулянти	Крапельне зрошення			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Знищення бур'янів (Гліфат, 4,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	440	-	-	150	430,6	1074,1
Внесення вапна гранульованого	МТЗ-82 + МВУ-0,6	160,3	-	-	1160	-	40	380,4	1740,7
Внесення біоорганічного добрива «Ефлюент», 55,0 т/га	МТЗ-82 + МВУ-0,6	160,3	-	-	5500	-	40	3568,9	9269,2
Дискування	МТЗ-82 + БДТ-6	534,3	-	-		-	35	319,8	889,1
Оранка	МТЗ-82 + ПН 5-35	534,3	-	-		-	120	368,5	1022,8
Закриття вологи	МТЗ-82 + СЗБ-8	80,1	-	-		-	20	482,8	583,0
Внесення мінеральних добрив (Карбамід)	МТЗ-82 + МВУ-0,6	80,1	-	-	1800	-	24	454,5	2358,6
Культивація передпосівна	МТЗ-82 + КПС-4.2	187,0	-	-		-	70	234,5	491,5
Нарізання гряд	МТЗ-82 + грядоутворювач	935,0	-	-		-	300	355,1	1590,1
Посів (з добривами)	МТЗ-82 + Агрікола СН-130	427,4	13800	-	1050	-	300	2166,2	17743,6
Розкладання крапельної стрічки	-	-	-	-	-	14000	-	-	14000,0
Полив культури, 110 днів	Фільтростанція	-	-	-	-	17600	-	466,1	18066,1
Всього за період підготовка ґрунту−сівба		3152,4	13800,0	440,0	9510,0	31600,0	1099,0	9227,3	68828,7
1-ше внесення гербіцидів (Дуал Г, 1,6 л/га + Голтікс Г, 3,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	3550,0	-	-	150,0	460,6	4214,1
2-ге внесення гербіцидів (Бетанал Е, 1,30 л/га + Карібу, 0,03 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	1040,0	-	-	150,0	484,6	1728,1

Продовження додатку В3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3-тє внесення гербіцидів (Бетанал Е, 1,30 л/га + Карібу, 0,03 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	1040,0	-	-	150,0	484,6	1728,1
4-те внесення гербіцидів (Центуріон, 1,0 л/га + Аміго С, 3,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	2180,0	-	-	150,0	619,6	3003,1
5-те внесення гербіцидів (Бетанал Е, 1,30 л/га + Карібу, 0,03 л/га + Голтікс Г, 1,5 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	2495,0	-	-	150,0	484,6	3183,1
6-те внесення гербіциду (Лонтрел 300)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	750,0	-	-	150,0	477,1	1430,6
1-ше внесення інсектициду (Децис Профі, 0,05 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	80,0	-	-	150,0	376,6	660,1
2- ге внесення інсектицидів (Децис П, 0,05 л/га + Конфідор, 1,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	1300,0	-	-	150,0	376,6	1880,1
1-ше внесення фунгіциду (Косайд, 2,0 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	1000,0	-	-	150,0	514,6	1718,1
2-ге внесення фунгіциду (Амістар Г, 0,6 л/га + Ліпосам 0,2 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	563,0	-	-	150,0	445,6	1212,1
3-тє внесення фунгіциду (Фалькон, 0,6 л/га + Ліпосам 0,2 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	503,0	-	-	150,0	436,6	1143,1
4-те внесення фунгіциду (Фалькон, 0,6 л/га + Ліпосам 0,2 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	503,0	-	-	150,0	436,6	1143,1
5-те внесення фунгіциду (Луна Е, 0,75 л/га + Ліпосам 0,2 л/га)	МТЗ-82 + ОПШ-2,4-21	53,4	-	2123,0	-	-	150,0	679,6	3006,1
Всього за період догляд за посівами		694,6	-	17127,0	-	-	1950,0	6277,8	26049,4
Збирання коренеплодів в технічній стиглості	Кейс ІН Максум 140 + Аса-Ліфт СМ 100	488,9	-	-	-	-	300,0	1319,5	2108,4
Відвезення коренеплодів (88,8 т)	ГАЗ-53	751,6	-	-	-	-	300,0	1248,9	2300,5
Всього за період збирання		1240,5	-	-	-	-	600,0	2568,4	4408,9
РАЗОМ ТЕХНОЛОГІЯ		5087,5	13800,0	17567,0	9510,0	31600,0	3649,0	18073,5	99287,0

ТОВ «ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ»

01021, м. Київ, Клівський Узвіз, будинок 13, офіс 25

Тел. (044)594 38 85

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Генеральний директор

ТОВ «ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ»

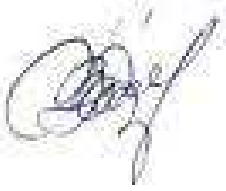
М.В. Пірогов

«__» _____ 2019 р.

ЗВІТ

ПРО РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗРАЗКІВ РІДКОГО ГНОЮ З ВИЗНАЧЕННЯ ПАТОГЕННОЇ МІКОФЛОРИ ЗГІДНО АКТУ № 1 ВІД 20 ЛЮТОГО 2019 р.

Науковий консультант з питань захисту рослин, біолог-дослідник, канд. біол. наук



Т.С. Вінтнчук

Відповідальний виконавець, міколог

Л.М. Пармінська

ЗВІТ
ПРО РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗРАЗКІВ РІДКОГО ГНОЮ З ВИЗНАЧЕННЯ ПАТОГЕННОЇ МІКОФЛОРИ

В біолабораторію ТОВ «ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ» було надано 2 зразки рідкого гною для аналізу на вміст та видовий склад патогенних мікроорганізмів (Акт відбору зразків №1 від 20 лютого 2019 року. Зразки відібрані директором ТОВ «Органік-Д» Кричковським Вадимом Юрійовичем. Місце відбору: Біогазова установка ТОВ «СУБЕКОН», Вінницька обл., Тиврівський р-н., смт. Сутиски).

Умови та методики досліджень. Дослід був закладений 25.02.2019 року.

Аналіз мікофлори зразків проводили методом грунтових розведень Ваксмана (Waksman, 1916; Литвинов, 1969; Наумов, 1937). Для культивування грибів використовували картопляний агар із глюкозою, який готували за методикою Наумова (1937). Виділення грибів із зразків рідкого гною в чисті культури та визначення видового складу проводили в біолабораторії ТОВ «Інститут прикладної біотехнології». Результати досліджень наведені в табл. 1.

Таблиця 1. - Кількість грибів у зразках рідкого гною (25.02.2019 р.)

№ зразку	Зміст варіанту	Всього, тис/г	у т. ч.				Гриби-антагоністи		Токсиноутворювальні види грибів	
			Патогенні види		Сапротрофні види					
			тис/г	%	тис/г	%	тис/г	%	тис/г	%
1	Переброджений	193,8	12,6	6,4	181,2	93,6	6,2	3,2	31,2	16,1
2	Не переброджений	118,8	79,2	66,7	39,6	33,3	11,3	9,5	101,8	85,7

За результатами досліджень встановлено, що загальна кількість грибів у зразках варіювала в межах від 118,8 до 193,8 тис/г.

За результатами проведеного мікологічного аналізу зразків було виділено 52 ізолята. Серед них визначено 8 видів грибів, які належали до 5 родів – ***Penicillium*** (*Penicillium janczewskii* Zaleski, *P. raciborskii* Zaleski, *P. simplicissimum* (Oudem.) Thom, *P. chryzogenum* Thom), ***Acremonium*** (*Acremonium Killense* Grutz), ***Aspergillus*** (*Aspergillus flavus*), ***Alternaria*** (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.), ***Fusarium*** (*Fusarium oxysporum* (Schlecht.)Snyd. et Hans).

Із 8 видів грибів, які зустрічались у досліді, до патогенних належали 3 види – *Aspergillus flavus, Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. та *Fusarium oxysporum* (Schlecht.)Snyd. et Hans).

Кількість патогенних грибів становила 6,5% (зразок 1-перебродженний) до 66,7% (зразок 2- непереброджений).

Встановлено видовий склад патогенних грибів. У зразку № 1 (перебродженний) спостерігались патогенні види із роду *Alternaria* і *Fusarium у невеликій кількості* - по 3,2%. У зразку № 2 (не перебродженний) кількість патогенних видів грибів була високою і становила 66,7% (із роду *Fusarium* – 9,5%, із роду *Aspergillus* – 57,2%) (табл. 2).

Таблиця 2. – Родове співвідношення патогенної мікофлори у представлених зразках (25.02.2019 р.)

№ зразків	Зміст варіанту	Всього патогенних грибів		У тому числі із родів, %		
		тис/г	%	*Fusarium*	*Alternaria*	*Aspergillus*
1	Перебродженний	12,6	6,4	3,2	3,2	0
2	Не перебродженний	79,2	66,7	9,5	0	57,2

Aspergillus flavus - патогенний гриб-сапрофіт з роду *Aspergillus*. *Aspergillus flavus* поряд з іншими грибами роду *Aspergillus* - причина аспергіллезу - мікозу, який найчастіше (в 90% випадків) вражає дихальні шляхи. Рідше страждають серцево-судинна система (міокардит, перикардит -

запальні захворювання серця), центральна нервова система (абсцеси головного мозку, менінгіт). Імунокомпетентні, тобто з достатньою імунною відповіддю, особи можуть бути носіями інфекції без активної симптоматики. Тривала дія антигенів *Aspergillus flavus* викликає алергічну реакцію, що призводить до алергічного риніту, алергічного бронхолегеневого аспергільозу або бронхіальної астми. Одне з найнебезпечніших захворювань, пов'язаних з *Aspergillus flavus*, - аспергілема легень, при якому колонія гриба поселяється в порожнині легенів. У міру прогресування мікозу міцелій гриба проростає в судинні стінки, утворюючи ділянки некрозу (омертвіння). Можливий розвиток гострого інвазивного аспергільозу, гострого легеневого аспергільозу, аспергільозного трахеобронхіту.

Факультативні патогени із роду *Fusarium*, а саме *Fusarium oxysporum* (Schlechl.) Snyd. et Hans - збудник фузаріозної кореневої гнилі та продуцент фітотоксинів.* Із роду *Alternaria* спостерігався патогенний вид *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., який викликає чорну плісняву та альтернаріоз. Виділений гриб *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. виділяє небезпечні токсини альтернаріол і тенуазонову кислоту, які мають сильну фітотоксичну дію на вегетуючі рослини.

Серед **сапротрофних грибів** відмічено види із роду *Penicillium* (*Penicillium janczewskii* Zaleski, *P. raciborskii* Zaleski, *P. simplicissimum* (Oudem.) Thom, *P. chrysogenum* Thom); із роду *Acremonium* (*Acremonium Kiliense* Grutz).

У зразку № 1 (перебродженний) кількість сапротрофних грибів із роду *Penicillium* була 87,1%, із роду *Acremonium* – 6,5%.

У зразку № 2 (не перебродженний) кількість сапротрофних грибів із роду *Penicillium* знижувалась до 33,3%. Сапротрофних грибів із роду *Acremonium* не спостерігалось. (табл. 3).

Таблиця 3. – Родове співвідношення сапротрофної мікофлори у представлених зразках (25.02.2019 р.)

№ зразка	Зміст варіанту	Всього сапротрофних грибів		У тому числі з родів, %	
		тис/г ґрунту	%	*Penicillium*	*Acremonium*
1	Перебродженний	181,2	93,6	87,1	6,5
2	Не перебродженний	39,6	33,3	33,3	0

Із токсиноутворювальних видів спостерігались *Penicillium janczewskii* Zaleski, *Penicillium chrysogenum* Thom, *Aspergillus flavus*, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Fusarium oxysporum* (Schlecht.)Snyd. et Hans). Висока кількість токсиноутворювальних грибів була у зразку № 2 (не перебродженний) – 85,7%. У зразку № 1 (перебродженний) відсоток токсиноутворювальних грибів був нижчим -16,1%.

Таким чином, у перебродженому зразку була значно нижчою кількість патогенних грибів – 6,4% та токсиноутворювальних грибів - 16,1%, порівняно до неперебродженого - 66,7 та 85,7% відповідно.

PLT
Prime Lab Tech

Місцезнаходження лабораторії:
вул. Київський шлях, 115-В,
с. Велика Олександрівка, Бориспільський р-н,
Київської обл., 08320

Контакти:
www.plt.land
office@plt.land
0 800 40 1268 – відділ по роботі з замовниками (безкоштовно для всіх операторів)
+380 67 238 45 58 – завідуючий лабораторії

ilac-MRA
National Accreditation Agency of Ukraine
№2Н1741
ДСТУ ISO/IEC 17025

Протокол випробування № 2071
від 14 червня 2019 р.

Замовник: ТОВ «ОРГАНІК-Д»
Адреса замовника: 23320, ВУЛ. ЖОВТНЕВА, БУД. 118, СМТ. СУТИСКИ, ТИВРІВСЬКИЙ РАЙОН, ВІННИЦЬКА ОБЛАСТЬ
Місце відбору зразків: СМТ. СУТИСКИ
Дата відбору зразків: 10.06.19

Стан зразків: відповідний
Дата надходження в лабораторію: 11.06.19
Період проведення випробувань: 12.06.19 – 14.06.19

Назва зразків:

1. Поле № 1 30га – зразки – 1.1 – 1.6
2. Поле № 2 Демо – зразки - 2.1 – 2.2
3. Поле № 3 Цілина – зразки – 3.1 – 3.4

Назва зразка	Назва показника, одиниці виміру								
	pH обмінна	pH гідролітична ммоль/100г	Масова частка вуглецю, %	N (NH_4) мг/кг	N (NO_3) мг/кг	N (NH_4+NO_3) мг/кг	P_2O_5 мг/кг	K_2O мг/кг	S_s мг/кг
1.1	5,0	1,63	0,9	15,5	1,3	16,8	68,4(к)	76,8(к)	3,9
1.2	4,5	1,90	0,9	13,6	1,4	15,0	58,2(к)	82,7(к)	<1*
1.3	4,8	2,52	1,0	15,6	2,2	17,8	127,2(к)	139,0(к)	<1*
1.4	4,4	4,05	1,9	13,7	1,2	14,9	70,1(к)	112,3(к)	2,4
1.5	4,5	3,05	0,9	13,4	1,3	14,7	63,5(к)	96,3(к)	2,0
1.6	4,9	1,70	0,6	13,0	0,8	13,8	67,2(к)	112,9(к)	4,1
2.1	6,3	1,28	2,0	15,6	31,9	47,5	662,7(ч)	1180,5(ч)	12,1
2.2	6,2	1,26	1,6	15,2	28,2	43,4	377,9(ч)	801,5(ч)	6,9
3.1	5,4	4,05	4,3	21,5	7,5	29,0	165,8(к)	160,0(к)	6,1
3.2	4,8	3,63	1,7	22,6	1,7	24,3	43,7(к)	124,8(к)	2,5
3.3	5,8	1,67	3,1	21,8	7,4	29,2	41,3(ч)	109,7(ч)	9,3
3.4	5,6	3,26	4,9	21,8	31,8	53,6	44,4(ч)	96,1(ч)	9,2

<1 - межі кількісного визначення методу, (S – межа кількісного визначення 1мг/кг).*

За ДСТУ 4289:2004 коефіцієнт переведення масової частки вуглецю %, на органічну речовину залежить від типу ґрунту і становить для:

- дерново-підзолистих ґрунтів	*2,09*
- сірих лісових ґрунтів	*2,05*
- чорноземів	*1,88*
- каштанових ґрунтів	*1,97*
- бурих лісових ґрунтів	*2,06*

Визначення рухомих сполук фосфору та калію за методом:
(к) – Кірсанова
(ч) – Чирикова

Методи визначення:
Пробопідготовка – згідно ДСТУ ISO 11464:2007. Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу.
Органічної речовини – згідно ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини.
Рухомих сполук фосфору та калію – згідно ДСТУ 4405:2005. Якість ґрунту. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА. ДСТУ 4115-2002 Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова.
Нітратного азоту – згідно ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О.Н.Соколовського.
Обмінного амонію – згідно ГОСТ 26489 – 85. Ґрунти. Визначення обмінного амонію за методом ЦІНАО.
pH - згідно ГОСТ 26483-85. Ґрунти. Приготування сольової витяжки і визначання її pH за методом ЦІНАО.
Рухомої сірки – згідно з ГОСТ 26490-85. Ґрунти. Визначення рухомої сірки за методом ЦІНАО.
pH гідролітичної – згідно ДСТУ 7537:2014. Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності.

Примітки:

1. *Результати вимочень подані у перерахунку на повітряно-сухий стан ґрунту.*
2. *Результати випробувань стосуються лише тих зразків ґрунту, які були надані на випробування і зазначені у вступних даних протоколу випробувань.*
3. *Без письмової згоди протоколи випробувань поширюються частинами.*
4. *Відтворювання протоколу випробувань частково або повністю не можливе без письмового дозволу лабораторії.*

Затверджую:
Завідуючий лабораторії ТОВ «Прайм Лаб Тек»: М.М.Пекний

ВСП ТОВ «ФАБРИКА АГРОХІМІКАТІВ»
«ІНСТИТУТ ЗДОРОВ'Я РОСЛИН»
Україна, м. Черкаси, проїзд Боярський, 10
Телефон (063) 4788858, 4788827, 4787641
Гаряча лінія 0800(50)1401
Email: institut-rastyn@ukr.net
Сайт: https://agrosvit.institute/

СЕРВІСНО-АНАЛІТИЧНИЙ ЦЕНТР
акредитований відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025:2017
Атестат акредитації Національного агентства з акредитації України № 20114I від 28.05.2020

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ
№ 2537-20S від 18.06.2020

Назва та адреса замовника: ТОВ "Органік-Д", 23310, Вінницька обл., Тиврівський р-н, м. Гнівань, вул.Польова, б.4А

Супровідні документи: Заявка № 3145 від 05.06.2020

Реєстраційний номер(-и) та ідентифікація зразка(-ів) згідно супровідної документації замовника:

2537-20S Грунт 20.05.20

Стан зразка(-ів): придатний для проведення випробувань. Зразок надійшов у промаркованій пластиковій тарі. Тара не пошкоджена, без пошкоджень.

Інформація щодо відбирання зразка(-ів): зразок відібрано замовником.

Дата одержання зразка(-ів) для випробувань: 05.06.2020

Дата(-и) проведення випробувань: 05.06.2020 – 17.06.2020

Результати випробувань:

Назва показника, одиниці вимірювання	Результат випробувань	Розширена невизначеність, U	Норми згідно НД	Позначення НД на метод випробування
pH сольової витяжки	5,7	±0,1	-	ДСТУ ISO 10390:2007
Органічна речовина (ОРР(г)), %	3,1	±0,2	-	ДСТУ 4289:2004 п. 8.1
Азот легкогідролізний, мг/кг	96,6	±15,5	-	ДСТУ 7863:2015
Рухома сірка, мг/кг	8,7	±2,0	-	ДСТУ 8347:2015
Обмінний кальцій, ммоль/100г	10,0	±1,0	-	МВВ ГОСТ 26487-85 п.2
Обмінний магній, ммоль/100г	1,8	±0,3	-	МВВ ГОСТ 26487-85 п.2
Рухомі сполуки калію (K_2O), мг/кг	140	±22	-	ДСТУ 4115-2002, п.8.1, ISO 22036:2008
Рухомі сполуки фосфору, (P_2O_5), мг/кг	130	±23	-	ДСТУ 4115-2002, п.8.1, ISO 22036:2008
Мідь*як, мг/кг	0,85	±0,28	-	ISO16729:2013, ISO 22036:2008
Ртуть, мг/кг	<0,2*	-	-	ISO16729:2013, ISO 22036:2008
Кремній, мг/кг	107	±17	-	ISO16729:2013, ISO 22036:2008
Молібден, мг/кг	0,06	±0,03	-	ГОСТ Р 50689-94, п. 6.2, ISO 22036:2008
Мідь, мг/кг	<0,12*	-	-	ДСТУ 4770.6:2007
Залізо, мг/кг	7,0	±1,7	-	ДСТУ 4770.4:2007

Дані протоколу стосуються лише зразків, що зазнали випробувань. Протокол не може бути відтворений як розмножений без дозволу. Інструкції відбору проб. Дії якщо значення виходить поза межі допустимого.

ВСП ТОВ «ФАБРИКА АГРОХІМІКАТІВ»
«ІНСТИТУТ ЗДОРОВ'Я РОСЛИН»
Україна, м. Черкаси, проїзд Енергобудівельників, 10.
Телефон (063) 4788858, 4788827, 4787641
Гарячі лінії 0800301401
Email: [illegible]
Сайт: [illegible]

Назва показника, одиниці вимірювання	Результат випробувань	Розширена невизначеність, U	Норми згідно НД	Позначення НД на метод випробування
Марганець, мг/кг	24,2	±4,8	-	ДСТУ 4770.1:2007
Цинк, мг/кг	0,57	±0,20	-	ДСТУ 4770.2:2007
Кадмій, мг/кг	<0,10*	-	-	ДСТУ 4770.3:2007
Хром, мг/кг	<0,18*	-	-	ДСТУ 4770.8:2007
Свинець, мг/кг	<1,5*	-	-	ДСТУ 4770.9:2007
Імідаклопрід мг/кг	0,088	±0,044	0,04	DIN EN 15662:2018-07
Тетраконазол, мг/кг	0,012	±0,006	0,1	DIN EN 15662:2018-07
Пропізахлор, мг/кг	0,020	±0,010	0,6	DIN EN 15662:2018-07
Метолахлор, мг/кг	0,055	±0,028	0,02	DIN EN 15662:2018-07
Фіпроніл, мг/кг	Ідентифіковано (<0,01*)	-	-	DIN EN 15662:2018-07
Інші пестициди	Не виявлено[1)]	-	-	DIN EN 15662:2018-07

Примітка.

*- межа кількісного визначення

[1)]- перелік пестицидів та межі кількісного визначення наведені в Додатку 1

Додаткова інформація: результати дослідження надані на повітряно-сухий стан зразка.

Норми надано згідно «Гігієнічні нормативи і регламенти безпечного застосування пестицидів і агрохімікатів». Наказ МОЗ України №55 від 02.02.2016 року (редакція наказу МОЗ України № 1413 від 19.06.2019 року).

Розширена невизначеність вимірювання – це фактичне значення, виражене в одиницях вимірюваної величини, отримане шляхом множення стандартних невизначеностей на фактор покриття k=2, що передбачає нормальний розподіл невизначеності і приблизно відповідає 95% ймовірності покриття.

Групування грунтів за властивостями згідно нормативної документації: ДСТУ 4362:2004 Якість грунту. Показники родючості грунтів, ДСТУ 7838:2015 Якість грунту. Агрохімічна паспортизація земель сільськогосподарського призначення. Оброблення та узагальнення результатів агрохімічного призначення.

Начальник сервісно-аналітичного центру І.П. Перехрест

Відповідальний за формування протоколу Н.В. Старостенко

Кінець протоколу.

Цей протокол стосується тільки зразків, що пройшли випробування. Протокол не може бути відтворений та розповсюджений без дозволу Інституту здоров'я рослин. На вимогу замовника можуть бути надані довгих простежуваності.

Додаток Д4

ВСП ТОВ «ФАБРИКА АГРОХІМІКАТІВ»
«ІНСТИТУТ ЗДОРОВ'Я РОСЛИН»
Україна, м. Черкаси, проїзд Енергобудівельників, 10.
Телефон (063) 4788858, 4788827, 4787641
Гаряча лінія 0800301401
Email: Institut-rasiyn@ukrnvk.ua
Сайт: https://cropcare.institute/

СЕРВІСНО-АНАЛІТИЧНИЙ ЦЕНТР
акредитований відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025:2017
Атестат акредитації Національного агентства з акредитації України № 202141 від 28.02.2020

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАННЯ
№ 3298-3300-21S від 28.07.2021

Назва та адреса замовника: ТОВ "Органік-Д", Вінницька обл., Тиврівський р-н, м. Гнівань, вул. Польова, 4А
Супровідні документи: Заявка № 618S від 20.07.2021
Реєстраційний номер(-и) та ідентифікація зразка(-ів) згідно супровідної документації замовника:
3298 -21S – Грунт. Зразок №1, поле №1
3299 -21S – Грунт. Зразок №1, поле №2
3300 -21S – Грунт. Зразок №1, поле №3
Стан зразка(-ів): придатні для проведення випробувань. Зразки надійшли у промаркованій пластиковій тарі. Тара не опломбована, без пошкоджень
Інформація щодо відбирання зразка(-ів): зразки відібрані замовником
Дата одержання зразка(-ів) для випробувань: 20.07.2021
Дата(-и) проведення випробувань: 20.07.2021 – 27.07.2021
Результати випробувань:

Назва показника, одиниці вимірювання	Результат випробувань	Розширена невизначеність, U	Норми згідно НД	Позначення НД на метод випробування
3298 -21S – Грунт. Зразок №1, поле №1				
pH сольової витяжки	5,5	±0,1	-	ДСТУ ISO 10390:2007
Азот загальний мг/г	1,5	±0,2	-	ДСТУ ISO 11261:2001
Органічна речовина (гумус), %	2,5	±0,2	-	ДСТУ 4289:2004 п. 8.1 РІ 7.2-08
Рухома сірка, мг/кг	1,8	±0,5	-	ДСТУ 8347:2015
Рухомі сполуки бору, мг/кг	0,56	±0,20	-	МВВ ГОСТ Р 50688-94, п.6.1, ISO 22036:2008
Рухомі сполуки молібдену, мг/кг	<0,09*	-	-	МВВ ГОСТ Р 50689-84, п.6.2, ISO 22036:2008
Рухомі сполуки заліза, мг/кг	13	±3	-	ДСТУ 4770.4:2007
Рухомі сполуки міді, мг/кг	<0,13*	-	-	ДСТУ 4770.6:2007
Рухомі сполуки цинку, мг/кг	0,62	±0,21	-	ДСТУ 4770.2:2007
Рухомі сполуки марганцю, мг/кг	27	±5	-	ДСТУ 4770.1:2007
Рухомі сполуки калію (K_2O), мг/кг	149	±22	-	ДСТУ 4115-2002, п. 8.1 ISO 22036:2008 (м-д Чирикова)

Цей протокол стосується тільки зразків, що пройшли випробування. Протокол не може бути відтворений та розповсюджений без дозволу Інституту здоров'я рослин. На вимогу замовника можуть бути подані дані проміжуваності.

ВСП ТОВ «ФАБРИКА АГРОХІМІКАТІВ»
«ІНСТИТУТ ЗДОРОВ'Я РОСЛИН»
Україна, м. Черкаси, проїзд Бояробудівельний, 30
Телефон (063) 4788838, 4788827, 4788841
Гаряча лінія 0800501401
Email: [illegible]
Сайт: [illegible]

Назва показника, одиниці вимірювання	Результати випробувань	Розширена невизначеність, U	Норми згідно НД	Посилання НД на метод випробування
Рухомі сполуки фосфору (P_2O_5), мг/кг	68	±11	-	ДСТУ 4115-2002, п. 8.1 ISO 22036:2008 (м-д Чирикова)
Калій, розчинний в азотній кислоті, мг/кг	>0,36*	-	-	ISO 16729:2013 ISO 22036:2008
Свинець, розчинний в азотній кислоті, мг/кг	7,1	±1,7	-	ISO 16729:2013 ISO 22036:2008
Ртуть, розчинний в азотній кислоті, мг/кг	<0,5*	-	-	ISO 16729:2013 ISO 22036:2008
Мнн'як, розчинний в азотній кислоті, мг/кг	63	±0,7	-	ISO 16729:2013 ISO 22036:2008
Імідаклоприд, мг/кг	0,021	±0,01	0,04	DIN EN 15662:2018-07
Інші пестициди[1], мг/кг	<0,01*	-	-	DIN EN 15662:2018-07
3299 /215 – Грунт. Зразок №1, поле №2				
pH сольової витяжки	5,6	±0,1	-	ДСТУ ISO 10390:2007
Азот загальний мг/г	1,1	±0,1	-	ДСТУ ISO 11261:2001
Органічна речовина (гумус), %	1,9	±0,1	-	ДСТУ 4289:2004 п. 8.1 РІ 7.2-08
Рухома сірка, мг/кг	1,5	±0,5	-	ДСТУ 8347:2015
Рухомі сполуки бору, мг/кг	0,78	±0,26	-	МВВ ГОСТ Р 50688-94, п.6.3, ISO 22036:2008
Рухомі сполуки молібдену, мг/кг	<0,05*	-	-	МВВ ГОСТ Р 50689-94, п.6.2, ISO 22036:2008
Рухомі сполуки заліза, мг/кг	11	±2	-	ДСТУ 4770.4:2007
Рухомі сполуки міді, мг/кг	<0,13*	-	-	ДСТУ 4770.6:2007
Рухомі сполуки цинку, мг/кг	0,47	±0,17	-	ДСТУ 4770.2:2007
Рухомі сполуки марганцю, мг/кг	28	±5	-	ДСТУ 4770.1:2007
Рухомі сполуки калію (K_2O), мг/кг	261	±29	-	ДСТУ 4115-2002, п. 8.1 ISO 22036:2008 (м-д Чирикова)
Рухомі сполуки фосфору (P_2O_5), мг/кг	117	±18	-	ДСТУ 4115-2002, п. 8.1 ISO 22036:2008 (м-д Чирикова)
Калій, розчинний в азотній кислоті, мг/кг	<0,36*	-	-	ISO 16729:2013 ISO 22036:2008

Цей протокол стосується тільки зразків, що пройшли випробування. Протокол не може бути відтворений або розповсюджений без дозволу Інституту захисту рослин. Не повний комплект випуск. Дана копія існує тільки в електронному вигляді

Ф 7.8-01 (редакція 04) від 03.02.2020

Сторінка 2 із 4

ВСП ТОВ «ФАБРИКА АГРОХІМІКАТІВ»
«ІНСТИТУТ ЗДОРОВ'Я РОСЛИН»
Україна, м. Черкаси, проїзд Електрообчислювача, 10,
Телефон (063) 4788858, 4788827, 4787041
Гаряча лінія 0800301401
Email: Institut-roslyn@ukr.net
Сайт: https://

Назва показника, одиниці вимірювання	Результат випробувань	Розширена невизначеність, U	Норми згідно НД	Посилання НД на метод випробування
Свинець, розчинний в азотній кислоті, мг/кг	7,4	±1,8	-	ISO 16729:2013 ISO 22036:2008
Ртуть, розчинний в азотній кислоті, мг/кг	<0,5*	-	-	ISO 16729:2013 ISO 22036:2008
Миш'як, розчинний в азотній кислоті, мг/кг	2,1	±0,6	-	ISO 16729:2013 ISO 22036:2008
3500-21S – Ґрунт. Зразок №1, шахт №5				
pH водяної витяжки	5,1	±0,1	-	ДСТУ ISO 10390:2007
Азот загальний мг/г	1,5	±0,2	-	ДСТУ ISO 11261:2001
Органічна речовина (гумус), %	2,2	±0,2	-	ДСТУ 4289:2004 п. 8.1 РІ 7.2-08
Рухома сірка, мг/кг	7,2	±1,7	-	ДСТУ 4347:2015
Рухомі сполуки бору, мг/кг	0,45	±0,16	-	МВВ ТОСТ Р 50688-94, п.6.1, ISO 22036:2008
Рухомі сполуки молібдену, мг/кг	<0,05*	-	-	МВВ ТОСТ Р 50689-94, п.6.2, ISO 22036:2008
Рухомі сполуки кобальту, мг/кг	17	±4	-	ДСТУ 4770.4:2007
Рухомі сполуки міді, мг/кг	<0,13*	-	-	ДСТУ 4770.6:2007
Рухомі сполуки цинку, мг/кг	1,1	±0,35	-	ДСТУ 4770.2:2007
Рухомі сполуки марганцю, мг/кг	33	±6	-	ДСТУ 4770.1:2007
Рухомі сполуки калію (K_2O), мг/кг	154	±23	-	ДСТУ 4115-2002, п. 8.1 ISO 22036:2008 (м-д Чирикова)
Рухомі сполуки фосфору (P_2O_5), мг/кг	132	±20	-	ДСТУ 4115-2002, п. 8.1 ISO 22036:2008 (м-д Чирикова)
Кадмій, розчинний в азотній кислоті, мг/кг	<0,36*	-	-	ISO 16729:2013 ISO 22036:2008
Свинець, розчинний в азотній кислоті, мг/кг	7,3	±1,7	-	ISO 16729:2013 ISO 22036:2008
Ртуть, розчинний в азотній кислоті, мг/кг	<0,5*	-	-	ISO 16729:2013 ISO 22036:2008
Миш'як, розчинний в азотній кислоті, мг/кг	1,9	±0,5	-	ISO 16729:2013 ISO 22036:2008
Імідаклоприд, мг/кг	0,017	±0,009	0,04	DIN EN 15662:2018-07
Інші пестициди[6], мг/кг	<0,01*	-	-	DIN EN 15662:2018-07

Дві приведені спектрограми мають ознаки, що продукти використовувати. Придатності не можна було підтверджений на результатів без дозволу Інституту здоров'я рослин. На основі аналізів можуть бути надані деякі рекомендації.

ВСП ТОВ «ФАБРИКА АГРОХІМІКАТІВ»
«ІНСТИТУТ ЗДОРОВ'Я РОСЛИН»
Україна, м. Черкаси, проїзд Енергобудівельників, 10
Телефон (063) 4788858, 4788827, 4787641
Гаряча лінія 0800301401
Email: institut-roslyn@ukrnvit.ua
Сайт: https://evoplant.institute/

Примітка.

*) межа кількісного визначення

**) перелік пестицидів, що визначалися зазначено в Додатку 1

Додаткова інформація: результати дослідження окрім залишків пестицидів надані на повітряно-сухий стан зразків.

РІ 7.2-08 - Робоча інструкція. Виконання вимірювання вмісту органічної речовини (ДСТУ 4289:2004).

Розширена невизначеність вимірювання – це фактичне значення, виражене в одиницях вимірюваної величини, отримане шляхом множення стандартних невизначеностей на фактор покриття k=2, що передбачає нормальний розподіл невизначеності і приблизно відповідає 95% ймовірності покриття.

Начальник сервісно-аналітичного центру І.Е. Перехрест

Відповідальний за формування протоколу Н.В. Жукова

Кінець протоколу.

Цей протокол стосується тільки зразків, що пройшли випробування. Протокол не може бути відтворений та розповсюджений без дозволу Інституту здоров'я рослин. На вимогу замовника можуть бути надані дикові простежуваності.

Додаток Ж

Дисперсійний аналіз кількості качанів у гібриду кукурудзи Кампоні КС

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	1,11	1,07	1,15	3,3	1,1
2	1,13	1,11	1,16	3,4	1,1
3	1,32	1,28	1,32	3,9	1,3
4	1,35	1,31	1,36	4,0	1,3
5	1,35	1,31	1,36	4,0	1,3
6	1,36	1,31	1,37	4,0	1,3
7	1,36	1,31	1,37	4,0	1,3
8	1,36	1,28	1,37	4,0	1,3
Сума	10,3	10,0	10,5	30,8	1,3

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	0,2	23			
А	0,0	2			
В	0,2	7	0,0	243,6	2,76
Інші	0,0	14	0,0		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	0,5%	t_{05}=	2,14

Додаток Ж1

Дисперсійний аналіз кількості рядів зерен качана у гібриду кукурудзи Кампоні КС

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	14,9	14,8	14,9	44,6	14,9
2	15,1	15,0	15,0	45,1	15,0
3	15,0	14,8	14,9	44,7	14,9
4	15,2	15,2	15,3	45,7	15,2
5	15,2	15,2	15,3	45,7	15,2
6	15,4	15,4	15,6	46,4	15,5
7	15,5	15,4	15,6	46,5	15,5
8	15,5	15,4	15,6	46,5	15,5
Сума	121,8	121,2	122,2	365,2	15,2

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	1,6	23			
A	0,1	2			
B	1,4	7	0,2	57,6	2,76
Інші	0,0	14	0,0		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	0,2%	t_{05}=	2,14

Додаток Ж₂

Дисперсійний аналіз кількості зерен в ряді у гібриду кукурудзи Кампоні КС

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	40,5	38,2	39,6	118,3	39,4
2	43	40,8	42,1	125,9	42,0
3	46,2	43,8	45,2	135,2	45,1
4	46,3	43,8	45,4	135,5	45,2
5	46,3	43,7	45,5	135,5	45,2
6	46,3	43,8	45,4	135,5	45,2
7	47,5	45,4	46,8	139,7	46,6
8	46,3	44,8	45,4	136,5	45,5
Сума	362,4	344,3	355,4	1062,1	44,3

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	137,0	23			
А	20,8	2			
В	115,6	7	16,5	384,8	2,76
Інші	0,6	14	0,0		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	0,3%	t_{05}=	2,14

Додаток Ж₃

Дисперсійний аналіз маси 1000 зерен у гібриду кукурудзи Кампоні КС

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	236,8	218,2	229,3	684,3	228,1
2	240,3	225,2	237,7	703,2	234,4
3	246,7	233,3	242,3	722,3	240,8
4	251,5	234,5	246,5	732,5	244,2
5	254,7	241,5	249,8	746,0	248,7
6	279,5	254,3	271,9	805,7	268,6
7	303	269,5	295,7	868,2	289,4
8	289,1	267,2	283,4	839,7	279,9
Сума	2101,6	1943,7	2056,6	6101,9	254,2

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	12326,2	23			
A	1654,3	2			
B	10472,7	7	1496,1	105,1	2,76
Інші	199,2	14	14,2		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	0,9%	t_{05}=	2,14

Додаток Ж₄

Дисперсійний аналіз урожайності гібриду кукурудзи Кампоні КС

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	7,23	6,02	7,09	20,3	6,8
2	8,04	6,98	7,94	23,0	7,7
3	10,29	8,83	9,82	28,9	9,6
4	10,9	9,33	10,62	30,9	10,3
5	11,03	9,58	10,78	31,4	10,5
6	12,36	10,25	12,03	34,6	11,5
7	13,83	11,26	13,49	38,6	12,9
8	12,87	10,76	12,54	36,2	12,1
Сума	86,6	73,0	84,3	243,9	10,2

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	107,0	23			
А	13,2	2			
В	92,7	7	13,2	159,9	2,76
Інші	1,2	14	0,1		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	1,6%	t_{05}=	2,14

Додаток Ж$_5$

Дисперсійний аналіз передзбиральної вологості зерна у гібриду кукурудзи Кампоні КС

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	19,6	17,2	19,5	56,3	18,8
2	20,1	18,9	20	59,0	19,7
3	20,6	19,4	20,3	60,3	20,1
4	20,9	19,7	20,4	61,0	20,3
5	21,3	19,8	21,1	62,2	20,7
6	22,5	21,7	22,4	66,6	22,2
7	24,8	22,8	23,9	71,5	23,8
8	23,9	22,5	23,6	70,0	23,3
Сума	173,7	162,0	171,2	506,9	21,1

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	79,5	23			
A	9,5	2			
B	68,7	7	9,8	98,9	2,76
Інші	1,4	14	0,1		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	0,9%	t_{05}=	2,14

Додаток Ж₆

Дисперсійний аналіз діаметра коренеплоду моркви гібриду Болівар F_1

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	3,7	3,5	3,6	10,8	3,6
2	4	3,7	3,9	11,6	3,9
3	4,2	4,1	4,2	12,5	4,2
4	4,6	4,4	4,5	13,5	4,5
5	4,8	4,7	4,9	14,4	4,8
6	5,5	5,2	5,4	16,1	5,4
7	6,1	5,8	6	17,9	6,0
8	5,6	5,3	5,6	16,5	5,5
Сума	38,5	36,7	38,1	113,3	4,7

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	15,0	23			
А	0,2	2			
В	14,8	7	2,1	681,8	2,76
Інші	0,0	14	0,0		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	0,7%	t_{05}=	2,14

Додаток Ж₇

Дисперсійний аналіз маси коренеплоду моркви гібриду Болівар F_1

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	68,9	61,6	64,3	194,8	64,9
2	73,2	65,8	69,3	208,3	69,4
3	77,5	68,8	73,9	220,2	73,4
4	81,4	72,1	77,6	231,1	77,0
5	83,9	72,6	80,9	237,4	79,1
6	87,6	73,4	85,6	246,6	82,2
7	96,3	84,1	91,5	271,9	90,6
8	90,4	78,3	86,4	255,1	85,0
Сума	659,2	576,7	629,5	1865,4	77,7

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	1955,7	23			
А	436,5	2			
В	1480,8	7	211,5	77,3	2,76
Інші	38,3	14	2,7		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	1,2%	t_{05}=	2,14

Додаток Ж₈

Дисперсійний аналіз маси гички з 1 коренеплоду моркви гібриду Болівар F_1

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	10,6	9,1	11,2	30,9	10,3
2	16,8	13,9	17,3	48,0	16,0
3	23,5	19	23,2	65,7	21,9
4	25,6	19,8	26,7	72,1	24,0
5	27,8	21,4	28,5	77,7	25,9
6	29,5	26,3	30,1	85,9	28,6
7	36,4	31,9	34,7	103,0	34,3
8	30,8	28,7	30,5	90,0	30,0
Сума	201,0	170,1	202,2	573,3	23,9

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	1372,7	23			
A	82,8	2			
B	1271,6	7	181,7	138,8	2,76
Інші	18,3	14	1,3		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	2,8%	t_{05}=	2,14

Додаток Ж₉

Дисперсійний аналіз урожайності коренеплодів моркви гібриду Болівар F_1

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	51,68	46,2	48,23	146,1	48,7
2	54,9	49,35	51,98	156,2	52,1
3	58,13	51,6	55,43	165,2	55,1
4	61,05	54,08	58,2	173,3	57,8
5	62,93	54,45	60,68	178,1	59,4
6	65,7	55,05	64,2	185,0	61,7
7	72,23	63,08	68,63	203,9	68,0
8	67,8	58,73	64,8	191,3	63,8
Сума	494,4	432,5	472,2	1399,1	58,3

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	1100,1	23			
А	245,6	2			
В	833,0	7	119,0	77,4	2,76
Інші	21,5	14	1,5		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	1,2%	t_{05}=	2,14

Додаток Ж$_{10}$

Дисперсійний аналіз діаметра коренеплоду буряка столового гібриду Кестрел F$_1$

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	6,55	6,22	6,36	19,1	6,4
2	7,13	6,39	6,79	20,3	6,8
3	7,96	6,87	7,65	22,5	7,5
4	8,56	7,97	8,32	24,9	8,3
5	9,43	8,45	8,95	26,8	8,9
6	9,75	9,28	9,45	28,5	9,5
7	10,94	10,08	10,35	31,4	10,5
8	10,37	9,65	10,15	30,2	10,1
Сума	70,7	64,9	68,0	203,6	8,5

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	50,4	23			
A	2,1	2			
B	48,0	7	6,9	323,3	2,76
Інші	0,3	14	0,0		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	1,0%	t_{05}=	2,14

Додаток Ж₁₁

Дисперсійний аналіз маси коренеплоду буряка столового гібриду Кестрел F_1

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	150,6	140,2	145,5	436,3	145,4
2	160,3	146,1	156,2	462,6	154,2
3	181,3	152,1	170,9	504,3	168,1
4	192,5	173,6	180,2	546,3	182,1
5	195,6	185,9	193,8	575,3	191,8
6	212,7	200,4	206,6	619,7	206,6
7	235,3	226,2	230,7	692,2	230,7
8	215,6	209,3	213,7	638,6	212,9
Сума	1543,9	1433,8	1497,6	4475,3	186,5

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	19483,8	23			
A	764,0	2			
B	18509,6	7	2644,2	176,1	2,76
Інші	210,2	14	15,0		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	1,2%	t_{05}=	2,14

Додаток Ж$_{12}$

Дисперсійний аналіз урожайності коренеплодів буряка столового гібриду Кестрел F$_1$

Варіант	Повторення, Р			Середнє	Різниця
	1	2	3		
1	64,76	60,29	62,57	187,6	62,5
2	68,93	62,81	67,17	198,9	66,3
3	77,96	65,41	73,49	216,9	72,3
4	82,78	74,64	77,49	234,9	78,3
5	84,11	79,92	83,33	247,4	82,5
6	91,46	86,18	88,84	266,5	88,8
7	101,18	97,27	99,2	297,7	99,2
8	92,71	90	91,89	274,6	91,5
Сума	663,9	616,5	644,0	1924,4	80,2

Джерела варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				Fф	F_{05}
Загальна	3602,6	23			
A	141,4	2			
B	3422,4	7	488,9	176,2	2,76
Інші	38,8	14	2,8		
Точність досліду		$S_{x\%}$=	1,2%	t_{05}=	2,14

Підписано до друку 24.05.2023
Формат 60х84/16. Папір офсетний. Друк цифровий.
Гарнітура Times new roman.
Умовних друкованих аркушів 17,01
Наклад 100 прим. За № 2405/23
Видавець ТОВ "Друк"
Реєстраційне свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справидо
Державного реєстру видавців серія ДК № 5909 від 18.09.2017 р.
ТОВ «Друк», м. Вінниця, вул. 600-річчя, 25, 21027