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

є частиною прикладної роботи «Розробка концепції забезпечення енергетичної безпеки та енергоефективності як пріоритетних напрямів сталого розвитку сільських територій» (№ 0121U109443), що виконується за рахунок коштів загального фонду державного бюджету

**Монографія**

Вінниця 2021

**Міністерство освіти і науки України**
**Вінницький національний аграрний університет**

Калетнік Г.М., Паламарчук В.Д., Гончарук І.В., Ємчик Т.В., Телекало Н.В.

# Монографія

# ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КУКУРУДЗИ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ТА ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНОГО РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

є частиною прикладної роботи «Розробка концепції забезпечення енергетичної безпеки та енергоефективності як пріоритетних напрямів сталого розвитку сільських територій» (№ 0121U109443), що виконується за рахунок коштів загального фонду державного бюджету

Вінниця 2021

УДК: 633.15(02.064)
П-27

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.(у. д. а. 13,51)

**Рецензенти:**

**Лавриненко Ю.О.** – академік НААН, доктор сільськогосподарських наук, професор, головний науковий співробітник відділу селекції Інституту зрошувального землеробства НААН.

**Бахмат М.І.** – доктор сільськогосподарських наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, професор кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин Подільського державного аграрно-технічного університету.

**Карпук Л.М.** – доктор с.-г. наук, професор, професор кафедри землеробства, агрохімії та ґрунтознавства Білоцерківського національного аграрного університету.

Монографія відображає сукупність попередньо отриманих результатів та проведених практичних польових досліджень розробку сучасної технології вирощування зернової та силосної кукурудзи і вивчення можливості отримання альтернативних видів палива за рахунок збільшення урожайності та вмісту крохмалю, що дозволить Україні скоротити використання традиційних видів палива та забезпечить енергетичну незалежність територіальних громад регіону. Охарактеризовано можливості отримання біоетанолу на основі вмісту крохмалю у зерні, обґрунтовані перспективи використання кукурудзяного силосу для отримання біогазу та дигестату. Висвітлено особливості використання дигестату для вирощування сільськогосподарських культур та представлені перспективи підвищення вмісту сухої речовини дигестату при застосуванні силосної маси кукурудзи. Проаналізовано основні складові сучасної технології вирощування кукурудзи та наведено наукові засади інтенсифікації кукурудзосіяння.

Розраховано на фахівців агропромислового комплексу, студентів, магістрів, аспірантів, науковців та викладачів вищих навчальних закладів.

Рекомендовано до друку Вченою радою
Вінницького національного аграрного університету
Протокол № 4 від «29» жовтня 2021 р.
**ISBN**

**ЗМІСТ**


| | |
|---|---|
| ВСТУП | **5** |
| ГЛАВА 1. ГОСПОДАРСЬКО-БОТАНІЧНА ТА БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КУКУРУДЗИ | 9 |
| 1.1. Рослинна біомаса як сировина для виробництва біопалив | 9 |
| 1.2. Народногосподарське значення різних підвидів кукурудзи у виробництві біопалив | 24 |
| 1.3. Біологічні особливості рослин основа сучасної технології вирощування кукурудзи | 30 |
| 1.4. Характеристика елементів сучасної технологій вирощування кукурудзи | 50 |
| 1.5. Енергозберігаюча, екологічно безпечна технологія вирощування кукурудзи на зерно | 64 |
| 1.6. Екологізація та біологізація технологій вирощування кукурудзи | 65 |
| ГЛАВА 2. СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КУКУРУДЗИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОЕТАНОЛУ | 70 |
| 2.1. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування | 80 |
| 2.2. Теоретичний вихід біоетанолу із одиниці площі залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування | 91 |
| 2.3. Взаємозв’язок вмісту крохмалю з комплексом господарсько-цінних ознак у гібридів кукурудзи | 96 |
| 2.4 Кластерний аналіз досліджуваних гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак | 97 |
| 2.5. Математична модель гібридів кукурудзи різних груп стиглості | 107 |
| ГЛАВА 3. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ТА ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ | 120 |
| 3.1 Економічна оцінка умов вегетації та факторів технології вирощування кукурудзи на зерно | 120 |

3.2. Економічна оцінка вирощування гібридів кукурудзи для отримання біоетанолу 123

ГЛАВА 4. ВИРОБНИЦТВО БІОГАЗУ ТА РОЛЬ КУКУРУДЗЯНОГО СИЛОСУ 128

ГЛАВА 5. ХАРАКТЕРИСТИКА КУКУРУДЗЯНОГО СИЛОСУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИГЕСТАТУ 139

5.1. Екологічні проблеми з відходами тваринництва, які вирішуються за рахунок виробництва біогазу 154

5.2. Економічні переваги використання біогазових установок 166

5.3. Збільшення врожайності за рахунок застосування біоорганічних добрив (дигестату) 178

5.4. Економічний ефект від біогазових установок на прикладів ТОВ «Органік-Д» 189

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ 193

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 198

ДОДАТКИ 222

# ВСТУП

Україна є аграрною країною, де агропромисловий комплекс демонструє стійке економічне зростання. У 2018 році частка у валовій доданій вартості країни становить 11,9 %. Галузь є одною з основних бюджетоутворюючих сфер економіки та займає перше місце у товарній структурі експорту (у січні-серпні 2019 року становила 42,2%). Також АПК − основне джерело надходження валюти в Україну та ключовий фактор у підтриманні торговельного балансу.

Сільське господарство може зробити важливий внесок у боротьбу зі зміною клімату шляхом сталого виробництва та захисту природних ресурсів, переробки харчових відходів, рослинницьких решток та гною тварин на біопалива. Не дивлячись на загальний негативний тренд, скорочення виручки від експорту товарів у 2014-2016 роках, темпи скорочення агропродовольчого експорту були меншими ніж в інших галузях. І, не дивлячись на спад після кризових років, історичний рекорд агропродовольчого експорту у 2012 році, за останні 10 років експорт агропродовольчої продукції з України виріс в два рази [1].

За останні 5 років частка продукції АПК у структурі експортної виручки України зросла з 31% у 2014 році до 39,3% у 2018 році. Проте варто зазначити, що основу аграрного експорту все ще становить експорт сировини. Частка цієї продукції в структурі становить порядку 55%.

В процесі розвитку людства, пропорційно збільшується і попит на енергоносії, задоволення потреб яких відбувається за рахунок викопного палива, потім гідроенергетики та ядерної енергії, що призводить до все більшого об’єму викидів вуглекислого газу та глобальному потепління. У зв’язку з цим людство звертає свою увагу на природні джерела енергії.

Сільське господарство – важлива складова вітчизняного господарського комплексу. Тенденції і перспективи розвитку галузі визначаються загальним станом національної економіки, на якому значною мірою позначається динаміка основних показників аграрної діяльності. Незважаючи на наявність вагомих і тривалих проблем у сферах фінансового і матеріально-технічного забезпечення галузі, має місце тенденція посилення її значення в економічній системі країни. Водночас в усьому світі потужне й ефективне сільськогосподарське виробництво виступає не першопричиною, а одним із наслідків високого рівня національного загальноекономічного розвитку [1, 2].

Тому стратегічним завданням уряду України є розвиток всіх галузей економіки країни, які стануть драйвером агропромислового комплексу України та вирішать ряд екологічних, енергетичних та соціальних проблем.

На разі існуючі джерела енергії можна поділити на *традиційні* та *альтернативні*. До *традиційних* (не відновлювальних) належать корисні копалини – нафта, газ, вугілля. Нафта й природний газ є, нарівні з вугіллям, основним енергетичним ресурсом світової економіки. Нині світовий ринок

нафти й нафтопродуктів функціонує напрочуд ефективно. Щодня до 80 млн. барелів добувається, продається, купується й транспортується. На цей час підтверджені світові запаси нафти оцінюються приблизно в 1,05 трлн. барелів. Виходячи зі згаданих вище оцінки й рівня споживання в 2003 році – 79-80 млн. барелів, а в 2019 році, до появи коронавірусу, 100 млн. барелів щодня, прогнозується можливе вичерпання промислових ресурсів нафти впродовж найближчих 40-50 років.

Крім того використання таких видів енергії негативно впливає і на екологію планети, перш за все за рахунок викидів парникових газів, які утворюються за спалювання корисних копалин.

В Україні, за даними Національного кадастру викидів парникових газів, частка сільського господарства у сукупних викидах у 2018 році складала 12,9%. Основними джерелами викидів у сільськогосподарському секторі є кишкова ферментація та сільськогосподарські ґрунти – відповідно 22,1% та 71,0% від сукупних викидів у 2018 році [1].

Існують різноманітні сценарії подальшого розвитку подій − від оптимістичних прогнозів технократів про створення новітніх технологій підвищення віддачі існуючих покладів до виявлення нових джерел вуглеводнів. Зараз майже повна залежність країн у світі від палива, виробленого з сирої нафти, вочевидь перестає бути ідеалом. Запаси сирої нафти обмежені, а їх розподіл у світі нерівномірний, причому, найважливіші поклади розміщені в політично нестабільних регіонах. Тому, очевидна необхідність диверсифікації джерел первинної (для виробництва палива) енергії, перехід до використання її форм, доступних на місцевому рівні. Для виробництва палива розглядаються усі види енергії, однак за екологічними причинами особливо цікаві відновлювані її форми. Найбільш перспективними з форм є біопалива, вироблені з кукурудзи, яка щорічно нарощує обсяги її вирощування.

Впродовж останнього півстоліття посівні площі під кукурудзою зросли в 1,6 рази, врожайність – в 3 рази, а валові збори зерна – в 4,8 рази [3]. Площа вирощування кукурудзи на зерно у 2018 році згідно статистичних даних становила у Світі – 189 млн. га, Україні – 4,58 млн. га (8,3%) та у Вінницькій області – 381,3 тис. га (23,5%). Україна здатна за такої площі посіву вирощувати біля 25 млн. тонн зерна кукурудзи [4]. Зокрема в 2021 році площі посіву кукурудзи в Україні склали 5,3429 млн. га, а в світі близько 192 млн га.

Альтернативні джерела енергії – це природні явища, які шляхом перетворення в спеціальних установках перетворюються в теплову або електричну енергію. До них відносять: сонячне електромагнітне випромінювання; кінетичну енергію руху повітряних мас (вітер); кінетичну енергію водного потоку (річки); енергію морських припливів і відливів; теплову енергію гарячих джерел. До альтернативної енергетики відносять також отримання тепла в процесі спалювання відновлюваного палива – біогазу, біоетанолу, паливних пелет та інше.

Вичерпування джерел традиційного палива та високі ціни створили для багатьох держав умови розвитку нетрадиційних видів палива. Біопаливо сьогодні

є для багатьох країн розв'язанням енергетичної та паливної проблеми. Хоча в деяких із них вважають, що це призведе до продовольчої проблеми [5, 6].

Слід зауважити, що застосування та розвиток альтернативних видів видобутку електроенергії в Україні, у порівнянні з іншими Європейськими країнами знаходиться лише на стадії зародження та існує купа проблем з ідеями практичного втілення в життя таких проєктів. Але в подальшому для України з огляду на її геополітичне становище у світі сьогодні як ніколи важливим є прискорення розвитку альтернативної енергетики, як одного з аспектів для створення умов для економічного розвитку та незалежності України.

Енергетична ефективність біоенергетики є достатньо високою для того, щоб виділити її в окремий напрям енергетичного господарства. Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал енергії біомаси в Україні є еквівалентним 20 млн. тонн умовного палива, його використання дозволяє заощадити біля 17 млрд. $м^3$ природного газу.

В процесі господарської діяльності людини крім основної продукції та послуг безперервно утворюються непридатні до вживання продукти – відходи. У загальному випадку відходи визначаються як залишки продуктів або додатковий продукт, що утворюються в процесі або після завершення певної діяльності і не використовувані в безпосередньому зв'язку з цією діяльністю [7]. За структурою і агрегатним станом відходи можуть бути твердими, рідкими (скидами), газоподібними (викидами), шламами і сумішами на різних етапах їх технологічного циклу та розглядаються як біосферозабруднювачі [8].

Відновлювальні джерела енергії не лише дозволяють зменшити залежність від традиційних джерел енергії, але також надають значні конкурентні переваги для країн, які їх ефективно використовують.

Нарощування виробництва біопалива можливе за умов запровадження ефективної державної політики аналогічно тій, що здійснюється в країнах ЄС (система заохочувальних заходів). У порівнянні з пшеницею та рисом – кукурудза, з точки зору її застосування, мабуть, є найбільш різноплановою злаковою культурою. За рахунок вирощування енергетичних рослин в Україні можна досягти виробництва рідкого біопалива в об'ємах: паливного спирту – 2 млн. тонн/рік, біодизпалива – 7 млн. тонн/рік. Використання в ПЕК України рідкого біопалива дозволить в перспективі заощадити до 11,8 млн. тонн умовного палива або традиційного палива на рік.

Щодо економічної та соціальної необхідності формування й розвитку ринку біопалив України існує декілька причин, починаючи з міркувань енергетичної безпеки, диверсифікації національного виробництва, підтримки інновацій і закінчуючи економічно-соціальною ефективністю розвитку ринку біопалив на основі високої мотивації зростання аграрного сектора, позитивного соціального зрушення щодо росту зайнятості сільського населення та екологічною безпекою завдяки відновлювальним джерелам енергії. Найближча перспектива енергетичної автономізації агропромислового виробництва має базуватись на ефективному виробництві

і використанні біомаси. На сучасному етапі біомаса є четвертим за значенням паливом у світі, яке дає близько 2 млрд. т. у. п. на рік, що становить близько 14 % загального споживання первинних енергоносіїв у світі. В окремих країнах цей показник ще вищий, але в Україні він поки що не перевищує 3 %. Це допоможе Україні зменшити залежність від імпорту енергоносіїв, зупинить перетворення в сировинний придаток, дасть можливість переробляти у себе такий масштабний ресурс, отримавши при цьому сотні тисяч робочих місць, доходи своїх громадян та державного бюджету. На даному етапі розвитку держави, виробництво біопалив виступає одним із визначальних каталізаторів нових глобальних тенденцій в агропромисловому комплексі України, які сприятимуть його стабільному розвитку [1].

В сучасних ринкових умовах виробникам зерна кукурудзи важливо не тільки досягати високого рівня врожайності гібридів, але й отримувати зерно з високими якісними характеристиками, що значно розширює можливості його реалізації (фураж, харчова промисловість та переробка на біоетанол).

Таким чином, розвиток біоенергетичного сектору в Україні має проходити послідовно та обґрунтовано, з урахуванням можливого впливу на довкілля та національну економіку. Основні небезпеки некваліфікованого використання палива з біомаси полягають у знищенні лісів, ерозії та виснаженні ґрунтів, необґрунтованій заміні харчових урожаїв енергетичними. Виробництво біопалива виправдане лише в тому випадку, коли використовуються ритмічно поновлювальні запаси дешевої рослинницької сировини. При розробці стратегії розвитку ресурсозберігаючих технологій її отримання, важливо якісно та кількісно оцінити можливі потоки надходження відповідної сировини. Якщо попередня концентрація біомаси відсутня, то її збирання може бути технічно складним і високовартісним.

Саме цим питанням присвячується підготовлена монографія.

# ГЛАВА 1
# ГОСПОДАРСЬКО-БОТАНІЧНА ТА БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КУКУРУДЗИ

## 1.1. Рослинна біомаса як сировина для виробництва біопалив

Виробництво основної продукції в рослинництві супроводжується також отриманням побічної продукції. У більшості видів рослин, в яких зерно або плоди людина використовує з природних асоціацій, конкуренція за світло і живлення підсилює здатність до вегетативного росту. В зв'язку з цим відношення всієї біомаси до врожаю зерна стає в 2-3 рази вищим. Якщо вегетативні частини (стебла, пагони, кореневі системи, солома) не є основною продукцією, то це значить, що на них витрати врожаю більші, ніж на основний продукт – зерно. Це одне з головних положень, відповідно до якого за допомогою селекції вегетативні частини рослин можна довести до оптимальних розмірів і таким чином змінити індекс урожайності так, щоб 50% та більше від усієї біомаси припадало на зерно.

На сьогодні мало уваги приділяється вивченню регіональних особливостей розвитку та оцінюванню диференціації розвитку підприємств сільського господарства за регіонами України; використанню відходів тваринницької галузі задля підвищення ефективності АПК та поповнення енергетичного балансу. Низка факторів в Україні спричиняє необхідність виробництва та споживання біопалив, зокрема: залежність від імпорту енергоносіїв; вичерпність викопних видів палива; зростання цін на паливні енергоресурси; підвищення комунальних тарифів; погіршення екологічної ситуації; наявність природно-ресурсного потенціалу; надмірний експорт сільськогосподарської продукції тощо. Забезпечення виробництва біопалив допоможе стабілізувати розвиток агропромислового комплексу, створивши нові робочі місця, забезпечить додаткові надходження до державного бюджету, покращить екологічну ситуацію, забезпечить енергетичну, економічну незалежність, та продовольчу безпеку.

Розвиток ринкової економіки України значною мірою залежить від розв'язання завдання безперебійного забезпечення всіх без винятку галузей національної економіки енергоносіями. За ринкових умов збільшення національного багатства нашої країни, поліпшення рівня життя населення та його соціально-економічного стану багато в чому буде залежати від раціонального споживання енергетичних ресурсів. Через це на сучасному етапі господарювання процес поліпшення використання енергоносіїв та альтернативних видів енергії набуває особливої актуальності. Комплекс енергозберігаючих заходів повинен здійснюватись на снові практичної реалізації наукових, економічних, законодавчих, організаційних, технічних, технологічних і екологічних складових, які мають на меті раціональне споживання енергетичних ресурсів із поступовим нарощуванням та впровадженням у господарський оборот найбільш економічно доцільних

джерел енергії, де пріоритетне місце в Україні мають посідати біопалива.

В даному напрямі вже досягнуто суттєвих успіхів, зокрема гібриди кукурудзи мають індекс урожайності зерна понад 40% при тому, що у сортів цієї культури він складає біля 25%. Зміни ***індексу врожайності*** – це наслідок скорочення висоти стебла (вегетативних органів). Завдяки цьому зростає і стійкість рослин до вилягання, що забезпечує вирощування культури у більш щільних посівах, застосування високих норм добрив, та можливість одержувати високі врожаї з одиниці площі [9].

Для підвищення потенціалу продуктивності недостатньо збільшувати тільки індекс урожайності, необхідно підвищувати і сумарний рівень біомаси. Зменшення висоти стебла досягають за рахунок скорочення довжини міжвузль, а кількість вузлів при цьому залишається незмінною. Це ефективно тим, що кількість листків залишається такою ж самою, як у рослини з високим стеблом. Отже, за площею фотосинтетичної поверхні рослин або активності фотосинтезу між старими високорослими і новими низькорослими сортами великої різниці не спостерігається. Встановлено, що зі зменшенням висоти стебла та фотосинтезуючої поверхні листків зростає переміщення продуктів фотосинтезу в генеративні органи. Це сприяє кращому живленню квіток, збільшенню відсотка запліднення та зав'язування зерна і росту продуктивності качана. У значної кількості видів рослин розвивається значно більше квіток, ніж зерен. У зв'язку з цим існують значні можливості для збільшення кількості та маси зерен у качані кукурудзи за допомогою селекції [9, 10].

Враховуючи те, що за сучасної інтенсивності фотосинтезу рослинами використовується орієнтовно 1% сонячної радіації, наукові дослідження спрямовуються на зростання ефективності фотосинтезу та одночасно посилення генетичного потенціалу продуктивності. Збільшення вегетаційного періоду може сприяти продуктивності сумарної біомаси, а подовження періоду наливу зерна або розвитку плодів – до підвищення продуктивності.

Одну з можливостей збільшення продуктивності фотосинтезу відкриває зміна структури листків і стебел. У культур, які вирощують у щільних посівах за густотою насаджень, *вертикальне* або *еректоїдне* розміщення листків забезпечує перевагу порівняно з горизонтальним розміщенням, бо це сприяє більш глибокому проникненню світла в посів і збільшує строки функціонування листкової поверхні в стані фотосинтетичної активності [10].

В кукурудзи створені самозапилені лінії, листкові пластинки яких орієнтують своє розміщення на відкритий для світла простір, затіняючи таким чином поверхню ґрунту, що сприяє пригніченню росту і розвитку бур'янів. Відомо, що за рахунок елементів живлення рослини створюють близько 8% сухої речовини, а завдяки фотосинтезу – 90% [11, 12].

Розвиток кореневої системи кукурудзи значною мірою залежить від структури ґрунту, його вологості, забезпеченістю елементами живлення, проте різниця між окремими гібридами спостерігається досить суттєва. Вважається, що сорти та гібриди з потужною наземною частиною характеризуються і більш розвинутою кореневою системою в порівнянні з короткорослими або карликовими формами. Зустрічаються і винятки із цього правила, коли

низькорослі форми формують сильно розгалужену кореневу систему. Це свідчить, що при скороченні довжини стебла з метою поліпшення індекса врожайності необхідно обов'язково приймати до уваги кореневу систему, інтенсивний розвиток якої буде сприяти підвищенню генетичного потенціалу продуктивності [13].

Постійне і стрімке підвищення цін на енергоресурси та погіршення екологічного стану навколишнього середовища, внаслідок зростаючого споживання викопних видів палива (нафти, кам'яного вугілля, природного газу), спонукають людство до використання біомаси сільськогосподарських культур на енергетичні потреби [14].

Аграрний сектор швидкими темпами стає виробником енергії з біомаси, тому що майже 65% енергії з відновлюваних джерел можливо сформувати за рахунок продукції сільськогосподарського походження. З кожного поля щорічно можна збирати два врожаї, а саме: продовольчий та енергетичний із використанням біомаси в обсязі, що не перевищує 30%. Відповідно до концепції нехарчового використання сільськогосподарської продукції, визначальна особливість біомаси для енергетичних потреб полягає в тому, що її не рентабельно транспортувати на відстань понад 50 км. Тому переробку біомаси слід вести недалеко від полів, на яких її виростили [15].

Україна має великий потенціал біомаси, доступної для енергетичного використання. Економічно доцільний потенціал біомаси оцінюється у 27 млн. тонн умовного палива в рік [16]. Основними складовими потенціалу є відходи сільськогосподарського виробництва та енергетичні культури, зокрема кукурудза. Шляхом залучення цього потенціалу до виробництва енергії, можна задовольнити близько 13% потреби України в первинній енергії.

В Європі нарощується біоетанолу з кукурудзи та інших зернових культур, цьому сприяють відповідні директиви, в яких, з одного боку, регламентується обов'язкове використання домішок до бензину етанолу та біодизеля, а з іншого – створення економічних умов для сприяння виробництву цих джерел енергії. В найближчій перспективі вважається, що частка біопалива в загальних витратах пального становитиме до 10 % з подальшим нарощуванням потужностей. Розглядаються різні шляхи отримання біопалива. На першому місці стоїть етанол із зернових культур, оскільки середні врожаї кукурудзи, пшениці і тритикале переважають 8,0 т/га, на другому – етанол із цукрового буряка, на третьому біодизель з ріпаку. Наприклад, у Франції планується в основному з цих джерел в найближчі роки потроїти виробництво біопалива і довести його до 480 тис. тонн із перспективою до 1 млн. 300 тис. тонн [2, 16].

Європейські країни відрізняються за пріоритетами у виробництві біопалива – Франція віддає перевагу кукурудзі, пшениці, цукровому буряку, Німеччина – орієнтується більше на біодизель з ріпаку. Як джерела для виготовлення біопалива почали використовувати також відходи сільського господарства, харчової та лісової промисловості (солома, стебла кукурудзи, стебла і лузга соняшника, тирса тощо). Хоч їх не розглядають як першочергові

пріоритети, проте вони можуть стати в майбутньому досить важливим сировинним джерелом. Набуває значення та використання як сировини для біопалива деревини, наприклад, отриманої від спеціально створених швидкорослих сортів тополі, а також нових культур, зокрема, міскантy. Особливий акцент на використанні швидкорослих деревних культур роблять в Китаї [16].

В Україні, виходячи з ґрунтово-кліматичних умов, джерела для біопалива можна розташовувати в такій послідовності: кукурудза, тритикале, пшениця, різні види сорго та проса, цукровий буряк, соняшник, ріпак, відходи сільського і лісового господарства, а також міскант, тополя, стебла та лузга соняшника. Безумовно, рекордсменом із накопичення енергії на гектар площі в наших умовах є картопля, але зовсім не вирішені проблеми її зберігання впродовж тривалого часу до переробки. В нашій державі відходи сільськогосподарського виробництва застосовувати як сировину для палива поки недоцільно, тому що спостерігається зростаючий дефіцит органіки в ґрунтах, і краще солому, стебла кукурудзи, гичку кукурудзи, сої залишати на полі (крім бадилля соняшника). Але в окремих випадах за існування надлишку відходів можна їх переробляти на хімічні продукти та біопаливо.

Енергетика України поки, що значною мірою базується на імпорті енергетичної сировини – нафти, газу, бензину – ціна на яку постійно зростає та ця тенденція буде посилюватися з року в рік, оскільки видобуток викопних джерел енергії скорочується та в найближчій перспективі запаси цих енергоносіїв будуть вичерпані. Застосування нових джерел енергії (водень, пряме перетворення сонячної енергії на електричну, термоядерний синтез) поки досить проблематичне і водночас економічно не привабливе, особливо за широкомасштабного використання. Тому в світі дедалі більшу увагу приділяють пошуку шляхів використання як енергоресурсів поновлюваної енергії, накопиченої живою речовиною завдяки фотосинтезу. Вважається, що в найближчій перспективі за рахунок використання продуктів фотосинтезу буде покриватися до 10% всіх енерговитрат [8, 17-19].

Ґрунтово-кліматичні умови більшості регіонів України є сприятливими для вирощування культур із високим рівнем накопичення енергії біомаси під час вегетації. Але до цього часу не вирішені проблеми визначення пріоритетних для отримання біопалива культур. Важливим критерієм під час промислового виробництва біопалив є можливість забезпечення переробки сировини впродовж цілого ріку, тому що транспортні видатки із доставки сировини на територію заводу та її зберігання до включення в технологічний процес є суттєвими витратами всього циклу. Не визначені можливість та доцільність використання для біопалива решток таких культур, як пшениця, ячмінь, кукурудза, враховуючи необхідність збереження органічної речовини ґрунту тощо [2].

Надзвичайно важливим фактором у підвищенні ефективності виробництва біопалива є **селекція рослин із метою збільшення** придатності (за вмістом корисних речовин) для виготовлення біоетанолу та біодизеля. При вирішенні цієї задачі провідну роль будуть відігравати сучасні методи біотехнології. Ідеться не тільки про збільшення продуктивності та стійкості рослин до абіотичних і

біотичних стресів, але й про зміну біохімічних особливостей зерна або інших продуктів (вміст пентозанів, зміна співвідношення амілози і амілопектину тощо). Необхідно підкреслити, що участь фундаментальної науки у розвитку біоенергетики значною мірою буде визначатися її доробками в напрямі як створення нових генотипів культурних рослин, більш адаптованих для використання їх продукції та біомаси для виробництва біопалив, так і в пошуку нових нетрадиційних культур із підвищеним коефіцієнтом перетворення енергії фотосинтезу в потрібну біомасу при порівняно незначних витратах викопної енергії на їх виробництво, транспортування, зберігання. У вирішенні цих завдань значну, а можливо і вирішальну роль, буде відігравати геноміка, зокрема генетична інженерія, а також ботаніка, біохімія та фізіологія рослин.

Наступним етапом може бути удосконалення технологій виробництва біопалив, з одним із нових продуктів – біобутанолом або етанол-бутанольними сумішами, що розглядаються як альтеративa етанолу. Необхідно знайти принципово нові підходи до розробки комплексної технології виробництва біопалив і білкових компонентів з насіння кукурудзи, сої, пшениці, тритикале, ріпаку, проса, біомаси цукрових буряків, нових культур, в тому числі і деревних, із максимальним використанням органічних речовин та створенням маловідходних технологічних циклів [2, 13].

Окремим блоком базових проблем біоенергетики є виробництво етанолу і фурфуролу з біомаси відходів сільськогосподарських рослин (солома, кукурудзяний качан, лузга соняшника тощо) та кори дерев. Тут необхідно опрацювати ефективні методи ферментативного гідролізу лігноцелюлози до цукрів та спирту і удосконалити технологію спиртової ферментації основних цукрів гідролізатів лігнінцелюлози до етанолу. При вирішенні цих проблем важливе значення будуть мати також сучасні методи селекції дріжджів і цвільових грибів, аж до методів генетичної інженерії, і застосування хіміко-технологічних методів розділення та перетворення речовин.

Сільськогосподарське виробництво в Україні зі споживача енергії нині трансформується на її виробника. Для сільського господарства виробництво й ефективне використання біопалив – це поклик часу, актуальне завдання, яке вимагає вирішення у найближчій перспективі. Для збереження природних ресурсів та покращення екології наукою пропонується замкнутий цикл обміну споживання і відтворення енергії. Даній вимозі відповідає використання палива на основі біоетанолу, який захопив значну частину світового ринку енергоносіїв і з кожним роком набуває більшої значимості. Шляхом спалювання біопалива відбувається природний обмін речовин – вуглекислий газ ($CO_2$) знову поглинається рослинами [2].

Початок використання біоетанолу як палива йде від часу появи перших двигунів внутрішнього згоряння. На даний період вже декілька відомих машинобудівних фірм (GM «Ford», «Volkswagen», «Fiat») продемонстрували двигуни, котрі як паливо використовують лише етанол. Більш широко етанол (зневоднений спирт) використовується як домішка до моторного бензину. Він поліпшує процес спалювання бензину, одночасно обмежуючи емісію окисів вуглецю та азоту, а також вуглеводнів у викидних газах [16, 20].

Україна, яка має щорічну потребу світлих нафтопродуктів – до 12 млн. тонн бензину та близько 15 млн. тонн дизельного палива – приєдналася до виробництва біоетанолу десять років тому, де на державних спиртових заводах виробництва біоетанолу пройшло повний цикл стендових й експлуатаційних іспитів і у встановленому порядку використання їх допущено в Україні. Ринок дизпалива 2020 року становив 7,37 млн. тонн, що перевищує показник минулого 2019 року на 5,4% (375,6 тис. тонн) та 2,12 млн. тонн бензину в 2020 році, порівняно із 2019 роком – 1,77 млн. тонн [21, 22].

Даний напрям висвітлений у Законі України «Про альтернативні види рідкого та газового палива», Указі Президента України «Про невідкладні заходи щодо забезпечення України енергоносіями та їх раціонального використання в Україні», Постанові Кабінету Міністрів України щодо схваленої Програми державної підтримки розвитку нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії, якою окреслено напрями збільшення обсягів залучення до паливно-енергетичної бази України нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та характерних для кожного регіону альтернативних видів палива.

Розв’язання проблеми динамічного виробництва біопалива вимагає створення ринку енергетичних культур як сировини для його виробництва, використання сільськогосподарських угідь придатних для вирощування енергетичних культур, не знижуючи рівень виробництва продуктів харчування. З цього приводу точиться постійно дискусія: що важливіше – продовольство чи біопаливо? Зазначена проблема є дуже складною, оскільки, з одного боку, забезпечення населення продовольством є пріоритетною завданням кожного уряду, а з іншого – енергетична незалежність держави є основою її суверенітету. Тому аналіз можливостей з вирощування біосировини для отримання біопалива слід проводити з урахуванням реальної ситуації як з існуючими потребами в продуктах харчування, так і з існуючими джерелами забезпечення паливом як держави в цілому, так і окремих її регіонів [23].

Для України, як потужної аграрної країни, в цілому проблема «продовольство проти палива» не є дуже гострою, оскільки:

– на разі Україна не тільки забезпечує себе в достатній кількості продуктами харчування, використовуючи при цьому здебільшого екстенсивні методи виробництва сільськогосподарської продукції і щороку не в повному обсязі вводяться в сільськогосподарське використання земельні ресурси, а й експортує частину продукції сільського господарства;

– Україна має значний природно-економічний, науково-виробничий потенціал для збільшення обсягів виробництва продукції сільського господарства шляхом підвищення культури землеробства, освоєння інноваційних технологій і виходячи з цього, підвищення врожайності сільськогосподарських культур;

– в Україні дуже погано розвинене промислове виробництво та використання рідкого біопалива.

Враховуючи вище наведене, необхідно ще раз відмітити важливість формування ринку біопалива в Україні до рівня, як це визначено Кіотською угодою та Директивою 2003/30/ЄС, не завдаючи проблем із забезпеченням

населення продовольством відповідно до існуючих потреб, норм та перспектив.

В Україні для виробництва біопалива найбільш перспективно вирощувати наступні види енергетичних культур для виробництва:

– біоетанолу – зернові культури, і насамперед, зерно кукурудзи та цукрові буряки [2, 22];

– біодизельного топлива – насіння олійних культур, зокрема: ріпаку, соняшника, сої.

Для проведення оцінки можливості трансформації використання частини сільськогосподарських угідь із виробництва продуктів харчування на вирощування сільськогосподарських культур як біосировини для виробництва біопалив, не знижуючи рівень виробництва продуктів харчування, застосовували підхід, який використовує Держкомстатистика України в своїх розрахунках.

Згідно з цим підходом для забезпечення збагаченого раціону однієї людини потрібно задіяти під сільськогосподарське виробництво 0,5-0,6 га сільськогосподарських угідь. Враховуючи те, що населення України на разі (у 2020 році) билзько 42 млн. чоловік, отримуємо наступну площу сільгоспугідь, необхідну для забезпечення населення продовольством в достатній кількості:

$$S \text{ п. з.} \sim 42 \text{ млн. чоловік} \times 0{,}55 \text{ га} = 23{,}1 \text{ млн. га}$$

Оскільки загальна площа сільськогосподарських угідь в Україні складає 41,4 млн. га, то у зв'язку з тим, що площа ріллі в структурі сільськогосподарських угідь становить 77,3 % і для врахування непередбачених обставин в перспективі приймемо в подальших розрахунках замість 77,3 % – 70 % обсягу визначеної площі, яку доцільно спрямувати на вирощування енергетичних культур як сировини для виробництва біопалива, таким чином одержимо:

$$14{,}4 \text{ х } 0{,}7 = \sim 10 \text{ млн. га}$$

Отже, з певною мірою вірогідності можливо стверджувати, що в Україні, теоретично, для вирощування енергетичних культур з метою отримання рідкого біопалива є можливість виділяти в межах 10 млн. га ріллі, водночас не знижуючи рівень продовольчої безпеки країни. Враховуючи ситуацію, що склалась в Україні в останні роки щодо різкого збільшення посівних площ енергетичних культур – виникає необхідність провести визначення прогнозної урожайності енергетичних культур як сировини для виробництва біопалива [2, 23].

Слід зазначити, що сьогодні значна частка сільськогосподарських підприємств при вирощуванні енергетичних культур через відсутності ресурсних засобів не дотримуються сучасних агротехнологій, (низький рівень внесення органічних і мінеральних добрив, низька якість посівного матеріалу, відсутність коштів для закупівлі високоврожайних сортів, недотриманням сівозмін, незадовільне проведення заходів щодо захисту рослин тощо) і така ситуація може спостерігатися і в наступні роки [21, 23].

Слід зауважити, що вирощування кукурудзи на зерно для технічних цілей вимагає значного внесення мінеральних добрив і використання пестицидів, але в умовах глобального потепління клімату це один із найбільш ефективних напрямів діяльності сільськогосподарських формувань. Загалом, процес вирощування, збирання та переробки кукурудзи є достатньо енерговитратним,

тому прогнозуючи ріст виробництва зерна цієї культури, водночас необхідно розв'зувати проблеми ресурсного забезпечення технології її вирощування.

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

Зараз клімат України у тренді глобального потепління, воно охопило всю територію нашої країни, а швидкість підвищення температури повітря навіть дещо випереджає середньосвітову. Кліматичні зони зміщуються на північ та захід, спека і посухи стають все більш катастрофічними, багато екстремальних явищ погоди, які раніше були рідкісними, часто повторюються в невластиві сезони та на невластивих для них територіях. Ці наслідки змін клімату позначаються на виробництві сільськогосподарських культур, стані лісів та водних об'єктів, тваринництві та рибному господарстві тощо [1, 2].

Найважливіший фактор для високого врожаю будь-якої культури в Україні з її природною (за кліматом) досить обмеженою кількістю опадів – це достатнє зволоження ґрунту. Дефіцит ґрунтової вологи у вегетаційний період – головний фактор, який зменшує врожайність [1].

Всупереч попереднім оцінкам кліматологів, які прогнозували зменшення кількості опадів, за останні 20 років у середньому кількість річних опадів не зменшилася. Однак за 5 років (2015-2019 рр.) спостерігався їх вкрай нерівномірний розподіл у часі та по території – від 500 мм у 2015 р. до 659 мм у 2016 р., що відповідно склало 84% та 111% норми. При цьому спостерігалося деяке збільшення кількості опадів взимку та суттєве зменшення влітку [1, 24].

Практично всі посівні площі сільськогосподарських культур в Україні знаходяться в зоні ризикованого землеробства (території із природним дефіцитом опадів), де є постійний ризик втрати обсягів урожаю у надто посушливий рік або втрати якості урожаю у надмірно дощовий рік. Вплив клімату на сільське господарство - очевидний. Однак, сільське господарство, яке часто потерпає від зміни клімату, одночасно є джерелом викидів парникових газів, а отже і причиною цих змін. Крім того глобальна зміна клімату, обумовлена парниковим ефектом, стала найважливішою міжнародною та політичною проблемою. Вуглекислий газ визнано одним із головних винуватців посилення парникового ефекту. Інші, відомі парникові гази, у сумі спричиняють приблизно половину глобального потепління. Надлишок в атмосфері парникових газів та аерозолів, сонячна радіація та властивості земної поверхні змінюють енергетичний баланс кліматичної системи [1].

Зміну клімату за останні 30 років називають «антропогенною», тому що людство, впродовж свого існування, втручалося в природу і продовжує це робити: вирубує ліси та бездумно розорює землі, порушуючи режим вологості та вітровий режим планети, а також у великих обсягах спалює

викопні палива, що є головним джерелом викидів парникових газів. Коли люди спричиняють будь-які зміни навколишнього середовища, змінюється і клімат. За песимістичними прогнозами, подальше бездумне руйнування навколишнього середовища людством може спричинити незворотну зміну клімату. Наслідки змін клімату – посухи, дефіцит грунтової вологи – негативно впливають на ведення сільського господарства. Зменшення врожайості, а в окремих регіонах його втрата, загрожують забезпеченню продовольчої безпеки країни [1, 2].

Аграрний сектор чи не найбільше з усіх галузей економіки країни потерпає від змін клімату, проте, він теж не є екологічним і впливає на зміну клімату. Агропромисловий комплекс є значним джерелом викидів парникових газів за рахунок використання викопних видів палива, спалювання рослинних решток на полях, недотримання норм утилізації відходів продукції рослинництва і тваринництва, харчових відходів, принципів землекористування тощо [1].

З одного боку, сільське господарство є значним джерелом викидів парникових газів, адже тваринництво і рослинництво пов’язані з викидами вуглекислого газу, метану і оксиду азоту. Відповідно до звітів про викиди, які уряди країн регулярно подають у Секретаріат Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату, на сільське господарство припадає приблизно 15% від світового обсягу викидів парникових газів [2, 24].

З іншого боку, парникові гази змінюють клімат і, таким чином, впливають на сільськогосподарське виробництво. При цьому частка сільського господарства в світовому ВВП становить близько 4%, а це свідчить, що вуглецева інтенсивність сільського господарства (обсяг викидів на одиницю виробленої продукції) досить велика. Агропромисловий комплекс України є однією із бюджетоутворюючих галузей економіки країни, і частка сільського господарства у ВВП становить понад 10% впродовж останніх п’яти років. Сільське господарство є джерелом надходження валютної виручки в країну, адже агропродовольчий експорт у 2019 році склав 22,14 млрд.дол. США, що становить 44,3% від загального експорту. Незважаючи на кризові явища в економіці країни, аграрний сектор економіки демонструє стабільність і зростання обсягів виробництва продукції та надходжень до дохідної частини бюджету (табл. 1) [2, 25-27].

Не дивлячись на те, що Україна має великий експортний потенціал сільськогосподарської продукції, аграрний сектор нашої країни все ще не можна назвати екологічним. Вирішити окреслені проблеми можна шляхом впровадження екологічно безпечних техногій виробництва і використання біопалив у агроформуваннях. Такі технології  не лише сприяють зменшенню викидів вуглекислого газу, а й забезпечують енергетичну незалежність підприємства та галузі, підвищують родючість грунту і рентабельність виробництва сільськогосподарської продукції вцілому [1].

Незважаючи на це глобальне потепління сприяло зміні груп стиглості гібридів кукурудзи, строки цвітіння скоротились на 12-15 днів, а строки дозрівання – на 18-27 днів. Більш ранні дати настання фаз вегетації можуть

виражатися в додатковому врожаї при використанні пізньостиглих форм або в економії енергоносіїв на сушінні. Але є і інша сторона медалі – це дефіцит вологи, в умовах потепління [28-30].

**1. Основні показники сільського господарства України у 2015-2019 рр.**

| Показник | Роки | | | | | Відхилення, +/- |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | |
| Валовий внутрішній продукт у фактичних цінах, млн.грн. | 1988544 | 2385367 | 2983882 | 3560596 | 3974564 | 1986020 |
| Обсяг сільськогосподарської продукції, млн.грн. | 544193,0 | 631105,0 | 690895,0 | 843295,0 | 840629,0 | 296436 |
| Частка сільського господарства у ВВП, % | 14,2 | 13,8 | 12,1 | 12,0 | 10,5 | -3,7 |
| Загальний експорт, млрд.дол. США | 38,1 | 36,4 | 43,3 | 47,3 | 50,0 | 11,9 |
| Агропродовольчий експорт, млрд.дол. США | 14,6 | 15,3 | 17,8 | 18,6 | 22,14 | 7,54 |
| Аграрна та харчова продукція в загальному експорті України, % | 38,3 | 42,0 | 41,1 | 39,3 | 44,3 | 6,0 |
| Викиди парникових газів всього, тис.т. $CO_2$ – екв. | 316103 | 339113 | 315975 | 344076 | - | - |
| Викиди парникових газів у сільському господарстві, тис.т. $CO_2$ –екв. | 39461 | 42178 | 41091 | 44239 | - | - |
| Частка викидів парникових газів від сільського господарства до загальних викидів, % | 12,5 | 12,4 | 13,0 | 12,9 | - | - |

*Джерело: розраховано автором за даними Державної служби статистики України [25], Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [27], United National Climate Change [26]*

За оцінками українського Гідрометцентру середні температури вегетаційного періоду за останні 5 років на 1,7°С перевищують 20 річні показники. Найбільша динаміка наростання відбувається в період із квітня по липень [31]. В умовах потепління вирішення забезпеченості вологою вирішується ранніми строками сівби [28].

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

посухи, суховіїв, ураганів, пилових бур тощо [32].

Глобальне потепління клімату розширює ареал вирощування кукурудзи, відкриває значні можливості зайняти нові площі на півночі, так середнє підвищення температур на 1ºС відсуває кордони культивування на 200 км на північ [28].

У зональному аспекті ймовірність посух зменшується від 80-90% на південних чорноземах, у Присивашші – до 40%, на чорноземах звичайних - 20-40%, чорноземах типових центральної й південної частини Лісостепу – 10-20%. Тобто навіть в умовах зони Лісостепу, ґрунти якої є еталоном родючості в Україні, один-два роки з десяти є посушливими з відчутним недобором урожаїв. Імовірність весняних посух з урахуванням локальних в Україні становить 84%, літніх – 98%, осінніх – 71%, зокрема надзвичайно посушливих і катастрофічних – 8,3 і 5,0% відповідно. Таким чином, у період вегетації кукурудзи зменшилася кількість атмосферних опадів, у критичні періоди розвитку рослин відзначено зниження відносної вологості повітря, збільшення середньодобової температури повітря, що призводить до неповного запилення і, як наслідок, зменшення врожайності через череззерницю. Збільшується кількість днів із суховійними явищами. Якщо спостерігаються атмосферні опади, то вони мають зливовий характер, що малоефективно, а іноді й негативно впливає на ріст і розвиток рослин [32].

Інкрустація насіння гібридів кукурудзи підвищує їх посухостійкість та у два рази жаростійкість [33]. Через очікуване глобальне підвищення температури повітря продовольча безпека України значною мірою залежатиме від того, як ефективно адаптується сільське господарство до змін агрокліматичних умов [34].

На думку деяких дослідників [28], прохолодно-волога фаза клімату, що почалася в 1978-1979 рр., закінчилася на початку XXI ст.. Сучасно тепло-суха фаза розпочалася в період 2005-2007 рр., її максимум припаде на час 2011-2015 рр., а закінчення – на 2025-2028 рр. У зв'язку із цим ці зміни, що гостро відчуваються і в нашій країні, мають тимчасовий характер та не можуть бути тільки антропогенним характером. Парникові гази (GES) відіграють головну роль у регулюванні клімату, забезпечуючи підтримання середніх температур на планеті на рівні + 15°С замість +18°С. До них належать, в основному, метан ($CH_4$), оксид діазоту ($N_2O$), діоксид вуглецю ($CO_2$) та водяна пара. Кожен із цих газів по-різному впливає на глобальне потепління. Парниковий ефект утворюють водяна пара та хмари (72%), а також $CO_2$ (28%).

Глобальне потепління, яке спостерігається останні 100 років, починає перевищувати середні історичні коливання і вирізняється швидкістю температурних змін. Навіть якщо з початку 2000-х рр. потепління тимчасово припинилося, концентрація парникових газів, а особливо вуглецевого газу ($CO_2$), продовжує зростати. Антропологічне походження явища не викликає сумнівів, як вважають експерти GIEC (5-й звіт, 2014 р.). Моделі кліматичних змін, розроблені експертами GIEC, передбачають чотири більш-менш песимістичні сценарії, згідно яких у період між 2081 -м та 2100 р. температура підвищиться на 0,3-4,8°С відносно середнього рівня 1986-2005 рр. Якщо ставити за мету утримувати підвищення глобальних температур нижче +2°С, слід зменшити вдвічі обсяг усіх

парникових викидів у світі та вчетверо - обсяг парникових газів, які викидаються розвинутими країнами (те, що називають «фактор 4») [28, 30].

Ведення сільськогосподарського виробництва формує велику кількість побічних продуктів і відходів. Багато видів таких відходів є забруднювачами для навколишнього середовища. Це несе серйозні ризики для якості води, повітря, ґрунтів, біорізноманіття та здоров'я людей. Ці проблеми можна вирішити шляхом переробки вищезгаданих ресурсів для отримання біогазу, орієнтуючись на європейський досвід.

**2. Викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення в Україні, тис.т.***

| За видами економічної діяльності | Роки | | |
|---|---|---|---|
| | 2016 | 2017 | 2018 |
| Усього | 3078,1 | 2584,9 | 2508,3 |
| Сільське, лісове та рибне господарство | 81,6 | 80,3 | 78,2 |
| Добувна промисловість і розроблення кар'єрів | 465,4 | 479,3 | 445,1 |
| Переробна промисловість | 976,7 | 874,3 | 882,9 |
| Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря | 1414,5 | 1011,0 | 988,8 |
| Водопостачання; каналізація, поводження з відходами | 14,1 | 15,8 | 16,2 |
| Будівництво; оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів | 26,6 | 23,0 | 7,6 |
| Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність | 60,8 | 60,3 | 58,2 |
| Інши види економічної діяльності | 38,4 | 40,9 | 31,3 |
| У розрахунку: на одну особу, кг | 72,1 | 60,8 | 59,3 |
| на 1 км$^2$, кг | 5338,3 | 4483,0 | 4350,0 |

**Джерело: Державна служба статистики України*

У 2012 р. загальний обсяг викидів у світі становив 49 мільярдів тонн еквіваленту $CO_2$, що відповідає у середньому 6 тоннам еквіваленту $CO_2$ на одного жителя планети. Викиди земельного сектора під назвою AFOLU, до якого належить сільськогосподарська діяльність, а також наслідки змін у цільовому використанні землі (особливо вирубка лісів), складають одну четверту загального обсягу. Сільське господарство вносить 11% обсягу викидів, серед яких основну частину складають викиди $N_2O$ (через азотні добрива для рослин) і $CH_4$ (через кишкову ферментацію жуйних тварин). Щодо викидів $CO_2$, загальні показники рослинництва доволі позитивні, оскільки застосування енергоносіїв, що використовуються у процесі виробництва (паливо, виготовлення добрив), значною мірою урівноважується «помпуванням» вуглецю рослинами та утриманням певної його частки у ґрунті разом із пожнивними рештками [1, 28].

Згідно даних Міжурядової групи експертів з питань змін клімату

(Intergovernmental Panel on Climate Change), впродовж 2007-2016 років, у структурі антропогенних викидів парникових газів у світі промисловість становить 21%, транспорт – 14%, енергетика та добування – 35%, житловий сектор – 6%, сільське, лісове господарство та землекористування – 23%. Викиди сільського, лісового господарства та землекористування складаються з вуглекислого газу ($CO_2$) – 13%, метану ($CH_4$) – 44%, викидів оксиду азоту ($N_2O$) – 82%) (The Intergovernmental Panel on Climate Change).

За даними Всесвітньої організації з продовольства та сільського господарства (FAO – Food and Agriculture Organization) у структурі емісії викидів $CO_2$ агропромислового комплексу України у 2017 році левову частку становлять викиди від тваринницької галузі (рис. 1) (The Food and Agriculture Organization (FAO)).

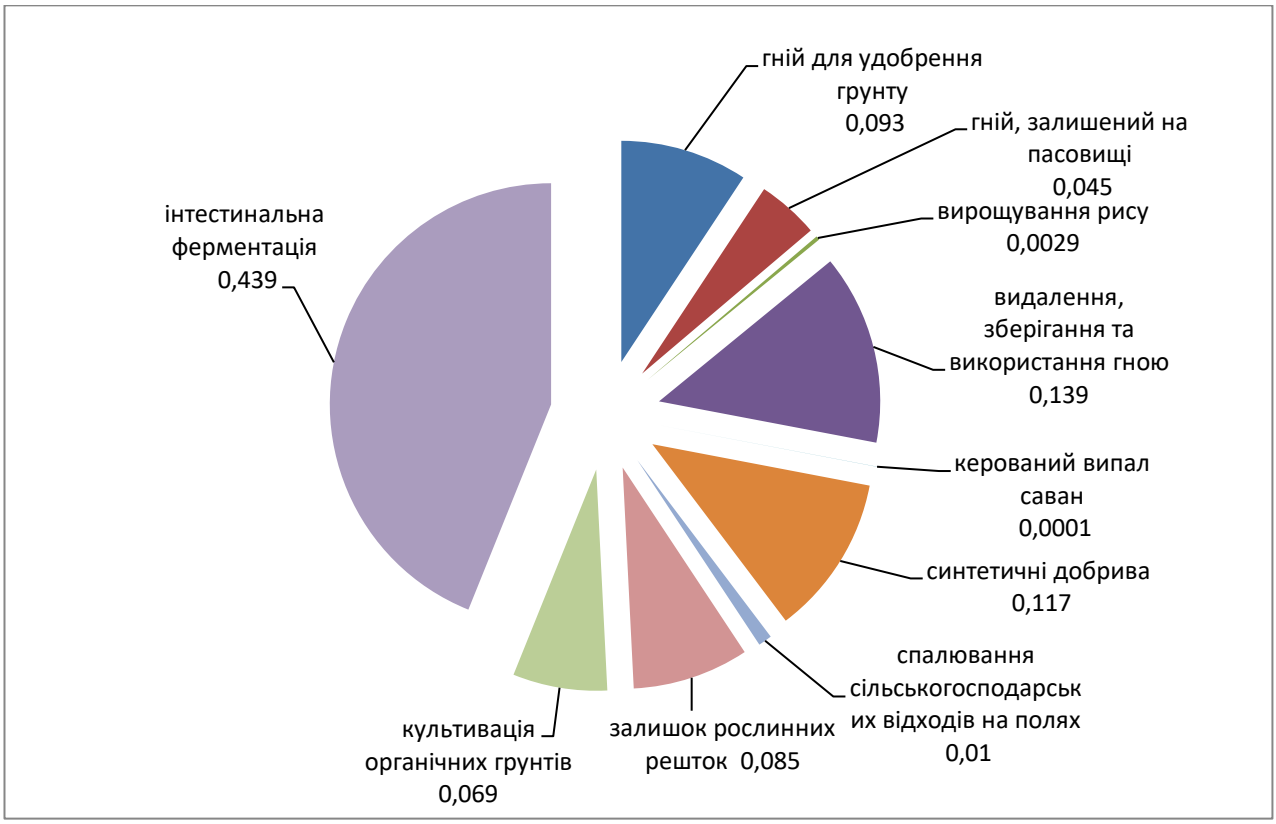


***Рис. 1.*** **Структура викидів АПК України, середній показник за 1990-2017 рр., $CO_2$ equivalent**

Унаслідок підвищення середньодобової температури повітря на 1,0-1,5°С відбулося подовження вегетаційного періоду на 10-15 діб, збільшення кількості теплих і сухих днів, більш раннє та різке настання теплого періоду навесні. Також слід зазначити певну зміну характеру зволоження впродовж року з погіршенням його у весняно-літній період, особливо в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. Ураховуючи незначні відхилення середньорічних показників, брак опадів у вкрай потрібний час для розвитку та формування врожаю більшості культур компенсується здебільшого підвищенням їх кількості в осінній і зимовий періоди [35].

Потепління клімату майже зняло проблему забезпечення кукурудзи

теплом. І на сьогодні практично немає територій, де б кукурудзі не вистачало тепла для дозрівання [36].

Сільське господарство, рибництво, харчова промисловість, лісне господарство, деревообробка та переробка біологічних відходів перетворюють сонячну енергію на вуглецеві продукти, які можна зберігати та повторно використовувати. Для виробництва, збирання та переробки всіх цих біопродуктів необхідна енергія, але їх екологічні показники значно кращі, ніж у традиційних галузей промисловості. Зміни у практиці ведення сільського господарства та збільшення виробництва біомаси (і, відповідно, уловлювання та зв'язування вуглецю у нових погодних умовах), селекція сортів, більш стійких до посухи, краще управління іригаційними системами, зберігання води, енергозберігаючі технології та скорочене використання мінеральних добрив – усе це шляхи вирішення проблеми, які розробляються у рамках різних дослідницьких програм [1, 24, 28, 37].

Але найважливіше, мабуть, це – потенціал збереження вуглецю у біомасі та в ґрунті через заорювання пожнивних решток, коріння та листового опаду з лісів, що складає потужний засіб зменшення наслідків від викидів газів. Експерти GIEC уперше проаналізували всі сектори сільського та лісового господарства, земельних ресурсів, відповідальні за викиди парникових газів. З урахуванням переробних галузей земельний сектор міг би посприяти зменшенню від 20 до 60% наслідків викидів у масштабі планети до 2030 року [28, 37]. Щодо Європи, то внесок цього сектора може становити одну чверть усіх її зобов'язань із скорочення викидів, тобто на 40% до 2030 року [28].

Рослинництво є справжньою вуглецевою шахтою завдяки механізму «помпування», який являє собою фотосинтез. Фотосинтез дозволяє рослинам забирати вуглець із повітря, зберігати його у формі органічного вуглецю та потім виробляти кисень. Уся ця біомаса може бути вивезена з поля на переробку, розкладатися (мінералізація) або ж стабілізуватися та зберігатися у ґрунті (зволоження). Залежно від умов зберігання може бути більш тривалим. Метаболізм (метаболізм типу «$C_4$») дозволяє кукурудзі, сорго та цукровій тростині уловлювати більше $CO_2$ та виробляти більше біомаси з гектара, ніж інші рослини. Вони вміють «економити» значну частку енергії, яка виробляється в процесі фотосинтезу, оскільки позбавлені фотодихання, що робить їх пристосованими до нормального функціонування за високих температур. Це також пояснює, чому саме ці культури більш продуктивно споживають воду та азот. До того ж, як доводить базове рівняння фотосинтезу, уловлювання вуглецю та вироблення кисню взаємозв'язані: при врожайності 10 т зерна один гектар кукурудзи виробляє 10 т $O_2$ на рік [28].

Існує зв'язок між урожайністю біомаси культури та збільшенням запасів органічного вуглецю у ґрунті. Кукурудза на зерно виробляє значні обсяги біомаси: на тонну зерна припадає майже тонна біомаси, яка залишається в землі у вигляді решток та коріння. У масштабах Європи цей потенціал становить родовище у 100 млн. тонн брутто вуглецевих решток. До того ж, пожнивні рештки кукурудзи містять лігнін і целюлозу з високим співвідношенням C/N (вуглець/азот), що наближується до 50. Такі властивості сприяють утворенню

стабільного гумусного шару та забезпечують необхідне мікробне середовище для розпаду цих решток. Переробка цих родовищ зв'язаного на довгий термін вуглецю залежить також від способу використання решток. Правильний підхід до них дозволяє збільшити «врожайність»: раннє подрібнення та поверхневе заорювання решток (мульчування). Проте недавні дослідницькі роботи довели, що на зберігання вуглецю (і, відповідно, на результати викидів парникових газів) не впливає практика глибокого орання, а тому можна дотримуватися тих методів роботи на землі, які найбільш підходять до місцевих умов. І нарешті, вважається, що рослина кукурудзи дозволяє довготривале зберігання в ґрунті 2,2 тонн еквіваленту $CO_2$ на гектар на рік [2, 28, 31].

Існує декілька сценаріїв впливу змін клімату на врожайність зернових культур. За оптимістичного сценарію можна припустити, що надалі температура підвищуватиметься в середньому в зонах Полісся до +14,7...+15,4 °С, Лісостепу +16,2..+19,0 °С, Степу +19,2..+22,1 °С. За вегетаційний період це вище за середньо-багаторічний показник на 1,2-1,9 °С, 1,5-2,0 та 2,0-2,5 °С відповідно. До 2050-го прогнозується підвищення температури в зоні Полісся ще на 1,2-1,9 °С, Лісостепу – 1,5-2,0 °С, Степу – на понад 2,0-2,8°С, а прогнозовані значення середньої за вегетаційний період температури становитимуть відповідно 15,3-16,0 °С, 17,0-19,8 та 19,8-22,9°С [32]. Тому на перше місце виходить упровадження комплексу вологозберігальних агротехнічних заходів для максимального накопичення атмосферних опадів впродовж року й використання вологи у вегетаційний період. Зокрема, це мінімізація структури посівних площ, вологозберігальні способи обробітку ґрунту, система удобрення культур та боротьба з бур'янами [2, 32].

За останні роки на території України істотно збільшилася кількість погодних аномалій. Українським Гідрометеорологічним центром установлено, що 2014 рік був 37-м поспіль, починаючи з 1976 року, впродовж якого щорічна глобальна температура була вище за середню. Із 2000 року ми мали 11 із 13 найтепліших років за останні 132 роки [34].

З метою запровадження та стимулювання розвитку альтернативної енергетики та ширшого використання нових видів палива необхідна державна програма наукових розробок виробництва біопалива з альтернативних джерел сировини, пільгова підтримка кредитних ресурсів та послідовна інвестиційна політика держави щодо створення фінансових фондів з метою сприяння науковим дослідженням у галузі альтернативних цукроносних культур. Наразі в світовій науці дедалі більшу роль відіграє генна інженерія, яка дає можливість переглянути стереотипи виробництва біоетанолу на основі енергетичних культур. Біотехнології, котрі базуються на досягненнях генної енергії, дадуть змогу розширити різновидність цукро- та інуліноносних культур, що зменшать собівартість виробництва біоетанолу [22].

Аналіз сучасного ринку технологічно обладнання і технологій доводить, що з технічного боку немає істотних перешкод для промислового виробництва біоетанолу. Економічний ефект від застосування буде підвищуватися завдяки правильному вибору технології вирощування та переробки, обґрунтованому розташуванню необхідного обладнання в місцях накопичення сировини, а також

комплексному використанню отриманих в процесі переробки продуктів.

## 1.2. Народногосподарське значення різних підвидів кукурудзи у виробництві біопалив

Кукурудза – одна з основних культур сучасного світового рослинництва. Це пов'язано з її високою врожайністю і різноманітним використанням. Кукурудзу на зерно вирощують в основному в теплих регіонах світу. Однак завдяки селекції ранньостиглих гібридів вона просунулась і в більш північні регіони Європи [2].

Зерно кукурудзи містить 9,0-12,5 % білків, 65-70 % вуглеводів, 4-8 % олії, 1,5 % мінеральних речовин. У 100 кг його міститься 134 корм. од., до 8 кг перетравного протеїну. У вигляді кормового борошна, висівок воно добре перетравлюється і засвоюється організмом тварин. При годівлі свиней особливо цінується жовтозерна кукурудза, в 1 кг якої міститься від 3,2 до 9 мг каротину, або провітаміну А (у білозерної – до 1,1 мг), який значно підвищує їх продуктивність. Використовують зерно на корм також силосуванням качанів у фазі молочно-воскової стиглості, яке за поживністю мало поступається зерну повної стиглості. Із подрібненого зерна вологістю близько 25 % разом із подрібненими стрижнями качанів виготовляють зерно-стрижневу кормову масу, а тільки з подрібненого зерна з такою самою вологістю – такий новий вид корму, як корнаж [2, 38, 39].

**3. Оптимальні комбінації в сівозміні $C_3$ і $C_4$ рослин**

| | |
|---|---|
| Зернові, картопля, трави, коноплі, ріпак, суріпа олійна, соняшник, горох **$C_3$** | Кукурудза, просо, цукрова тростина, суданська трава (сорго), амарант **$C_4$** |
| Використання в холодні і зимові періоди (холодостійкі) | Високий потенціал виходу в літні місяці (теплолюбові) |
| Оптимальна асиміляція за 23°С | Оптимальна асиміляція за 30°С |
| Вихід сухої маси: 8,0-12,0 т/га | Вихід сухої маси: 19,0-25,0 т/га |
| Норма використання води: 500-700 л $H_2O$/кг сухої маси | Норма використання води: 250-400 л $H_2O$/кг сухої маси |
| Ефективність поживних речовин: 1 мг N/39 мг сухої маси | Ефективність поживних речовин: 1 мг N/57 мг сухої маси |

Кукурудза займає важливе місце в зеленому конвеєрі, забезпечуючи тваринництво зеленою масою, багатою на вуглеводи й каротин. У 100 кг зібраної до викидання волотей зеленої маси міститься 16 корм. од. Цінний силос для великої рогатої худоби виготовляють силосуванням усієї маси рослин – стебел, листя та качанів кукурудзи, зібраної у фазі молочно-воскової стиглості. У 100 кг такого силосу міститься 25-32 корм. од. і 1,4-1,8 кг перетравного протеїну [2, 9, 10]. Силос із зернових культур дуже добре підходить для сівозміни енергетичних рослин, вони можуть вирощуватися на

глинистих ґрунтах, давати при низьких весняних температурах хороший і стабільний урожай [40].

Відходи качанів рослин (Corn-Cob-Mix (CCM)) і чисті кукурудзяні зерна значно відстають щодо виходу з одиниці площі в порівнянні з урожаєм силосної кукурудзи, але мають значно вищу щільність енергії, а таким чином і вихід газу (табл. 3) [2, 40].

Кукурудзу називають ще рослиною $C_4$ через великий вихід сухої маси. Кукурудза легко силосується і навіть при чистому використанні не викликає порушень в процесі роботи біогазових установок. Сьогодні вже є спеціальні гібриди для використання в біогазових установках. Більш пізні гібриди дозволяють також отримувати більш пізні врожаї (табл. 4) [10, 40].

**4. Сумісне вирощування кукурудзи і соняшнику**

| Показники | Соняшник + кукурудза | Кукурудза |
|---|---|---|
| Вихід сухої маси т/га | 150 | 200 |
| Сирий жир в % сухої речовини | 6,3 | 3,6 |
| Вихід метану $м^3$ $CH_4$/кг органічної сухої речовини | 0,49 | 0,34 |
| Вихід метану $м^3$/га | 7350 | 6713 |

Оптимальним часом для збирання врожаю є його готовність для силосування, перетравлення і погодні умови. Як правило кукурудза під час збирання повинна мати вміст сухої речовини 28-35% і перебувати в стані між молочної стиглістю і придатністю для борошна. У сприятливих районах для вирощування від пізніх сортів можна отримати великий вихід із посівних площ в розмірі більш ніж 8000 $м^3$ метану/га. Вихід від посівів силосної кукурудзи коливається між 120 і 270 центнерами / га, вихід газу між 300 і 380 літрами на кг органічного сухої речовини [10, 40].

**5. Кругообіг азоту енергетичних рослин при виробництві біогазу**

| Показники | Кількість N в кг/га |
|---|---|
| Винос N разом із урожаєм = вміст N в субстраті | 300 |
| Втрати при зберіганні 5% | -15 |
| Втрати при внесенні в грунт 20% | -57 |
| **Проміжний баланс** | **+228** |
| Внаслідок зброджування біля 62% у вигляді мінералів і легкодоступних сполук | +143 |
| N-мінералізація в грунті | +60 |
| Вимивання N | -30 |
| Фіксування N в грунті (удобрення соломою) | -25 |
| Повернення Nразом із збродженим субстратом | +148 або +173* |
| Додаткова потреба в азотвмістних добривах для перекриття 300 кг/га | -152 або -127* |
| *- без фіксації в гумусі; N**-денітріфікація – внесено із повітря, без бобових | |

У фазі воскової стиглості зерна, вміст азоту в рослинах сорго цукрового становить 1,09-1,14%, фосфору – 0,32-0,39%, калію – 1,11-1,16% та вуглецю – 38,06-38,59%, тоді як у гібридів кукурудзи показники азоту, фосфору і вуглецю є вищими на 0,27-0,29%, 0,04-0,12% і 1,21-1,27%, а калію меншими на 0,17-0,23% (табл. 5) [41].

Оскільки кукурудза містить мало жиру (2-3% сухої речовини), то його вміст підвищують шляхом сумісного вирощування із соняшником, тим самим підвищуючи виробництво біогазу [40].

Якщо наприклад рік був вдалий з точки зору вирощування кукурудзи, і з гектара вдається зібрати 550 центнерів сирої маси, то після бродіння необхідно мати 1,4 га орної землі щоб розмістити на ній поживні речовини відповідно до державних норм про добрива. З точки зору повернення поживних речовин такий занадто інтенсивний рівень виробництва призводить до нестачі площ для внесення [21, 40].

Кукурудзяне борошно широко використовують у кондитерській промисловості – для виготовлення бісквітів, печива, запіканок. Із зерна виробляють харчові пластівці, повітряну кукурудзу, крупу. Причому за вмістом білків (9,0-12,5 %) кукурудзяна крупа переважає інші крупи (пшоно, ячмінну, гречану). Із зерна виробляють харчовий крохмаль, сироп, цукор та мед. Вживають у їжу недостигле зерно, особливо цукрової кукурудзи, у вигляді варених качанів. Із зародків зерна добувають рослинну олію, яка є не тільки висококалорійним продуктом харчування, а й має лікувальні властивості: містить лецитин, який знижує вміст холестерину в крові і запобігає атеросклерозу(табл. 6) [9, 42, 43].

**6. Потреба в азоті для різних польових культур**

| Культури | Потреба в N кг/га |
|---|---|
| Пшениця зернова DS 8,0 т/га | 120-200 |
| Пшениця GPS (озимі сорти) | 100-160 |
| Кормові буряки + гичка | 100-200 |
| Силосна кукурудза | 140-220 |
| Жито озиме на з/к | 160 |
| Луки екстенсивні (1 укіс 3,5 т сухої маси/га) | 100 |
| Луки інтенсивні (4 укоси 10,0 т сухої маси/га) | 290 |

При повній і комплексній переробці кукурудзи отримують більше 500 видів різних продуктів. Зерно її використовують для виробництва різних прохолодних напоїв, піностійких сортів пива, етилового спирту, гліцерину, органічних кислот (молочної, лимонної, оцтової та ін.). Підраховано, що з кукурудзи виготовляють понад 300 різних виробів, значна частина яких, у свою чергу, є сировиною для виготовлення іншої продукції. Наприклад, із кукурудзяного сиропу виробляють каучук, фарби, різні антисептики, розчинники олії та ін. Вже є форми із вмістом олії в зерні понад 15 %. Як просапна культура кукурудза має агротехнічне значення: є добрим

попередником під ярі культури, а при своєчасному збиранні – і під озимі [43].

Цінні властивості кукурудзи викликають її стабільно високий попит на світовому ринку. За обсягом валового збору зерна, врожайності та приросту посівних площ, кукурудза, серед інших зернових, займає перше місце. Основні посіви кукурудзи на зерно в нашій країні розміщені в Степу й Лісостепу, на силос і зелений корм – в усіх зонах [2, 42, 43].

Кукурудза відноситься до родини **злакових або тонконогових** (Poaceae), просовидних хлібів. Рід Zea представлений єдиним видом Z. mays L., і належить до триби бородавкових, або соргових (Andropogonae), підтриби сакумових (Tripsacinae). До цієї підтриби належить ще сім родів, у тому числі Enchlaena (теосинте) і Tripsacum (трипсакум), які вважаються родичами кукурудзи [2].

За сучасною класифікацією вид Zea mays L. за плівчастістю, внутрішньою і зовнішньою будовою зерна має 9 підвидів [2, 43, 44].

Ендосперм кукурудзяного зерна не є однорідним, він складається з крохмальних та білкових структур. Крім оболонок (насінної, плодової) і алейронового шару, в ендоспермі зерна розрізняють так звані борошнисту і роговидну частини (борошнистий і скловидний ендосперм). Борошнистий ендосперм має рихлу будову з проміжками між зернами крохмалю. Самі крохмальні зерна мілкі, округлої форми. Скловидний ендосперм має більш щільне розташування крохмальних зерен, які дещо крупніші, з кутастою формою. Проміжки між крохмальними зернами заповнені протеїном і колоїдними вуглеводами. Борошнистий ендосперм містить головним чином крохмаль і дуже мало білку. Скловидний ендосперм відрізняється високим вмістом білка [9, 44].

Кількість співвідношення оболонок, ендосперму і зародку в залежності від підвиду і сорту зерна може змінюватись. В середньому на долю оболонки припадає 4,7 до 5,15% маси зерна. Максимум досягає 6%. Приблизний хімічний склад оболонки (в % до СР): пентозани – 50, клітковина – 20, лігнін – 11, зола – 1, жир – 1 [2]. Зародок займає від 10 до 14% маси зерна. Як відомо, основною складовою речовиною зародка є жир, вміст якого досягає 35%, що складає 80% загальної кількості жиру в зерні. В зародку багато мінеральних домішок – біля 10% [9, 10, 44].

Для отримання крохмалю, а відповідно і етанолу, практичну цінність мають чотири підвиди кукурудзи крохмалистий (71,5-82,0%), зубовидний (68,0-75,5 %), напівзубовидний (66,9-74,2 %) і кременистий (65,0-73,0%) [3].

За даними Я. Гадзало у 2018 році виведені гібриди кукурудзи із врожайності 8,14 т/га та виходом крохмалю з 1 га – 6 тонн. На його думку це є один із найперспективніших напрямів сучасної селекції кукурудзи, тобто з високим вмістом крохмалю для виробництва біоетанолу [45]. Вміст крохмалю в зерні залежить як від сортових особливостей, так і від технології вирощування кукурудзи на зерно. Тому, розробка комплексу елементів технології, що забезпечують збільшення урожайності та якості зерна кукурудзи є актуальним.

Підвиди кукурудзи істотно відрізняються за вмістом в зерні білку і крохмалю, а також за якістю крохмалю, яка визначається за вмістом амілози [46, 47]. Для крохмале-патокового виробництва практичну цінність мають чотири

підвиди кукурудзи крохмалиста, зубовидна, напівзубовидна і кремениста.

Ступінь розвитку борошнистого і роговидного ендосперму характерна відмінна ознака для різних підвидів кукурудзи [46]:

– *зубовидний підвид* (indentata Sturt.) характеризується великим, сплющеним зерном, на поверхні якого утворюється вм'ятина [48], скловидний ендосперм розвинутий тільки на бокових сторонах зерна, інша, більша, частина ендосперму борошниста, рихла, поверхня зерна гладенька, вмістит крохмалю у зерні 68-75,5, білків – 8,0-14,5% [9, 10, 46], він представлений більш пізніми формами, має широке поширення у виробництві, його рослини потужні, з грубими стеблами, що дають мало пасинків, качани довгі видовжені [46], відзначається високою врожайністю, хорошим виходом зерна; не кущиться [49], це найбільш поширений підвид для крохмале-патокового виробництва;

– *кременистий підвид* (indurata Sturt.), має округлу зернівку, з добре розвиненим скловидним ендоспермом, лише в центральній частині містить незначну кількість борошнистого ендосперму [46], містить 65-73% крохмалю, тобто крохмалю менше, ніж у зубовидного підвиду та 7,7-14,8% білку [10, 46], широко поширений у виробництві, характеризується високою холодостійкістю, тому до цього підвиду відноситься велика кількість скоростиглих гібридів із дрібними качанами і мілким зерном, стебла формують багато бічних пагонів (пасинків), [48, 49], утворює два, а іноді й більше качанів, [44], через міцну структуру ендосперму, відносно низький вміст крохмалю цей підвид мало придатний для крохмале-патокової промисловості [2];

– *розлусний підвид* (everta Sturt.) характеризується мілким зерном із загостреною верхівкою (рисова) або округла (перлова), поверхня гладенька, ендосперм майже повністю скловидний, при нагріванні сухого зерна ендосперм прориває перикарпій і вивертається назовні у вигляді рихлої борошнистої маси, вміст крохмалю становить 62-72, білку 10-14,5%, використовується для отримання круп і виготовлення пластівців, повітряної кукурудзи [10, 46], відрізняється низькою урожайністю, невеликими качанами з дрібним зерном, сильно кущиться;

– *крохмалистий підвид* (amylacea Sturt.) має гладеньке, округле зерно, ендосперм борошнистий, рихлий, погано захищений тонким борошнистим шаром, легко поглинає вологу і швидко уражується хворобами і шкідниками [15], майже не містить скловидної частини, проміжки між крохмальними зернами погано виповнені протеїном, вміст крохмалю в зерні цього підвиду найвищий і становить 71,5-82, білків – 6,9-12,1%, використовується в харчовій і крохмале-патоковій промисловості [10, 46, 50];

– *цукровий підвид* (saccharata Sturt.) характеризується зморшкуватим зерном, майже виповненим прозорим скловидним ендоспермом, містить багато декстрину і протеїну, низький вміст крохмалю – біля 30% цукру і до 30% водорозчинних цукрів (полісахаридів), білків – 13%, жиру – 8,1%, включає овочеві, часто скоростиглі гібриди (сорти), характеризується багатостебельністю та низькою стійкістю до шкідників і хвороб, використовується в консервній промисловості [2, 9, 10];

– *крохмалисто-цукровий підвид* (amyleo-saccharata Sturt.) має у нижній

частині зерна борошнистий ендосперм, а у верхній, як і в цукрової кукурудзи, характерну зморшкуватість [9, 46, 49];

– *плівчастий підвид* (tunicata Sturt.) характеризується затисненим в сильно розвинені колоскові луски зерном, інколи має навіть остюки, виробничого значення не має [10, 46];

– *напівзубовидний* або *кременисто-зубоподібний підвид* (semidentata Sturt.) виник в результаті багаторазового штучного та природного перезапилення кременистої і зубовидної, до нього відноситься цілий ряд високопродуктивних холодостійких гібридів із відносно коротким періодом вегетації [9, 48], зерно її має округлі краї невелику впадину на верхівці, скловидний ендосперм у неї займає більшу ніж у зубовидної кукурудзи частину зерна [49];

– *восковидний підвид* (ceratina Kulesch.) характеризується восковидним ендоспермом, зовнішня його частина за твердістю не поступається ендосперму розлусної кукурудзи; полісахариди представлені воскоподібним або клейким крохмалем [9, 10].

У виробництві найбільше поширення мають три підвиди кукурудзи: кремениста, зубоподібна та кременисто-зубоподібна [9, 10]. Крохмалиста, восковидна, крохмалисто-цукрова, плівчаста мало поширені як низьковрожайні [48].

Ендосперм займає 80-90% маси зерна кукурудзи. В клітинах борошнистого ендосперму крохмальні зерна розташовані вільно, вони мають округлу форму. Вміст білку в такому ендоспермі невеликий. Клітини скловидного ендосперму представляють собою структури щільно упакованих крохмальних зерен, поміщених в білкову матрицю. В скловидному ендоспермі вміст білка майже в 2 рази вищий, ніж в борошнистому [2]. Величина клітин кукурудзяного ендосперму від 80х50 до 240х100 ммк. В них може знаходитись 30-90 крохмальних зерен [51].

Крохмальні зерна, розміщені безпосередньо біля алейронового шару, характеризуються значно меншими розмірами, порівняно з крохмалем глибинних клітин. В алейроновому шарі не має крохмалю, в ньому в основному зосереджені запаси білкових речовин. Середній хімічний склад ендосперму (в % до СР): крохмаль – 79, білкові речовини – 10, жири – 0,8, клітковина – 0,5, пентози – 1,3, водорозчинні вуглеводи – 3, зола – 0,4 [2].

Хімічний склад зерна кукурудзи змінюється в залежності від гібриду кукурудзи, її стиглості, умов вирощування і зберігання. Навіть зерно різних качанів одного і того ж сорту або гібриду може мати неоднаковий хімічний склад [2, 52]. В процесі формування і дозрівання хімічний склад кукурудзяного зерна істотно змінюється: відбувається нагромадження крохмалю і жиру, а вміст азотистих і мінеральних речовин зменшується [2, 13]. Суттєво вища відмінність у хімічному складі зерна кукурудзи одного і того ж підвиду та навіть гібриду вирощених в різних умовах [53-55] (табл. 7).

Як видно із таблиці 7, найбільший вміст крохмалю, містить зубовидний і кременистий підвиди кукурудза (79-80%), білком найбільш збагачена розлуса кукурудза (16,7%) і жиром – цукрова (9,4%).

За оцінки придатності кукурудзи для виробництва крохмалю необхідно

враховувати цілий ряд факторів. Основним при цьому є вміст крохмалю і міцність зв'язків із білковою матрицею. Вміст крохмалю в суттєвій мірі визначає його потенційний вихід у виробництві. Зерно з високим вмістом крохмалю краще замочується і переробляється, однак не менш важливим для досягнення високого виходу крохмалю має стан зернового ендосперму. Високий вміст білку, характериний для скловидного ендосперму, ускладнює проведення наступних операцій [2, 13].

**7. Хімічний склад зерна різних підвидів кукурудзи**

| Підвид кукурудзи | Вміст у % в перерахунку на суху речовину | | | |
|---|---|---|---|---|
| | крохмалю | білка | жирів | мінеральних солей |
| Кремениста | 78,96 | 14,4 | 5,1 | 1,54 |
| Зубовидна | 80,10 | 13,3 | 5,0 | 4,6 |
| Розлуса | 76,53 | 16,7 | 5,45 | 1,32 |
| Крохмалиста | 77,63 | 14,1 | 6,86 | 1,42 |
| Цукрова | 74,43 | 14,5 | 9,4 | 1,67 |

Важливим показником якості зерна є його життєздатність, для переробки на крохмаль вона повинна бути високою. Для виробництва крохмалю особливо небезпечна втрати життєздатності зерна при висушуванні під дією високих температур [51]. Максимальна температура нагрівання під час висушування залежить від їх вихідної вологості, тривалості нагрівання і коливається від 50 до 70°С. За переробки незрілого зерна і зібраного із високою вологістю зявляються значні труднощі [2].

Фізичні властивості кукурудзяного зерна суттєво залежать від гібриду, умов вирощування і зберігання. Важливим показником якості кукурудзяного зерна є обмінна маса. Для гібридів що використовуються в крохмальній промисловості цей показник складає 700-750 м$^3$, качанів – 450-480 кг/м$^3$. Зерно характеризується також щільністю органічної речовини. Для зубовидної кукурудзи цей показник становить в середньому 1,275 г/см$^3$, для кременистої – 1,322 г/см$^3$ [2, 56].

## 1.3. Біологічні особливості рослин основа сучасної технології вирощування кукурудзи

Кукурудза володіє величезними потенційними можливостями для отримання рекордних урожаїв зерна. Але це стає реальністю тільки за дотримання технології вирощування зерна, яка відповідає біологічним особливостям рослини кукурудзи. Знаючи ці вимоги, можна знизити або повністю видалити негативний вплив того або іншого фактору [57, 58].

Кукурудза відноситься до родини злакових, має багато різновидів, які за висотою рослин, довготривалістю росту, розвитку, формою зерен дуже

відрізняються. Кукурудза дуже продуктивна рослина, яка за короткий час виробляє більше органічної маси порівняно з іншими культурними рослинами. Коефіцієнт розмноження у кукурудзи в 10 раз вищий, ніж у інших зернових. Із однієї насінини утворюється 400-600 зерен, тоді як в інших зернових – тільки 40-50 рідко коли 80-100 [44].

Вона має підвищені вимоги до вологи, тепла, світла, поживних речовин та інших факторів навколишнього середовища. Її гібриди значно відрізняються за вегетаційним періодом, звідси і різні вимоги до вищевказаних факторів. За біологічними особливостями кукурудза це типовий представник хлібів II групи [13, 49, 59, 60] (табл. 8).

**8. Біологічні особливості кукурудзи**

| № з/п | Абіотичні фактори і біологічні особливості | Показники |
|---|---|---|
| 1. | Тепло:<br>- мінімальна температура проростання насіння, °С<br>- оптимальна температура проростання насіння, °С<br>- мінімальна температура з'явлення сходів<br>- температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С<br>- оптимальна температура росту і розвитку, °С<br>- сума активних температур за вегетаційний період (вище +5 °С), °С | <br>+8-+12<br>+20-+25<br>+6-+8<br>-3-5<br>+25-+27<br>1800-3200 |
| 2. | Волога:<br>- оптимальна вологість ґрунту, %<br>- кількість вологи в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів, мм<br>- потрібно для набухання і проростання насіння, %<br>- транспіраційний коефіцієнт<br>- критичний період за вологістю | <br>70-80<br><br>20<br>25-35<br>171-300<br>10 днів до цвітіння-цвітіння 20 після цвітіння |
| 3. | Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції:<br>- N<br>- $P_2O_5$<br>- $K_2O$ | <br>2,5-3,0<br>1,0-1,5<br>2,6-4,0 |
| 4. | Вимоги до реакції ґрунтового розчину | pH 5,5-7,0 |
| 5. | Відношення до світла (довжина дня) | короткого |
| 6. | Оптимальна щільність ґрунту, г/см$^3$ | 1,1-1,2 |
| 7. | Індекс листкової поверхні<br>Оптимальна площа листкової поверхні на 1 га, тис. м$^2$ | 4,5-6,5<br>45-65 |
| 8. | Тип кореневої системи | мичкуватий |

| № з/п | Абіотичні фактори і біологічні особливості | Показники |
|---|---|---|
| 9. | Заглиблення коренів у ґрунт, м<br>Горизонтальне розростання кореневої системи, м | 2,0-2,5<br>1,5 |
| 10. | Використання ФАР, % | 1,0-1,5 (задовільне)<br>3,0-4,0 (добре) |
| 11. | Спосіб запилення | перехресний |
| 12. | Тривалість вегетаційного періоду, днів | 90-150 |

У виробничій сфері актуальним є визначення найбільш адаптованих гібридів кукурудзи, придатних для вирощування за різними технологічними моделями в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах та для виробництва біоетанолу [61, 62]. За вимогливістю до умов середовища на першому місці стоять двохлінійні гібриди, потім трьохлінійні. Чотирьохлінійні гібриди пластичні краще переносять несприятливі умови і в меншій мірі реагують на метеорологічні умови окремих років [63, 64].

**Відношення до вологи.** Важливим чинником для вирощування високих рівнів урожайності кукурудзи є рівень волого-забезпечення посівів [64-67]. Умови зволоження більшою мірою визначають продуктивність гібридів кукурудзи, а ніж застосування добрив, які до того ж за умови посухи негативно впливають на формування урожайності [68].

Кукурудза це посухостійка культура яка економно використовує воду на утворення сухої речовини надземної маси (транспіраційний коефіцієнт – 174-406, в той же час пшениці – 430, вівса – 450, багаторічних трав – 660) [64, 69-72]. При збільшенні врожаю витрата води з одиниці площі зростає. За вимогою до водного режиму ґрунту кукурудза відноситься до мезофітів. Вона може переносити тимчасовий дефіцит вологи в ґрунті і понижену відносну вологість повітря, особливо до утворення генеративних органів [2, 9, 10].

Посуха – один із найважливіших чинників, що впливає на зменшення врожаю кукурудзи. Згідно з визначенням, це наявність екстремально високих температур і низької доступності вологи, при яких надходження вологи в рослину менше від витрат на транспірацію [73, 74].

Найчастіше посуха починається з атмосферної посухи, яка характеризується низькою відносною вологістю повітря (18-20% та нижче) та відсутністю опадів. Рослини кукурудзи потрапляють під дію посухи у різні фази росту і розвитку та реагують на її вплив неоднаково. Здебільшого посуха найшкідливіша у період цвітіння-наливу зерна, а в період інтенсивного росту призводить, в основному, до зменшення параметрів морфологічних ознак (висота рослин і площа листкової поверхні). Найнебезпечнішою є комбінована посуха, коли нестача води у ґрунті збігається з впливом сухого жаркого повітря. За сильної або тривалої посухи переважають процеси деградації, виникає різке порушення функціонування систем життєдіяльності – і рослини гинуть [64, 73, 74].

У фазу 5-7 листків проходить третій-п’ятий етап органогенезу, відбувається закладання і формування генеративних органів обох суцвіть. Посуха у цей період спричиняє зменшення кількості рядів зерен у качані, кількості зерен у ряду і розміру самого качана [73, 74].

З року в рік від посухи страждає велика кількість посівів кукурудзи в більшості країн Європи та світу. Україна – не виняток. Фахівці, на жаль, прогнозують, що ситуація на краще не зміниться, адже кількість опадів зменшується, а наслідки глобального потепління будуть більш відчутними. У цій ситуації посухостійкість гібридів набуває дедалі більшого значення для адаптації кукурудзи до кліматичних змін [75, 76].

Через посуху, в традиційних технологіях вирощування, перше місце посідають проблеми максимального накопичення та збереження вологи. Перший крок у мінімізації втрат від погодно-кліматичних негараздів – це зважений підхід у виборі гібридів, які мають добре протистояти посусі та високим температурам повітря. Наступний крок у підвищенні ефективності господарювання – це застосування технології обробітку ґрунту, спрямованої на підвищення накопичення вологи [77].

Посухостійкість має генетичну структуру, що може впроваджуватись у майбутній гібрид, що дозволяє на 15-25% підвищувати урожайність нового гібриду кукурудзи [78]. Гібриди, рекомендовані для зони нестійкого зволоження, не бажано висівати в зоні недостатньо зволоження, адже в таких жорстких ґрунтово-кліматичних умовах вони не зможуть повністю розкрити свій потенціал урожаю [79].

Завдяки високій посухостійкості, кукурудза є надійною страховою культурою в роки, несприятливі для озимих та ярих зернових [80], тобто вона краще переносить посушливі умови (повітряну та ґрунтову посуху) порівняно з іншими культурами [46, 70].

Посухостійкість визначається здатністю рослин якомога менше змінювати процеси обміну (продовжувати фотосинтезу) в умовах дефіциту вологи. У більш посухостійких рослин при зростаючому зневодненні довше зберігаються синтетичні процеси; не пошкоджуються (або менше пошкоджуються) клітинні мембрани що забезпечують їх гомеостаз (саморегуляцію), зберігаються нормальні фізико-хімічні властивості протоплазми (в’язкість, еластичність, проникність); сильно виражений ксероморфізм (дрібноклітинність, велика кількість продихів, восковий наліт і т. д. [31].

Рівень стійкості рослин до посухи також обумовлюється їхньою морфологічною будовою. Форми, які мають невисокі рослини з компактною архітектонікою, стійкіші до негативної дії стресу [64]. Рослини кукурудзи орієнтовані у просторі таким чином, що можуть збирати вологу (роса, дощ, туман тощо) і скеровувати її безпосередньо до кореня, завдяки чому в нижній частині стебла формуються додаткові повітряні корені, які беруть участь не тільки в абсорбції води, але й підвищують стійкість рослин до вилягання, особливо під час сильного вітру [10, 31, 64].

Під дією посухи в період наливу зерна збільшується кількість відмерлих листків, скорочується час проходження цієї фази, знижується активність

фотосинтезу. Рослини більш схильні до стеблового вилягання, маса зерна зменшується. Нестача вологи у цей період знижує врожай з 2,5 до 5,8% (з кожним днем стресу). Впродовж перших двох тижнів після запилення зерна найсприйнятливіші до припинення розвитку, особливо зернівки на верхівці качана. Вони зазвичай є слабшими за інші зернівки, запилюються останніми і найбільш схильні до абортації. Якщо кукурудза досягла фази молочно-воскової стиглості, то майбутнє зниження врожаю відбувається головним чином через зниження вмісту сухої речовини. Жорстка посуха, що продовжується на етапах зав'язування і молочної стиглості, може легко припинити його розвиток. Сувора посуха впродовж молочно-воскової воскової стиглості значною мірою знижує врожай зерна за рахунок зменшення його маси. Відмирання всієї рослини, яке наступило до фази повної фізіологічної стиглості, спричиняє передчасній появу чорної точки і як результат – незавершений налив зерна, низька маса тисячі, щупле зерно. Як тільки насіння досягає фізіологічної стиглості, стрес у подальшому не впливає на кінцевий урожай [73, 74].

Передчасне відмирання листя, під час посухи, відіграє негативну роль у втраті врожаю, тому що фотосинтетичне «виробництво» скорочується. У цьому випадку рослини мобілізують накопичені вуглеводи на розвиток качана, проте потенціал урожайності продовжує втрачатися. Відмирання всіх тканин рослини перешкоджає майбутній мобілізації вуглеводів на розвиток качана [2, 73, 74].

Морфологія листка кукурудзи дає змогу уникнути додаткових непродуктивних втрат рослиною вологи, яка випаровується у процесі транспірації та охолоджує листковий апарат. Значна частина продихів, через які випаровується волога, міститься у верхній частині листка і за зниження осмотичного тиску, викликаного дефіцитом води, спеціальні моторні клітини скручують листкову пластинку і тим самим зменшують транспірацію та захищають листковий апарат від опіків. Цей процес улітку завжди можна спостерігати в денні години, особливо за тривалої відсутності опадів [13, 64].

Високою водоутримальною здатністю цитоплазми в умовах посухи характеризуються форми, що накопичують низькомолекулярні гідрофільні білки, які зв'язують у вигляді гідратних оболонок значну кількість води, а також підвищують концентрацію проліну і моносахаридів. Посуха спричинює суттєву перебудову гормональної системи рослин: зменшується вміст гормонів – активаторів росту та збільшується – інгібіторів росту. Вплив цих факторів у кукурудзи призводить до коливання висоти рослин, довжини міжвузлів та висоти закладаня качана [2, 64].

Зазвичай контролювати негативний вплив посухи впродовж вегетації неможливо, всі технологічні заходи, які можуть підвищити комплексну стресостійкість рослин кукурудзи в полі, здійснюють лише в період до посіву або на ранніх етапах росту і розвитку [73]. Посуха може різнитися інтенсивністю (слабка, середня, сильна, надзвичайна) та сезоном, а також ступенем впливу зневоднення і перегріву. Якщо вона настає поступово, рослини встигають пристосуватися до неї (уповільнюють ріст, зменшують випаровування води та інше). У такому разі можна отримати задовільний урожай посухостійких форм, особливо якщо посушлива погода змінюється на сприятливу. Вплив підвищеної

температури (однієї зі складових посухи) на врожай кукурудзи також залежить від напруженості і тривалості її дії [64, 74].

Стійкість різних генотипів до посухи визначається зміною врожайності зерна, на яку опосередковано чи безпосередньо впливають різні морфологічні і біологічні ознаки. Тому під час оцінювання і добору посухостійких форм слід враховувати комплекс ознак. *Посухостійкість* – складна інтегрована ознака, яка контролюється не за окремими ознаками рослин, а цілісною системою організму, що по-різному реагує на дефіцит вологи [64]. У посушливих регіонах України особливо важливим є поєднання високої продуктивності з посухостійкістю гібридів. Нові гібриди кукурудзи в основному відносяться до інтенсивного типу й дуже вибагливі до умов зовнішнього середовища та рівня агротехніки [75].

Популяційний рівень стійкості кукурудзи до посухи залежить від функціональної організації агроценозу [64, 81]. Посушливі умови не скорочують наливу зерна кукурудзи, як наприклад це спостерігається у пшениці [82].

Фізіологічний рівень стійкості має підтримувати осмотичний тиск у тканинах. Культури посушливих регіонів (ксерофіти) мають пристосування, які дають змогу підтримувати посушливі періоди і часто пов’язані з анатомічною будовою органів рослини: наявність моторних клітин, особливості розміщення продихів як на листі, так і залежно від ярусу розміщення листків, розмір продихів, щільність провідних пучків, розмір клітин, опушеність, товщина кутикули та ін. Усі названі фактори сприяють підтриманню осмотичного тиску в тканинах рослин, рівень якого може підтримуватись і біохімічними механізмами [2, 64]. Стійкість до посухи має складну полігенну природу, то більшість наявних методів аналізують тільки окремі частини цієї інтегрованої ознаки [64].

Ідентифікацію генотипів за параметрами посухостійкості слід проводити за результатами випробувань в екологічному градієнті, сформованому за допомогою різних агротехнічних заходів і пунктів із різними умовами вирощування, з обов’язковим включенням екстремальних зон, де щороку спостерігається посуха. Також досить надійним фоном є багаторічні випробування, адже контрастність умов за роками настільки значна, що здебільшого її вплив на врожайність більший, ніж зональних кліматичних відмінностей. Як правило, за допомогою цих методів повніше розкривають морфологічний і онтогенетичний рівні стійкості гібридів кукурудзи [13, 64].

Під час добору та оцінювання гібридів кукурудзи за ознакою «посухостійкість» досить надійним інструментом є створення екоградієнта густоти стояння рослин. Реакція генотипів на загущення посівів на незрошуваних землях сильно коливається за роками і залежить від генотипу гібрида. У таких умовах формується особливий агрофітоценоз, в якому змінюються екологічні зв’язки індивідів та конкурентоспроможність складових ценозу кукурудзяного поля, що призводить до зміни габітусу рослин, показників морфологічних та господарських ознак [64].

**Існують наступні шляхи запобігання негативному впливу посухи:** використовувати вологозберігаючі технології; мінімізувати операції з обробітку ґрунту – для зниження втрат вологи через випаровування; гербіцидний

обробіток – відповідно до фази розвитку рослин кукурудзи і в час, коли вони не перебувають під дією стресових умов; уникати дефіциту азоту; сприяти швидкому проникненню вологи, розвитку кореневої системи; вирощувати посухостійкі типи гібридів; використовувати коректну густоту стояння рослин; застосовувати зрошення [83].

Показником високої посухостійкості кукурудзи є здатність її рости за настанні посухи до початку формування качанів відносно легко переносити денні зав'ядання. Зав'ялі рослини за ніч відновлюють тургорність і при випаданні інтенсивних опадів дають порівняно високий урожай зерна [84, 85]. Тривале прив'ядання листків пригнічує ростові процеси і порушує утворення репродуктивних органів.

Стійкість до посухи особливо проявляється в ранні фази розвитку до утворення генеративних органів, тому і потреба кукурудзи у волозі змінюється в процесі онтогенезу [86, 87]. При цьому кукурудза споживає води набагато більше, ніж інші культури, оскільки має триваліший вегетаційний період і формує потужну надземну масу [71, 72].

Думки вчених, щодо посухостійкості кукурудзи різняться, одні дослідники вважають кукурудзу посухостійкою культурою [71, 73, 88-90], яка використовується, як яра страхова культура, інші – вологолюбивою, проте в цих твердженнях немає ніяких протиріч [64]. За посухостійкістю кукурудза поступається лише сорго, суданській траві і просу [70].

За добу одна рослина використовує 2-4 і навіть до 6 л води. В той же час кукурудза не переносить перезволоження. Оптимальна для кукурудзи вологість ґрунту складає 60-80% НВ [10, 69, 72]. Вважається, що одна рослина кукурудзи середніх розмірів за вегетаційний період випаровує близько 200 л води. При густоті стояння 50000 рослин на 1 га використовується біля 10000 т/га води.

Високий врожай рослини кукурудзи можуть формуватися тоді, коли на фоні сприятливого температурного режиму річна сума опадів досягає не менше 400 мм, з них за вегетацію 300 мм, а гідротермічний коефіцієнт перевищує 1,0 [66]. Мінімальна кількість вологи за вегетаційний період повинна становити більше 200 мм [64]. 1 мм опадів забезпечує можливість отримання 20 кг зерна на 1 га [91].

Сумарне водоспоживання кукурудзяного поля із середньоранніми й середньостиглими гібридами кукурудзи за вегетаційний період знаходиться в межах 3000-5500 т/га (включаючи і ту, яка випаровується ґрунтом), [69, 70] тому всі елементи технології вирощування повинні бути направлені на максимальне поповнення вологи в ґрунті і раціональне її використання [2, 92].

При дефіциті вологи зменшується випаровування води (при гострому дефіциті води скручуються листки) [67]. В молодих листках і стеблах кукурудзи міститься 90% води і більше. В другій половині вегетації вміст води значно знижується і до періоду дозрівання не перевищує 40-60 %. Така висока обводненість обумовлює велике споживання води з ґрунту [9, 10]. Вода також потрібна для проростання насіння (30-40% вологи від її маси насіння) [69, 93, 94], розчинення, пересування в ґрунті і надходження у рослину поживних речовин, підтримання в рослинах і клітинах тургору та відповідної температури; для

фотосинтезу, транспірації та інших фізіологічних процесів, що відбуваються у рослині. Фотосинтез відбувається нормально тоді, коли в клітинах, тканинах, органах рослин вміст води становить 75-80%. За нестачі вологи у тканинах рослин посилюється гідроліз вуглеводню, розклад білків і втрачається їх здатність до синтезу [95].

Гібриди кукурудзи мають невеликі відмінності щодо поглинання води зернівками. Поглинання води зернівками у перші 24 години – до 15% необхідної її кількості. Інтенсивне поглинання води зернівками триває впродовж 48-96 годин та збільшується на 7-8%. Найбільшу кількість води поглинають зернівки цукрової кукурудзи, що зазвичай, становить більше 90% відносно маси сухого зерна, проте кількість поглинутої води зернівками інших підвидів кукурудзи впродовж перших 96-ти годин становить 50-70%. Підсушені недостиглі зернівки кукурудзи поглинають води більше, ніж підсушені стиглі зернівки. Найбільшу кількість води поглинає основна частина зернівки [94].

Запаси продуктивної вологи під час сівби культури у шарі 0-10 см вважаються недостатніми, якщо її вміст становить 7-8 мм., задовільними – 9-13 мм, добрими – 14-15 мм і більше. Середня непродуктивна втрата вологи **внаслідок** випаровування з посівного шару ґрунту в разі запізнення з сівбою становить у Лісостепу близько 1,0 $м^3$/га, у Степу – 1,3 $м^3$/га води на добу [71]. Низький зимовий запас вологи в ґрунті, а також гострий дефіцит опадів у літні місяці спричиняє формування низькорослих рослин зі слаборозвиненими качанами [96].

Сходи кукурудзи ростуть повільно і споживають мало води (до 7 листка). Після появи 7-8-го листка у ранньо- та середньостиглих і 9-10-го у пізньостиглих, а особливо волоті, вона інтенсивно росте і швидко нарощує масу. В цей період споживання нею води досягає максимуму, 40-70% загального водоспоживання (критичний період – від початку цвітіння до початку молочної стиглості). Що пов’язано із динамікою розвитку листової поверхні і приростом вегетативної маси урожаю [95].

Критичний період за волого забезпеченням кукурудзи триває приблизно 30 днів (10 днів до початку цвітіння і 20 днів після цвітіння). Опади в кінці червня і на початку липня найбільш ефективні для підвищення урожайності зерна кукурудзи [10, 69, 70, 89].

При зав’яданні рослин впродовж 2-3 днів під час цвітіння урожайність знижується на 20-22% і навіть на 50%, якщо стресовий період подовжується до 6-8 днів. Разом із тим чутливість кукурудзи до вологи під час запилення знижується, якщо рослини раніше відчували її дефіцит. Це пояснюється тим, що у кукурудзи при недостачі вологи пригнічується ріст і диференціація початкових качанів, але при покращенні умов волого забезпечення качани формуються нормально [2, 9, 10].

Дефіцит вологи у ґрунті в період максимального водоспоживання (особливо в липні – в період найбільшої потреби в ній рослин), особливо в поєднанні із повітряною посухою, викликає гальмування процесів росту і розвитку, в’янення рослин, зниження активності фотосинтезу (за рахунок зниження рівня фотосинтетичних пігментів), накопичення захисних речовин

(пролін, каталаза, флавоноїди), а також порушення водного обміну: тканини листків втрачають воду, наростає водний дефіцит, знижується інтенсивність транспірації, порушення процесів запліднення і формування зерна [97].

В період формування, наливу і дозрівання зерна споживання вологи дещо знижується. Однак коли вологість в фазі молочної стиглості нижче оптимальної для цього періоду вегетації, налив зерна передчасно зупиняється [2, 13]. У верхній частині качана формуються дрібні зернівки [31], а в ряді випадків верхівки качанів залишаються не озерненими, що негативно впливає на урожайність [2, 13, 98].

Недостатня вологість ґрунту в період наливу зерна призводить до зниження урожайності внаслідок формування неповноцінного наливу зерна [13, 99]. За відсутності оптимального рівня водозабезпеченості рослин зменшуються швидкість та тривалість періоду накопичення сухої речовини в зерні [94].

Об'єм води у рослині може значним чином вплинути на кількість зерен у рядку, вагу тисячі насінин та об'єм і характеристики пожнивних решток [100]. В перший період свого росту і розвитку кукурудза дає незначний приріст надземної маси та впродовж місяця після появи сходів накопичується приблизно 1,5-2,0% зеленої маси від загального врожаю. Тому ця особливість дозволяє в роки з посушливою весною легко переносити дефіцит вологи за рахунок невеликих осінньо-зимових запасів. В цей час у неї відбувається інтенсивний розвиток кореневої системи, яка в подальшому буде забезпечувати швидкий ріст рослин [2, 9, 13].

Вимоги кукурудзи до вологи на початку вегетації невисокі (приблизно 30 мм опадів на місяць) [80]. За період від сходів до утворення 15 листків (37-38 днів) середньостиглі гібриди споживають 1-8% загальної витрати води за вегетацію, від утворення 15 листків до середини молочної стиглості (біля 40 днів) – 69-73%, від середини молочної до повної стиглості зерна (30-35 днів) – 20-22% [2, 9, 101]. Рослини середньопізніх гібридів економніше порівняно з ранньостиглими витрачають вологу на створення одиниці врожаю, коефіцієнт водоспоживання в них становить відповідно 533-633 і 666-781. У середньопізніх гібридів відмічено збільшення цього показника на 12-16% при загущенні стеблостою [102, 103] (табл. 9).

**9. Стадії розвитку кукурудзи (BBCH)**

| Код | **Стадії** |
|---|---|
| ***МАКРОСТАДІЯ 0: ПРОРОСТАННЯ*** | |
| 00 | Сухе насіння |
| 01 | Початок набубнявіння насіння |
| 03 | Кінець набубнявіння насіння |
| 05 | Зародковий корінець вийшов з насінини |
| 06 | Зародковий корінець розтягнутий, видно кореневі волоски і/або придаткові корінці |
| 07 | Колеоптиле вийшло з насінини |
| 09 | Сходи: колеоптиле пробиває поверхню ґрунту |

| Код | **Стадії** |
|---|---|
| ***МАКРОСТАДІЯ 1: РОЗВИТОК ЛИСТКІВ (ГОЛОВНИЙ ПАГІН)*** | |
| 10 | 1-й листок вийшов з колеоптиле [1, 2] |
| 11 | 1-й листок розпустився |
| 12 | 2-й листок розпустився |
| 13 | 3-й листок розпустився |
| 1… | Подальше розпускання листків до ... |
| 19 | 9-й і більше листків розпустилися |
| ***МАКРОСТАДІЯ 2: --<br>МАКРОСТАДІЯ 3: ВИТЯГУВАННЯ СТЕБЛА (ГОЛОВНЕ СТЕБЛО), ВИХІД В ТРУБКУ*** | |
| 30 | Початок витягування стебла |
| 31 | Видно перший стебловий вузол |
| 32 | Видно другий стебловий вузол |
| 33 | Видно третій стебловий вузол |
| 3… | Подальша поява стеблових вузлів до ... |
| 39 | Видно дев’ять або більше стеблових вузлів[3] |
| | ***МАКРОСТАДІЯ 4: -<br>МАКРОСТАДІЯ 5: ЗАКЛАДАННЯ КВІТОК, ВИКИДАННЯ ВОЛОТІ*** |
| 51 | Початок викидання волоті, волоть добре помітна усередині верхніх листків |
| 53 | Видно кінчик волоті |
| 55 | Середина викидання волоті, волоть повністю вільна від покривних листків, середні гілочки волоті розпустилися |
| 59 | Кінець викидання волоті, нижні гілочки волоті повністю розпустилися |
| ***МАКРОСТАДІЯ 6: ЦВІТІННЯ*** | |
| 61 | Чоловіче суцвіття: початок цвітіння, середні гілочки волоті цвітуть у своїй середній частині. Жіноче суцвіття: кінчик закладки качана виходить із піхви |
| 63 | Чоловіче суцвіття: починається розсіювання пилку. Жіноче суцвіття: видно кінчики ниток рильця |
| 65 | Чоловіче суцвіття: повне цвітіння, цвітуть верхні й нижні гілочки волоті. Жіноче суцвіття: повністю викинулися нитки рильця |
| 67 | Чоловіче суцвіття: кінець цвітіння. Жіноче суцвіття: нитки рильця починають засихати |
| 69 | Кінець цвітіння |
| ***МАКРОСТАДІЯ 7: РОЗВИТОК ПЛОДУ*** | |
| 71 | Початок утворення зерна, консистенція водяниста, в зерні близько 16% СР |
| 73 | Рання молочна стиглість |
| 75 | Молочна стиглість: зернівки в середній частині качана жовтувато-білі, консистенція молочна, в зерні близько 40% СР |
| 79 | Досягнуто видо- і сортоспецифічний розмір зерна |
| ***МАКРОСТАДІЯ 8: ДОЗРІВАННЯ ЗЕРНА*** | |

| Код | **Стадії** |
|---|---|
| 83 | Рання воскова стиглість, зерно воскове, в зерні близько 45 % СР |
| 85 | Воскова (силосна) стиглість, зерно жовтувате або жовте (залежно від гібриду, сорту), консистенція воскова, в зерні близько 55% СР |
| 87 | Фізіологічна стиглість, чорна пляма або чорний шар на місці прикріплення зерна до стрижня, в зерні близько 60% СР |
| 89 | Повна стиглість, зерно тверде й блискуче, в зерні близько 65% СР |
| | ***МАКРОСТАДІЯ 9: ВІДМИРАННЯ*** |
| 97 | Відмерла рослина |
| 99 | Збирання (зерно) |

Витрата води рослинами істотно збільшується при підвищенні температури до +30°С і зменшенні відносної вологості повітря нижче 30%. В такий період на гектар посіву витрачається 50-60 м$^3$ води за добу [2, 13]. Дефіцит вологи в період від появи сьомого листка до викидання волоті не суттєво впливає на збір зерна (він знижується всього на 4%) [2].

Зменшення витрати води після молочної стиглості зерна пов’язано з старінням рослин і ослабленням їх фотосинтетичної діяльності. Тим не менше нормально вологозабезпеченість в цей період сприяє інтенсивному переміщенню пластичних речовин із коренів, листків, стебел, обгорток і ніжок качанів у зерно [104, 105]. Специфічна потреба у воді під час основного періоду вегетації у кукурудзи на зерно складає близько 22 л/м$^2$, у кукурудзи на силос – 38 л/м$^2$ (при вмісті у сировині для закладання на силос близько 30% сухої речовини) [9, 10, 100].

Завдяки жолобовидній формі і косовертикальному розміщенню листків рослина використовує навіть незначні опади і росу, які стікають по листках і стеблу до коренів. Низький водний потенціал листків хоча і лімітує фотосинтез в цей час, але відтік пластичних речовин з стебла в качан буде продовжуватись, що позитивно впливає на формування зерна. При дефіциті вологи в період дозрівання спостерігається передчасне відмирання листків, прискорюється дозрівання зерна [2, 106].

Кукурудза, на відміну від зернових колосових культур, добре використовує опади другої половини літа і частково осені. В результаті рослини нагромаджують велику органічну масу навіть в доволі посушливих роках [91]. Залежно від вмісту вологи в ґрунті сприятливі умови для кукурудзи в цей період створюються при випаданні 80-125 мм опадів та при вологості ґрунту більше 60%. Однак, часті дощі, що викликають надлишкове зволоження ґрунту, гірше впливають на кукурудзу, ніж сухі періоди з недовготривалими дощами [80].

Сумарне водоспоживання кукурудзи богарних умовах 2,2-2,4 рази менше, ніж в умовах зрошення [2, 10]. При водному дефіциті гальмується надходження фосфору і азоту в рослини кукурудзи, перетворення їх в органічні сполуки [2].

Розподілення опадів різними зонами та областями характеризується нерівномірністю як за роками, так і за періодами року [64]. Значна частина посівів кукурудзи в нашій країні розташована в районах із недостатнім та

нестійким зволоженням, де обмежена кількість опадів і високі температури повітря під час вегетації рослин часто призводять до помітного зниження урожаю зерна [68, 73].

**Відношення до температури.** Вагомий вплив на темпи росту кукурудзи відіграють температурні показники. Кукурудза відноситься до теплолюбних культур (походить із Центральної Америки), яка негативно реагує на понижені температури як під час проростання насіння, так і впродовж усього періоду вегетації [10, 36, 69, 70, 94].

До початку утворення качанів (стадія 8-го листка) рослина кукурудзи має набрати суму температур у 700°С, а до цвітіння (стадія 14 листків) – 1200°С [100]. Кукурудза легше переносить надлишок тепла, ніж його дефіцит. Температурні умови визначають настання фенологічних фаз, ріст і розвиток рослин, тобто сумарною кількістю тепла, необхідного для завершення кожного етапу розвитку починаючи від нижньої межі температури. Відповідальними періодами в формуванні зерна кукурудзи є фаза 2-3 листків, коли відбувається диференціація початкового стебла, і фаза 5-7 листків, коли визначається розмір качанів [2, 107].

У кукурудзи потреба в теплі визначається багатьма показниками, такими як: а) сумарна кількість тепла; б) тривалість теплової дії (фотоперіодизм) [94, 108]. Тепло відносять до основних чинників життя рослин, необхідних умов для біологічних, хімічних і фізичних процесів [36, 108].

Біологічним нулем для кукурудзи вважають температуру +10 °С, а найбільш сприятливим для росту й розвитку є 25-28 °С. Тепловий баланс для кукурудзи вираховується сумою ефективних температур (вище +10 °С) і позначаються індексом ФАО. Впродовж вирощування кукурудзи одним із найважливіших показників виступає кількість тепла впродовж вегетаційного періоду у даній зоні. Канадськими агрометеорологами розроблена система Crop Heat Units для обрахунку суми ефективних температур для теплолюбивих культур, яка враховує точніше деякі обставини розвитку рослин за різних температур [109, 110].

Суми ефективних (активних) температур дозволяє також оцінювати теплові ресурси місцевості щодо вирощування кукурудзи та розвиток шкідників та хвороб. Необхідно відзначити, що низькі температури знижують урожайність репродуктивних органів (зерно), але збільшують загальну масу побічної продукції [109].

Crop Heat Units – дослівно «одиниці кількості тепла для рослин» (*CHU*) – за допомогою неї здійснюють планування і контроль за розвитком теплолюбивих культур, зокрема. Знання про кількість *CHU* окремого гібриду може допомогти аграріям визначити кількість днів, необхідних від сівби до досягнення повної стиглості, а, отже, обрати той гібрид, що буде найкраще відповідати умовам конкретної зони вирощування [109, 110].

Від сівби до повної стиглості, або досягнення «чорного шару», швидкість дозрівання кукурудзи залежить від суми позитивних середньодобових температур у цей період. Якщо довгий час триває прохолодна погода, це не сприяє швидкому розвитку культури. Але якщо середні температури достатньо

високі, культура дозріває значно швидше [110].

Знаючи суму необхідних температур для певного гібриду, можна співставляти її з сумою позитивних температур у вашій зоні і прорахувати з точністю до 3-5 днів, коли ваша кукурудза досягне повної стиглості. Відповідно, це дасть можливість заздалегідь розпланувати усі необхідні операції з збирання урожаю, розрахувати кількість необхідних ресурсів, завантаженість, домовитись із обслуговуючими компаніями, з елеватором [109-111].

За досягнення повної стиглості кукурудза втрачає вологість зі швидкістю 0,4-0,6% за добу, тому раціональним буде добір гібрида, який дозріває дещо раніше, ніж температура досягне мінусових значень, що дозволить природнім шляхом досушити вологе зерно.

Проведемо аналіз використання теплових ресурсів та оцінку перерозподілу тепла на різних етапах органогенезу рослинами кукурудзи залежно від елементів технології (табл. 10).

**10. Суми ефективних температур по місяцях вегетації кукурудзи за даними Хмільницької метеостанції**, °С

| Місяць | Сума ефективних температур (≥+10 °С) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | середньо-багаторічна, ºС | роки досліджень | | | | | | |
| | | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| квітень | 128 | 130 | 263 | 264 | 138 | 125 | 257 | 214 |
| травень | 461 | 469 | 527 | 538 | 488 | 464 | 449 | 426 |
| червень | 543 | 582 | 582 | 583 | 504 | 572 | 591 | 568 |
| липень | 627 | 631 | 685 | 590 | 626 | 654 | 641 | 605 |
| серпень | 601 | 574 | 599 | 573 | 610 | 663 | 607 | 650 |
| вересень | 415 | 445 | 479 | 273 | 453 | 509 | 468 | 445 |
| жовтень | 130 | 122 | 125 | 110 | 112 | 0 | 0 | 116 |
| Сума за квітень-жовтень | 2905 | 2953 | 3260 | 2931 | 2931 | 2987 | 3010 | 3024 |

Нашими дослідженнями встановлено, що сума ефективних температур за роки досліджень істотно відрізнялась, так зокрема за період квітень-жовтень за середньобагаторічними показниками вона становила 2905 °С, в 2011 році – 2953 °С, в 2012 році – 3260 °С, в 2013 році – 2931 °С, в 2014 році – 2931 °С, в 2015 році – 2987 °С, в 2016 році – 3010 °С а в 2017 році – 3024 °С. Тобто різне значення суми ефективних температур вказує на контрастність років досліджень за температурними ресурсами, що в кінцевому результаті впливало на особливості росту й розвитку рослин кукурудзи, особливо залежно від застосування різних строків сівби.

Проведення сівби у ранні строки забезпечує ранню появу сходів кукурудзи, що дозволяє додатково використати 10-14 ºС. Запізнення із строками сівби призводить до скорочення вегетаційного періоду гібридів кукурудзи, за рахунок менш тривалого надходження теплових ресурсів.

Аналізуючи роки досліджень встановлено, що у 2011 році впродовж

червня спостерігалося істотне збільшення кількості ефективних температур (39 °С), а в серпні цього ж року навпаки скорочення кількості тепла на 27 °С, порівняно з середньобагаторічним показником. Інші місяці за значенням надходження ефективних температур майже не відрізнялися від середньо багаторічного показника.

В 2012 році спостерігалося істотне підвищення суми температурних показників, особливо в періоди інтенсивного росту й розвитку кукурудзи (травень-липень). Зростання суми ефективних температур в травні склало 66 °С, в червні – 39 °С, а в липні – 58 °С. Крім того спостерігалося суттєве зростання суми ефективних температур в квітні (133 °С) та в вересні місяці (64 °С) 2012 року, що позитивно вплинуло на вологовіддачу досліджуваних гібридів кукурудзи.

Зростання суми ефективних температур на 134 °С порівняно з середньо багаторічним значенням в 2013 році у квітні місяці позитивно вплинуло на проростання насіння гібридів кукурудзи раннього строку сівби. Окрім того в травні місяці зростання суми ефективних температур становило 77 °С, в червні – 40 °С, а в липні, серпні, вересні та жовтні відмічене зменшення суми ефективних температур на 37 °С, 28 °С, 142 °С та 20 °С, відповідно.

В 2014 році в квітні зростання суми ефективних температур було незначне 10 °С, а в червні навпаки спостерігалося зменшення суми ефективних температур на 39 °С порівняно з середньо багаторічною. В інші місяці сума ефективних температур наближалася до значення середньо багаторічної.

В 2015 році істотне зростання суми ефективних температур відмічено у червні на 29 °С, липні – 27 °С, серпні – 62 °С та вересні – 94 °С, порівняно з середньобагаторічною. В жовтні місяці температура повітря не перевищувала 10°С. Таке зростання температури впродовж червня-вересня негативно вплинуло на ростові процеси у даний рік досліджуваних гібридів кукурудзи, у зв’язку із тим, що в цей період спостерігався ще й дефіцит вологи.

2016 рік характеризувався перевищенням суми ефективних температур у квітні на 129 °С, червні – 48 °С та вересні місяці на 53 °С. Зменшення суми ефективних температур в даний рік, також, спостерігалося в травні та жовтні, відповідно на 12 °С та 130 °С, що в свою чергу внесло свої корективи в ріст і розвиток гібридів кукурудзи.

В 2017 році відмічене зростання суми ефективних температур в квітні на 86 °С, червні на 25 °С, серпні на 49 °С та вересні на 30 °С. Водночас зменшення суми ефективних температур в цей рік спостерігалося впродовж травня на 35 °С, липня на 22 °С та жовтня на 14 °С.

Розвиток кукурудзи за температури вище +10°С – повільний, а за 30-33°С максимально швидкий. Не придатні для вирощування кукурудзи зони, де до середини літа температура становить 19°С, а нічна температура не досягає 13°С [94]. Пізні весняні і ранні осінні заморозки значно обмежують період вегетації кукурудзи [2, 13]. Холодні ночі (нижче 14°С) в перший період розвитку і різке коливання денних та нічних температур істотно знижує енергію росту та подовжує період вегетації [112, 113].

Холодостійкість рослин кукурудзи знаходиться в прямій залежності від стабільності синтезу і розкладу білкових сполук, стійкості пігментного комплексу, направленості ферментної діяльності, стану дихальної системи, фосфорного обміну і інших фізіологічних процесів [2]. Як за низьких, так і надмірно високих температурах у рослин уповільнюються фізіологічні функції – фотосинтез, дихання, транспірація тощо. Надмірно високі температури (вище оптимальних) призводять до посилення розпаду речовин і послаблення синтезу, глибоких порушень життєвих функцій органів рослин, внаслідок чого вони гинуть [108].

Кукурудза у фазі сходів витримує зниження температури до -5-6°С, впродовж 3-5 днів. Навіть якщо ушкоджені листки частково пожовтіють і відімруть рослини швидко відновлюються, точка росту (верхівкова брунька з якої в послідуючому утвориться волоть) до фази 3-6 листків знаходиться у ґрунті і залишається неушкодженою та добре захищеною від заморозків, і з настанням тепла рослини швидко відновлюють ріст [60, 70, 89, 93].

Рослини, які зазнали впливу низьких температур, набувають білого або антоціанового кольору. Небезпека повернення весняних приморозків в Україні спостерігається раз на 5-6 років. Якщо зниження температури (нижче за -5°С) триває кілька годин, то кукурудза вимерзає незалежно від фази розвитку [64, 71, 72, 91].

Конус наростання (точка росту) із якої в послідуючому сформується волоть, що знаходиться у ґрунті (до утворення 6-7 листків) вкритий багатьма листками, здатний швидко відновлюватися (впродовж неділі), адже після появи сходів коренева система розвивається швидше, ніж пагін [70, 94].

У фазі 2-3 листків кукурудза витримує приморозки до -2°С, сходи гинуть при температурі нижче -3°С [10, 69, 71, 72, 100]. Вегетативні органи рослин пошкоджуються заморозками до -2-3°С, генеративні органи – до -1-2°С [69, 70]. Зерно в качанах пошкоджується в фазі молочно-воскової стиглості при температурі -2,5-4,0°С [70].

Дану біологічну особливість необхідно враховувати для підборів гібридів, визначенні термінів сівби і збирання [114, 115]. Пізні осінні заморозки (-2-4°С) завдають більше шкоди ніж весняні, оскільки пошкоджені рослини припиняють свою життєдіяльність унаслідок відмирання листків [10, 94].

Низькі температури знижують урожай репродуктивних органів (зерно), але збільшують загальну масу побічної продукції [108]. Рослини кукурудзи на піщаних або дуже сухих ґрунтах більш сприйнятливі до пошкодження морозом [93].

Підвищення температури після проростання зерна кукурудзи не має суттєвого значення, проте, починаючи з фази трьох листків й до фази цвітіння залежність інтенсивності росту і розвитку від підвищення температури є майже лінійною, прямо пропорційною. Темп росту рослин в інтервалі 10-30°С з підвищенням температури змінюється лінійно, що підкреслює високу ступінь залежності ростових процесів від температури [10, 94].

Рівень температури визначає строки появи у кукурудзи наступних листків, настання фенологічних фаз, чим вища температура повітря, тим швидше

з’являється наступний листок. За швидкістю утворення і появи можна розрізнити дві групи листків*: перші три листки* формуються за рахунок запасів насіння; всі *інші листки* з’являються значно пізніше. Суттєвої різниці в темпах утворення листків між сортами кукурудзи, що відносяться до різних груп за тривалістю вегетаційного періоду, не має. При температурі нижче 6,6°С нові листки не виростають. Мінімальна температура, при якій ще формуються вегетативні органи 10-11°С, найкращі умови для цього періоду при температурі 16-20°С, а генеративних 19-23°С [2, 9, 10].

Температура, що перевищує +35-38°С, є несприятливою для життєдіяльності і викликає, зокрема, осідання білків. За температури, яка перевищує верхню межу базової, тобто, так звану «стелю температури», не відмічається накопичення вегетативної маси, більше того, очевидними стають процеси розпаду (розкладання) [94]. Тривале підвищення температури повітря вище +38ºС в період цвітіння кукурудзи, яке супроводжується водневим стресом призводить до абортивності зернівок та різкого зниження врожайності [28, 71, 72, 94, 100].

У репродуктивній стадії свого розвитку кукурудза вельми чутлива до високої температури і за цією ознакою наближається до вимог сорго. Молоді рослини кукурудзи порівняно з дорослими стійкіші до дії високої температури. Хоча три поспіль спекотних дні (температурний максимум вище за 38°С) у період викидання волоті і стовбура маточки негативно впливають на розвиток близько 70% зерен [94]. У перші два тижні після появи сходів (15 днів) середньодобовий приріст рослин у висоту, за оптимальних умов вегетації, становить 1,2-2,4 см, потім він уповільнюється на 10-12 днів до 0,2 см за добу (в цей час формуються вузлові корені і тому ріст у висоту сповільнюється) і вже перед викиданням волотей досягає максимальної величини – 4-7 см за добу при добрій вологості ґрунту і середньодобовій температурі 21°С а при температурі (+ 24°С) – 7-8 см, якщо температура вище +30°С, темпи росту кукурудзи сповільнюються внаслідок інтенсивного використання вологи на випаровування [70-72, 93, 94, 100].

Залежно від водозабезпеченості рослин, відмінність температури рослинної тканини й температури повітря може становити ±2-3°С. Значення відмінностей у температурних величинах, що характеризують рослину та довкілля, оцінюють пізніше, коли помітними стають уповільнення процесів ***розвитку*** рослин (за умов зниження температури рослинної тканини порівняно з температурою повітря) або, навпаки, стимуляція ***росту*** (за умови, коли температура рослинної тканини вища за температуру довкілля). Напрямна роль температури довкілля проявляється у процесах водообміну (водного режиму) рослини таким чином, що інтенсивність транспірації збільшується з підвищенням температури, отже, в рослинному організмі стимулюються енергозабезпечуючі реакції [94].

В період генеративного розвитку кукурудзи потреба в теплі у різних за скоростиглістю гібридів, як правило, приблизно однакова. Однак, в зв’язку з тим, що у більш пізньостиглих гібридів завершаючим фазам відповідають більше пониження середньодобових температур, календарні строки, необхідні для

проходження цих фаз, у них значно збільшуються, порівняно із середньоранніми і середньостиглими гібридами [116, 117]. Знання суми температур дозволяє прогнозувати настання тих чи інших фаз росту і розвитку рослин, планувати проведення певних технологічних операцій і тим самим керувати формуванням урожаю зерна кукурудзи [94].

Підвищення температури повітря в період вегетації рослин сприяє прогріванню ґрунту, що в свою чергу позитивно позначається на процесі мінералізації наявних запасів азоту в ґрунті, в результаті чого рослини кукурудзи отримують його в доступній нітратній формі у вирішальні фази свого розвитку при формуванні качана [9, 10].

Тривале підвищення температури повітря (більше +30ºС), відносній вологості повітря нижче 30% і недостатніх запасах вологи (менше 20 мм в шарі ґрунту 0-50 см) в ґрунті рослини кукурудзи пригнічуються, в період цвітіння кукурудзи призводить до стерильності пилку, пересиханню ниток качанів, появи череззерниці на качанах, формування дрібного, слабо наповненого зерна [31, 70, 72, 96]. Однак при достатній вологості ґрунту високі температури не завдають значної шкоди посівам кукурудзи. Цвіте кукурудза при низькій температурі: середньодобовій 10,6°С і максимальній денній 18,8°С. Надмірно висока температура в цей період значно шкідливіша, ніж низька [2, 118].

Якщо така погода наступає за 10-12 днів до цвітіння і триває 20-25 днів, то це призводить до зневоднення рослин, запізнення цвітіння качанів, розриву в строках цвітіння качанів і волоті, безпліддя великої кількості рослин і різкому зниженню урожайності. Тому при розрахунку суми ефективних температур не враховують температури вище +30°С [2, 10].

Формування, налив і дозрівання зерна може відбуватись при порівняно низькій температурі повітря: середньодобовій 11-12°С і максимальній денній 15°С. Фази наливу, молочної стиглості зерна, молочно-воскової стиглості настають швидше прибільш високих температурах. Різко збільшуються між фазні періоди при температурі нижче 14-15°С [9, 10].

Оптимальним для кореневого живлення є інтервал температури від +20 до +25°С, тоді рослини добре використовують поживні елементи з ґрунту. Проте через зміну клімату такий температурний діапазон скоротився від трьох до одного місяця [70, 119]. Коли температура в зоні кореневої системи нижча за +14°С, рослина зможе засвоїти лише 20,9% від наявних у ґрунтовому розчині рухомих форм фосфору. В умовах посухи, коли ґрунтовий розчин практично відсутній, відбувається порушення макроелементного живлення: калій і фосфор рослиною не засвоюються, порушується метаболізм азоту, накопичується етилен, який призводить до старіння рослин, зумовлюючи незворотні процеси початку загибелі рослин [29].

Якщо ґрунт впродовж вегетації кукурудзи не прогрівається вище 16°С, то затримується розвиток репродуктивних органів і пізньостиглі гібриди не дозрівають. При чергуванні жарких і холодних днів темпи росту рослин сповільнюються і урожай знижується [2, 9, 10].

В Україні суми середньодобових ефективних температур (понад +10°С) варіюють від 1800 до 2300°С на Поліссі, від 2300 до 2900°С – у Лісостепу та від

2900 до 3500°С – у Степу. Період із середньодобовою плюсовою температурою понад +10°С триває у середньому: на Поліссі – 156-160, у Лісостепу – 156-170 і в Степу – 166-187 днів [64, 72]. Для досягнення фази молочно-воскової і воскової стиглості ранньостиглим гібридам потрібна сума ефективних температур в межах 720-770°С, середньораннім 760-820°С, середньостиглим 820-890°С і середньопізнім 880-960°С [2, 120].

Підвищення ефективних температур в період інтенсивного росту і розвитку із 100 до 400°С, при запасі продуктивної вологи 80-90 мм забезпечує збільшення площі листової поверхні у рослин кукурудзи [2]. Сума біологічно активних температур, необхідних для дозрівання скоростиглих гібридів, становить 1800-2200 С, середньо і ранньостиглих – 2300-2600 С, пізньостиглих – 2800-3200 С [10, 13, 72, 894].

Вимоги до тепла у кукурудзи підвищуються під час цвітіння, утворення і формування зернівок [72]. При вологості зерна біля 20% чутливість насіння до понижених температур помітно зростає, а вище 25% вони пошкоджуються при мінус 6-8°С [2, 9]. Температурний чинник сьогодні не є лімітуючим для отримання зерна кукурудзи з високим ступенем зрілості, що підтверджується науковими дослідженнями і практикою [108].

**Відношення до світла.** Для доброго розвитку вегетативних і особливо генеративних органів кукурудза потребує інтенсивного сонячного освітлення, особливо в перший період вегетації [9, 10]. Світло безпосередньо впливає на метаболічні поглинання іонів шляхом зміни електропотенціалу клітинних мембран і збільшення їх проникності, що в свою чергу підвищує активність ферментів.

Зменшення тривалості світлового дня, в свою чергу, пришвидшує генеративний розвиток кукурудзи, що зумовлює в подальшому кращу якість врожаю за рахунок **крохмалю**. Чим пізніший гібрид, тим сильніша реакція на тривалість світлового дня в нього спостерігається [100].

Основною перепоною для інтенсивного поширення кукурудзи в більш північних регіонах виявилась фотоперіодична реакція рослини на тривалість світлового дня. Тропічні види рослин зазвичай відносяться до культур короткого світлового дня [9, 10], і для формування ними генеративних органів необхідно, щоб тривалість дня була близько 12 год. та менше, а якщо вона становить 15-17 год. – відбувається, в основному, інтенсивне нарощування вегетативної маси [64, 69, 72, 94].

Кукурудза найшвидше зацвітає при 8-9-годинному дні [9, 10, 72]. Мінімальна сила освітлення, достатня для цвітіння і плодоношення – 4000-8000 лк (для ячменю 1800-2200 лк). При затіненні зменшується поглинання рослинами азоту, фосфору, калію, і особливо магнію, що сповільнює процеси формування органів плодоношення [9, 10].

Адаптація кукурудзи до вирощування в умовах довгого світлового дня відбулася виключно завдяки селекції. Скорочення тривалості світлового дня пришвидшує розвиток кукурудзи. Так, зменшення тривалості світлового дня сильніше впливає на рослину, аніж зростання температури. До того ж, чим пізніший гібрид, тим сильніша в нього спостерігається реакція на тривалість

світлового дня [2, 100].

За відношенням до світла кукурудза світлолюбива культура, яка любить інтенсивне опромінювання (700-1200 Вт/м$^2$). Чим більше рослина утримує світла, тим інтенсивніше вона росте, тим швидше утворюється листя і тим раніше змикаються рядки [71, 72, 100]. Навіть незначне затінення бур'янами або при загущенні, особливо в молодому віці, призводить до зменшення листової поверхні рослин, загальмовуванню настання фенологічних фаз, ослабленню поглинання елементів живлення і зниження урожайності і білковитості зерна. В загущених посівах рослини тонкі, з блідно-жовтим кольором, значна кількість їх утворює дрібні качани або не утворюють їх взагалі [71]. При затіненні, що має місце при загущенні, а також вирощування кукурудзи в умовах довгого дня відбувається інтенсивне наростання вегетативної маси, водночас зернова продуктивність знижується. Приведена закономірність генетично детермінована [70].

Сильне загущення посіві (ранні гібриди – вище 120, середньоранні – вище 80-90, середньостиглі і середньопізні – вище 60-70 тис. рослин на 1 га) призводить до зниження маси качанів і урожаю зерна, але при вирощуванні на силос урожай зеленої маси підвищується [9, 10]. Як в загущених посівах, так і при сильному забур'яненні відбувається «стікання» рослин в молодому віці, незважаючи навіть на достатню кількість вологи і поживних речовин в ґрунті [2].

Рослини із слаборозвиненою листовою поверхнею звичайно мають поганий розвиток, який негативно впливає на формування качанів. Рослини накопичують мало вуглеводів, які в першу чергу використовують на свій ріст чоловічі суцвіття, а жіночі суцвіття, розвиваються пізніше, відчуваючи у них дефіцит [2, 10].

**Відношення до родючості ґрунту.** Рослини кукурудзи позитивно реагують на підвищення ґрунтової родючості [72]. Хоча вирощувати кукурудзу можна вирощувати на різних ґрунтах, але вона має підвищені вимоги до елементів живлення [121-124].

При правильному обробітку і удобренні, високі врожаї кукурудзи можна отримувати майже на всіх ґрунтах. Кращими є ґрунти, із доброю повітря-ємністю, глибоким орним горизонтом який сприяє розвитку потужної кореневої системи, багаті на азот чорноземні, темно-каштанові, темно-сірі ґрунти [70, 125, 126].

Для вирощування кукурудзи придатні ґрунти із вмістом гумусу вище 1,2%, глибоким орним горизонтом, добре окультурені та керовані [2]. Непридатні для кукурудзи ґрунти схильні до заболочування, сильно запливаючі (холодні) і засолені ґрунти та ґрунти які мають pH нижче 5 [91].

Перезволожені глинисті ґрунти повільно прогріваються, мають понижену температуру, навіть після посіву кукурудзи, надлишок води [9, 10]. За перезволоження сповільнюється надходження фосфору в корені рослин, як наслідок, в результаті зниження вмісту загального, органічного і нуклеїнового фосфору, порушуються процеси фосфорилювання, енергетичні процеси в коренях і білковий обмін в рослинах [2, 91].

Кукурудза погано росте на кислих ґрунтах (pH<5,5), тому без вапнування, незважаючи на внесення високих норм органічних і мінеральних добрив, на них практично неможливо виростити високий урожай [2, 72, 88, 127]. Також погано придатними для вирощування кукурудзи є ґрунти з лужною реакцією ґрунтового розчину [2, 50] кукурудзи. Зменшення кислотності ґрунту за допомогою внесення вапнякових матеріалів сприяє зниженню (на 10%) розвитку гельмінтоспоріозу [128]. Низьке значення pH, викликає велику проблему тому, що висока кислотність ґрунту може сповільнити ріст коріння та обмежити наявність поживних речовин [129].

На фоні природної родючості ґрунтів у діапазоні вмісту гумусу в орному шарі 1,0-4,5% за сприятливого зволоження кукурудза здатна забезпечити 3,5-5,5 т/га зерна без застосування мінеральних добрив [130]. Кислотність (або лужність) ґрунту може впливати на мікроорганізми [131]. Крім кислотності важливе значення для кукурудзи має аерація ґрунтів. Вона краще росте на добре аерованих (повітряноємких) ґрунтах, оскільки при нестачі кисню гальмується ріст кореневої системи, порушується засвоєння поживних речовин та води [132].

В процесі проростання насіння кукурудзи потребує хорошої аерації, так як крупні зародки його поглинають багато кисню. Аерація ґрунту здійснює прямий і опосередкований вплив на поглинання поживних речовин рослинами, що перш за все відображається на діяльності кореневої системи. Склад повітря, його вологість і рух в посіві та ґрунті має суттєву роль в рості, розвитку і продуктивності кукурудзи. Вміст кисню в ґрунтовому повітрі, вуглекислого газу і побічних продуктів анаеробного розкладу органічних речовин (метан, водень, сірководень), накопичуються в ґрунті, здійснюючи різний вплив на кореневу систему [2].

Кукурудза потребує інтенсивного притоку кисню в ґрунт як під час проростання насіння, так і пізніше – для розвитку потужної кореневої системи [133, 134]. Отримання високих врожаїв кукурудзи забезпечується ґрунтовим вмістом кисню не менше 18-20%, біля 10% ріст коренів сповільнюється, а при 5% припиняється на протязі вегетації [2, 10].

Оптимальна щільність ґрунту для кукурудзи на більшості типів ґрунтів повинна бути в межах 1,1-1,3 г/см$^3$ [10]. Не можна допускати як надто ущільнення кореневмісного шару, так і надто рихлого його стан. При щільності (об'ємній масі) 1,5 г/см$^3$ і вологості ґрунту вище 30% спостерігається недостатня дифузія $CO_2$, яка перешкоджає життєдіяльність кореневої системи [2, 9, 10]. За механічним складом найкраще придатні для вирощування кукурудзи – середньо- і легкосуглинкові ґрунти [69, 72].

На легких ґрунтах кукурудза формує добре розвинуту кореневу систему. Вони швидше прогріваються, що важливо для раннього посіву. В кінці весни і початку літа температура на легких ґрунтах на 1,5-2,0°С вища ніж на важких ґрунтах, а за рахунок більш високої температури ґрунту розвиток рослин іде швидше [9, 10]. За структурою кращими вважаються такі ґрунти, в одиниці об'єму яких міститься 50% твердої фракції, 25% води і 25% повітря [2].

На чорноземах кукурудза відчуває потребу в цинку [127]. На чорноземних ґрунтах із підвищеним вмістом рухомого фосфору, внесення фосфорних добрив

не сприяє росту врожайності кукурудзи [135, 136].

Кукурудза здатна використовувати важкорозчинні фосфати алюмінію і заліза, які слабо використовуються іншими культурами [135]. На важких суглинистих ґрунтах спостерігається поява ґрунтової кірки, що призводить до порушення повітряного, водного і температурного режимів. В таких умовах частина насінин гине, запізнюється поява сходів кукурудзи, в результаті чого посіви зріджені та засмічені бур'янами [137]. Не можна вирощувати кукурудзу на ґрунтах із високим рівнем підґрунтових вод. Ґрунтові води повинні залягати на глибині не менше 1 м від поверхні ґрунту [138].

## 1.4. Характеристика елементів сучасної технологій вирощування кукурудзи

Зернове виробництво було і залишилося провідною галуззю сільського господарства України. Зернові культури щорічно займають більше половини загальної площі, і як наслідок, технологія їхнього вирощування значною мірою впливає на рівень агротехніки інших культур землеробства, економічну ефективність усього агропромислового комплексу [139].

Кукурудза має великі потенційні можливості у формуванні високих урожаїв зерна і зеленої маси. Це стає реальністю за сприятливих екологічних умов і дотримання технології вирощування, які відповідають біологічним вимогам кукурудзи. Знаючи ці вимоги, можна послабити або повністю уникнути негативного впливу того чи іншого фактора [140].

Проте реалізація генетичного потенціалу інтенсивних гібридів кукурудзи у виробничих умовах складає менше 50 %. Це свідчення того, що у кукурудзи ще не достатньо вивчені процеси росту і розвитку, формування фотосинтетичного, симбіотичного апаратів та умови реалізації потенціалу зернової продуктивності у сортів сої та гібридів кукурудзи [2, 10].

Крім того, на початку нового століття стало зрозуміло, що досягти додаткового росту продуктивності сільськогосподарського виробництва без використання інноваційних технологій неможливо. До таких технологій відноситься і застосування регуляторів росту рослин, біоінженерія, створення нових рослинних варіацій і ін. [141].

Технологія вирощування кукурудзи – це неперервний процес, який складається з багатьох модулів, які поєднані між собою в часі і мають рівнозначну дію на кінцевий результат – урожай. Звісно, початок технологічного циклу – це підбір відповідного гібриду та найкращого попередника [2, 142-143].

Є дуже багато інтерпретацій терміну «технологія вирощування», але найбільш вдалим, на нашу думку, є таке: **технологія** – комплекс агротехнічних прийомів погоджених в часі і просторі, адаптованих до конкретних умов. Особливостями аграрного виробництва є адаптування технологій до певних умов вирощування: ґрунти, агрокліматичні умови, географія розташування господарства. При цьому елементами бізнесу в аграрному секторі є живі організми або засоби виробництва: рослини, земля, тварини та люди.

Кукурудза – яка з найрентабельніших культур, яка потребує у своє виробництво чималих ресурсів. Успішність вирощування кукурудзи – це справа гібридів та якості застосовуваних технологій. Впровадження нових високо-інтенсивних гібридів, використання якісного насіння істотне удосконалення основних агротехнологічних прийомів та сучасних принципів вирощування дозволить наблизитись до потенційної продуктивності кукурудзи – 20,0-25,0 т зерна з гектара [28, 79, 141, 144].

Стабільне підвищення продуктивності кукурудзи можна забезпечити двома стратегічними шляхами: створенням нових і підбором уже існуючих гібридів за групами стиглості та розробкою зональних технологій вирощування. Підбір гібрида є найдешевшим та найдоступнішим елементом ресурсозберігаючої технології. Врожайність зерна кукурудзи на 50% визначається продуктивністю гібрида, особливостями зональної технології вирощування та її матеріально-ресурсним забезпеченням – на 25%, погодними умовами – теж на 25%. Останніми роками екстремальні посушливі умови та збільшення світового попиту на виробництво зерна кукурудзи спонукають насіннєві компанії до пошуку нових рішень [145, 146].

Весь арсенал засобів інтенсифікації вирощування кукурудзи спрямований на максимальну реалізацію генетичного потенціалу сучасних гібридів культури. В таких умовах важливим фактором підвищення виробництва зерна є дотримання рекомендованої технології відповідно до особливостей кожного гібрида. Удобрення, засоби захисту, системи обробітку ґрунту, зрошення – це лише інструментарій у вмілих руках спеціаліста [64, 146-149].

Використання інтенсивних технологій у вирощуванні кукурудзи дозволить виробнику легко конкурувати на світовому ринку сільськогосподарської продукції та отримувати найменшу різницю між виробничою та потенційною урожайністю [140, 150-152]. Аналіз світового виробництва зерна кукурудзи показує, що ріст її врожайності приблизно на 50-60% відзначається селекційно-генетичними досягненнями і на 40% удосконаленням технології вирощування [9, 10].

Кукурудза культура інтенсивного типу, на жаль, в сучасних умовах господарювання технології її вирощування не досягли такого рівня, який би забезпечив повноцінне використання генетичного потенціалу сучасних гібридів [66, 75, 153, 154]. Разом з тим, ці технології створенні методом «необмеженої інтенсифікації» та ефективні лише за сприятливих умов вирощування. Але підвищення вартості паливно-мастильних матеріалів та агроресурсів до рівня світових цін призвело до значного збільшення їх частки в собівартості продукції [151].

Сучасні технології вирощування кукурудзи на зерно ще не досягли такого рівня, який забезпечив би повноцінне використання потенціалу цієї культури. Значний розрив між величиною рівня урожайності кукурудзи із року в рік свідчить про те, що на її формування, окрім кліматичних умов, значний вплив здійснюють агротехнічні засоби, стан інтенсифікації вирощування даної культури (використання мінеральних добрив, пестицидів, сільськогосподарських машинах, палива насіння та ін.) [119, 145, 152, 155, 156].

Новітні технології дозволяють оптимізувати живлення рослин, надійно захистити від хвороб, шкідників і бур'янів, максимально використувати і трансформувати енергію сонця в сільськогосподарську продукцію [141, 157] та передбачають оптимальне забезпечення рослин елементами живлення за рахунок інтенсивної системи удобрення [10, 119, 158], це в свою чергу вносить певні корективи у використанні рослинами мікроелементів. Запровадження інтенсивних технологій вирощування кукурудзи супроводжується зменшенням вмісту цинку в листках кукурудзи через антагонізм фосфору і цинку [94].

Подальше вдосконалення технологій управління ґрунтовою родючістю направлено на те, щоб доступність елементів живлення в ґрунті відповідала динаміці їх споживання рослинами впродовж вегетаційного періоду [159].

Крім забезпечення рослин макро- і мікроелементами у інтенсивних технологіях вирощування кукурудзи важливе значення мають строки, густота сівби, глибина загортання насіння, передпосівна обробка насіння тощо. Від них залежать своєчасність, повнота входів, розвиток рослин, строки настання фаз розвитку і, відповідно, довжина вегетаційного періоду, збиральна вологість та рівень урожайності [160].

У сучасних умовах господарювання все більшого розповсюдження набувають ресурсозбережні технології вирощування сільськогосподарських культур, які базуються не тільки на мінімізації обробітку ґрунту, а й застосуванні помірно-оптимальних, окупних доз добрив. У зв'язку з підвищенням цін на мінеральні добрива поряд з агротехнічною оцінкою технологій вирощування кукурудзи важливе значення має визначення економічної доцільності застосування окремих прийомів і в цілому сортової технології культури [161-163]. На відміну від зернових колосових культур виробництво кукурудзи є більш енерго- і ресурсномістким. Особливо це стосується підвищеної вологості зерна в період збирання [153, 161-164].

Складовою частиною цього напрямку є розробка методів екзогенної регуляції та стабілізації адаптивних реакцій рослин завдяки використанню фізіологічно активних речовин синтетичного та природного походження [165].

Інтенсифікація нерозривно пов'язана з прискоренням науково-технічного прогресу і здійснюється на основі використання його досягнень, організаційно-економічних факторів, які виникли в процесі реформування в АПК тощо [151, 165-167].

Важливою складовою сучасної технології є технічне оснащення. За останні 20-25 років суттєво змінилися елементи технології вирощування кукурудзи, її технічне забезпечення, що призвело до значного підвищення урожайності культури. Сучасна збиральна техніка дозволяє швидко і якісно збирати зерно кукурудзи, а стебла подрібнювати і рівномірно розприділяти на полі [168].

Застосування різних технологічних заходів вирощування зерна кукурудзи поряд з агротехнічною оцінкою прямої їх дії на процес виробництва повинно супроводжуватись економічним аналізом [145].

**Сучасні сорти та гібриди.** В Україні здебільшого вирощуються гібриди кукурудзи і зовсім мало сортів, що пов'язано із явищем гетерозису (табл. 11). З-поміж сортів поширені такі: Закарпатська жовта, Дніпровська 298, Одеська 10.

**11. Групування гібридів кукурудзи за тривалістю вегетаційного періоду**

| № з/п | Група | | Кількість листків, шт. | Вегетаційний період, днів |
|---|---|---|---|---|
| | Назва | ФАО | | |
| 1. | Дуже ранні | 100-149 | 9-11 | до 90 |
| 2. | Ранньостиглі | 150-199 | 12-14 | 91-105 |
| 3. | Середньоранні | 200-299 | 15-16 | 106-120 |
| 4. | Середньостиглі | 300-399 | 17-18 | 121-130 |
| 5. | Середньопізні | 400-499 | 19-20 | 131-140 |
| 6. | Пізньостиглі | 500-599 | 21-22 | 141-150 |
| 7. | Дуже пізні | 600 і більше | понад 22 | понад 150 |

Для інтенсивної технології необхідно використовувати гібридні форми, вітчизняної та зарубіжної селекції, які найбільш адаптовані до умов вирощування. Для одержання високих і стабільних урожаїв зерна кукурудзи і кращої реалізації біокліматичного потенціалу, в господарствах бажано висівати кілька різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи ранньостиглої та середньостиглої групи стиглості.

Так, середньопізні гібриди, що характеризуються високою урожайністю, потребують значних коштів на післязбиральне досушування зерна. Крім того вони характеризуються вибагливістю до умов вирощування і незначні порушення у виконанні технологічних операцій призводять до різкого зниження їхньої продуктивності. За збирання цих гібридів кукурудзи внаслідок підвищеної вологості зерна ускладнюється його обмолот [2, 13, 169].

**Місце культури в сівозміні.** Вибір попередників для кукурудзи відіграє вирішальне значення, в зв'язку з біологічною потребою гібридів у воді, поживних речовинах, а також регулюванням чисельності шкідливих організмів. Кукурудза потребує розміщення посівів після попередників, які не спричиняють пригнічення її рослин, унаслідок алелопатичного впливу рослинних і кореневих залишків, поліпшують водно-фізичні властивості ґрунту, зменшують забур'яненість посівів і тим самим забезпечують високий урожай. Ступінь впливу попередників на продуктивність рослин визначається біологічними властивостями різних біотипів кукурудзи, агротехнікою їх вирощування, ґрунтово-кліматичною характеристикою зони [2].

Кращими попередниками кукурудзи в Лісостепу і на Поліссі є озима пшениця, зернобобові культури, картопля, а в районах достатнього зволоження – цукрові буряки. У Степу не слід сіяти кукурудзу після культур, які сильно висушують ґрунт (суданська трава, соняшник, цукрові буряки). Тут кращими попередниками для неї є озима пшениця, зернобобові культури [2, 13].

Негативно впливає на продуктивність кукурудзи розміщення її після соняшнику, тому що такі посіви відстають у рості й розвитку на п'ять-сім днів, сильніше уражуються хворобами та знижують урожай на 10-20% [2, 10].

На родючих ґрунтах при достатньому удобренні, кукурудзу можна вирощувати повторно впродовж 3-4 років, що застосовується у господарствах з

високорозвиненим тваринництвом. Проте, наразі вирощування кукурудзи в монокультурі є проблематичним, у зв'язку з появою карантинного шкідника – західного кукурудзяного жука (ЗКЖ). Ротація культур три і більше років викликає зменшення Diabrotica virgifera virgifera (ЗКЖ) на 50% і більше. Тому для запобігання його поширенню, слід уникати посівів кукурудзи після кукурудзи, витримувати чергування культур, на яких личинки не здатні розвиватися – пшениці, ячменю, люцерни, соняшнику, картоплі тощо. На території України кукурудза в монокультурі не вирощується, а насиченість нею посівів у різних зонах коливається в межах 10-40% і зрідка на зрошенні досягає 80%, з висівом її на одному й тому ж полі 3-4 роки поспіль [2, 13].

**Обробіток ґрунту.** Спосіб і строки підготовки ґрунту під кукурудзу обирають диференційовано, використовуючи одну з трьох технологій: класичну (традиційну), мінімальну або нульову (No-till) [10, 13].

За першою з них, одразу після збирання попередника, поле обробляють дисковими боронами БДТ-7, БДС-8,4, БДВ-3, БДВ-7, МФ-248 («Массей Фергюсон»), Discover XL та ін. Кукурудза добре реагує на поглиблення основного обробітку ґрунту, тому в першу чергу її розміщують на полях, де проведено обробіток ґрунту на глибину 25-27 см, або на 20-22 см обертовими плугами вітчизняного виробництва ППО-8-40, ППО-6-40, ППО-5-40 та ярусними плугами ПНЯ-4-40 і ПНЯ-4-42. Найкращий ефект забезпечує чизельний обробіток ґрунту, за проведення якого може заощаджуватися 10-20% пального, експлуатаційні витрати знижуються майже вдвічі, енергомісткість – в 1,4 разу, а витрата праці – на 31% [2, 10, 13].

Сучасні системи землеробства дають можливість виключити енергоємні операції, зокрема оранку, залишити на поверхні ґрунту більше рослинних решток, попередити ерозію ґрунту і економити паливо. **Мінімальна і нульова технології** все ширше впроваджуються у виробництві при вирощуванні кукурудзи.

Осінній обробіток ґрунту за мінімальною технологією розпочинають з лущення стерні, яке проводять слідом за збиранням попередника, дисковими боронами, що забезпечує подрібнення рослинних решток і заробку у ґрунт добрив. Своєчасне лущення сприяє очищенню поля від бур'янів, послаблює висихання ґрунту, підвищує його водопроникність та поліпшує якість проведення оранки. На полях, засмічених багаторічними коренепаростковими бур'янами, слід проводити дворазове лущення: перше – дисковими знаряддями на завглибшки 6-8 см, друге – після відростання бур'янів культиваторами-плоскорізами на глибину 12-14 см [9, 10].

Для боротьби із багаторічними бур'янами можливе також застосування гербіцидів суцільної дії, використовуючи для цього вітчизняні обприскувачі ОПШ-2000, ОП-2000А, ОПШ-15, ОМ-630-2, ЕКО-2000-18, ЕКО-600-12, а також зарубіжні – Hardi, Twin (Данія), Spra-Coupe (Нідерланди), PORTER і TOPRIDER (група компаній KUHN) та ін. Гербіциди заробляють під осінній обробіток дисковими боронами. В подальшому виконують глибокий безполицевий обробіток ґрунту плоскорізами типу КПШ-5. Операції основного мінімального обробітку ґрунту можна виконати за один прохід агрегату, використовуючи комбіновані машини АКШ-5,6, АКШ-3,6, КШН-6, «Резидент», АГРО-3, Smaragd,

Mixter та ін. [2, 13].

На площах, де з осені не проводили глибокий обробіток ґрунту, навесні здійснюють мілкий – на глибину 12-14 см знаряддями із плоскоріжучими або дисковими робочими органами і наступний обробіток – звичайними культиваторами типу УСМК-5,4 без розриву в часі [9, 10]. При нульовій технології (No-till) ґрунт залишається недоторканим від жнив до початку весняно-польових робіт. Перед сівбою кукурудзи по вегетуючих сходах бур'янів вносять гербіцид суцільної дії.

У районах поширення вітрової ерозії застосовують плоскорізний обробіток ґрунту, який включає розпушення ґрунту після збирання зернових культур голчастими боронами (БІГ-3) на 5-6 см, дворазове розпушення плоскорізами (КПЕ-3,8, КПП-2,2): перше на глибину 10-12 см, друге – в агрегаті з боронами БІГ-3 і кільчасто-шпоровими котками на 12-14 см та зяблевий обробіток плоскорізами (ПГ-3,5, КПГ-250, КПГ-2,2) на глибину 27-30 см. На схилах різної крутизни проводять щілювання ґрунту щілерізами ЩН-2-140, ЩП-3-70 на глибину 45-50 см, при відстані між щілинами 1,4-4,0 м. Щілювання покращує вологопроникність ґрунту і зменшує руйнівний та негативний стік води [9, 10, 13].

**Передпосівний обробіток ґрунту** за класичною (традиційною) технологією може виконуватись як одноопераційними машинами – вирівнювання (ВП-8Б, ВПН-5,6), культивація (КГ-4, КПСП-4, КПСН-4, КПС-8, КШУ-12) і прикочування (ЗКВГ-1,4, ЗККШ-6, К-10, КПП-6, КВГ-3), а також за один прохід комбінованими агрегатами вітчизняного виробництва: АПБ-6, АГ-6, АГ-3 і АГ-1,5, АКГМ-3,6 та іноземних фірм: «Європак» Б 622 (ББГ, Німеччина), К 600 PS, К 800, К 930 («Фармет», Чехія), «Компактор» і «Система-Корунд» («Лемкен», Німеччина) та інші [170, 171].

Весняне боронування або вирівнювання поля пришвидшує прогрівання ґрунту і проростання бур'янів, створює оптимальні умови для високоякісного виконання всіх наступних технологічних операцій. Вирівнюють поверхню поля, за настання фізичної стиглості ґрунту, вирівнювачами під кутом 45-50º до напрямку основного обробітку. За розміщення кукурудзи після кукурудзи, особливо на необроблених з осені площах, при наявності великої кількості не зрізаних стебел і післяжнивно-кореневих решток, ґрунт ретельно розробляють дисковими і фрезерними знаряддями, протиерозійними і паровими культиваторами. Вони подрібнюють і перемішують з ґрунтом пожнивні (органічні) рештки попередньої культури [2, 13].

Передпосівну культивацію здійснюють на глибину загортання насіння (6-7 см) комбінованими ґрунтообробними агрегатами або культиваторами. У випадку високого рівня засміченості полів бур'янами, особливо коренепаростковими, доцільно провести дві культивації: першу – на глибину 8-10 см, другу – на глибину загортання насіння [9, 10]. При пересіві загиблої озимини, у системі весняного обробітку ґрунту, можливо застосовувати дискові знаряддя типу БДТ-7, які найбільш ефективно знищують рештки озимих культур та провести одну-дві різноглибинні культивації.

**Удобрення.** Відомо, що до 50 % приросту врожаїв сільськогосподарських

культур одержують за рахунок внесення добрив. Для формування урожаю зерна кукурудза, окрім фосфору та калію, потребує істотної кількості кальцію і магнію (в межах 6-10 кг на 1 тонну зерна) [2].

За інтенсивною технологією під кукурудзу використовують органічні та мінеральні добрива. У системі удобрення доцільно використовувати не тільки підстилковий напівперепрілий, але й рідкий гній, різноманітні компости з рослинних решток та органічних відходів, дигестат, минулорічні запаси соломи, сидерати, а також приорювати стерню і солому. Органічні добрива вносять під оранку з розрахунку 30-40 т/га напівперепрілого гною, а рідкого – залежно від його хімічного складу, але не більше 200 кг/га азоту, або 80-100 т/га. У залежності від ґрунтово-кліматичних умов, норма внесення напівперепрілого гною під кукурудзу в зоні Степу складає 20-30 т/га, Лісостепу – 30-40 (Вінницька область), Полісся – 40-50 т/га. У разі використання пожнивних решток попередніх культур, для компенсації вмісту азоту в ґрунті та посилення мінералізації пожнивних решток, додатково вносять азотні добрива, з розрахунку $N_{10}$ на кожну тонну органічної маси, що залишається після збирання попередника. Для внесення твердих органічних добрив використовують розкидачі РОУ-6, МТО-7, РПО-6 вантажопідйомністю 3, 6, 7 і 12 т [42, 43].

Оптимальні дози повного мінерального добрива – $N_{45\text{-}90}P_{45\text{-}90}K_{30\text{-}90}$. Найкраще використовувати складні добрива (нітроамофоску, нітрофоску, нітрофос), які забезпечують більші прирости урожаю (на 0,1-0,2 т/га), ніж еквівалентна суміш простих туків. Позитивно впливають на ріст, розвиток, продуктивність кукурудзи і рідкі форми мінеральних добрив – безводний аміак, аміачна вода, карбамідно-аміачна суміш, рідкі комплексні добрива, водні розчини твердих туків. Фосфорно-калійні добрива необхідно вносити під основний обробіток ґрунту, азотні – навесні під першу культивацію (аміачна селітра, карбамід, сульфат амонію тощо). Обов'язковим заходом є припосівне внесення у рядки фосфорних або складних добрив, з розрахунку 10-20 кг/га д. р. за фосфором. Підживлення рослин кукурудзи азотними добривами у фазі 3-5 листків є ефективним лише за достатньої вологозабезпеченості. Орієнтовні норми мінеральних добрив, на різних типах ґрунтів для одержання врожаю зерна 5,0-8,0 т/га на фоні гною, становлять: на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся $N_{40}P_{100}K_{120}$; дерново-підзолистих ґрунтах Закарпаття – $N_{120}P_{120}K_{120}$; чорноземах глибоких малогумусних правобережного Лісостепу – $N_{90}P_{80}K_{80}$; чорноземах глибоких опідзолених, сірих лісових ґрунтах правобережного Лісостепу – $N_{90}P_{90}K_{90}$; чорноземах опідзолених, сірих лісових ґрунтах лівобережного Лісостепу – $N_{70}P_{70}K_{70}$; чорноземах звичайних Степу – $N_{60}P_{60}K_{60}$; на чорноземах південних – $N_{60}P_{60}K_{30}$ [46, 115] (табл. 12).

Для забезпечення рослин магнієм рекомендується використовувати калійне добриво калімагнезію, в якому міститься 6-8 % магнію і 28 % калію, а також проводити позакореневе підживлення сірчанокислим магнієм (23 %) з розрахунку 2-2,5 % до об'єму робочого розчину. Листкове підживлення найкраще проводити у період 6-7 листків – до викидання волоті з інтервалом 6-8 днів 2-3 рази. При цьому досить ефективним є додавання карбаміду (5-6 кг на 100 л води) та мікродобрив [2, 42, 43].

Під кукурудзу також рекомендується вносити мікродобрива як безпосередньо у ґрунт – за зрошення, разом із поливною водою у поєднанні з гербіцидами (**гербигація**), так і за передпосівної обробки насіння або одночасно з позакореневим підживленням рослин. В останні роки практикують внесення у ґрунт так званих ***комплексонів*** (спеціальних кислот), за допомогою яких мікроелементи перетворюються на біологічно активні форми, та ***комплексонатів*** – сполук комплексонів з мікроелементами. Ці сполуки вносять у ґрунт у суміші з мінеральними добривами, використовують для передпосівної обробки насіння, а також позакореневого підживлення рослин [9, 10].

**12. Рекомендовані дози добрив під запланований рівень урожайності кукурудзи на зерно**

| Планова урожайність, т/га | Поживні речовини за д. р., кг/га | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | азот | фосфор | калій | кальцій | магній |
| 5,0 | 125-150 | 40-60 | 130-150 | 50-55 | 12-25 |
| 7,0 | 180-210 | 60-90 | 150-180 | 60-75 | 20-35 |
| 10,0 | 250-300 | 80-120 | 270-310 | 80-100 | 30-50 |

З-поміж мікродобрив під кукурудзу використовують: бор магнієві (30-35 кг/га), сульфат цинку (0,8-1,0 кг на 1 тону насіння), сульфат марганцю (0,7-0,9 кг/т), марганізований суперфосфат (2-3 ц/га) у ґрунт до сівби або під час сівби (0,5-1,5 ц/га) в рядки; молібденізований суперфосфат (2-3 ц/га) у ґрунт до сівби або (40-50 кг/га) під час сівби у рядки. Для позакореневого підживлення використовують такі мікродобрива на хелатній основі: Нановіт Моно Цинк (1-2 л/га), Нановіт моно Бор (1-2 л/га), Розабор (1-1,5 л/га), Солю Цинк (1-2 л/га), Солю Бор (1-2 л/га), Росток кукурудза (2-4 л/га) та інші [2].

**Підготовка насіння до сівби. Сівба (строки і норми).** Насіння гібридів кукурудзи повинно мати високу чистоту, типовість, енергію проростання (90 %) та схожість (не менше 92 %), бути відкаліброваним, протруєним та обробленим стимуляторами росту [42, 43].

Для посіву необхідно використовувати інкрустоване насіння, яке характеризується кращою схожістю та врожайністю, порівняно із звичайним. **Інкрустація** насіння інсектофунгіцидами разом з мікродобривами Реаком С суттєво підвищує урожайність гібридів, особливо при ранній сівбі. Інкрустування та обробка насіння мікроелементами дає змогу зменшувати витрати протруйників на 20–30%. Мікроелементи здатні підвищувати стійкість рослин до несприятливих умов навколишнього середовища: низьких або підвищених температур, посухи, а також підвищують фотосинтетичну діяльність, обмін речовин, захисні реакції [2, 13, 43].

Відповідну градацію мають висіваючі диски пневматичних сівалок.

Щоб запобігти ураженню проростків кукурудзи плісеневими грибами, кореневими і стебловими гнилями, сажковими хворобами, насіння обробляють фунгіцидами – вітавакс 200 (2 кг/т), вітавакс 200 ФФ (2,5-3,0 л/т), максим 025 (1 л/т). З метою захисту сходів кукурудзи від шкідників насіння обробляють

протруювачами інсектицидної дії: промет 400, 40% м. с. (2,5 л/т) або гаучо 70% з. п. (5 кг/т). Ефективність протруйників підвищується, при застосуванні їх за методом інкрустації полівініловим спиртом (ПВС), натрієвою сіллю карбоксилметилцеллюлози (Na КМЦ), у сполученні із стимуляторами росту: Реаком, Марс-1 та іншими [56, 133].

На державних кукурудзо-калібрувальних заводах насіння ділиться на чотири фракції:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **I фракція – КП** (великі плоскі) ширина більше 8,0 мм, товщина менше 5,5 мм. | **II фракція – МП** (малі плоскі) ширина 6,5-8,0 мм, товщина менше 5,5мм. | **III фракція – КК** (великі круглі) ширина > 8,0 мм, товщина > 5,5 мм. | **IV фракція – КМ** (малі круглі) ширина 6,5 – 8,0 мм, товщина 5,0 мм. |

Кукурудзу висівать одночасно з передпосівним обробітком ґрунту. Від термінів сівби і біологічних властивостей різних за стиглістю гібридів суттєво залежить урожайність і передзбиральна вологість зерна, що обумовлює рівень виробничих витрат усього технологічного циклу. Сівбу розпочинають, коли ґрунт на глибині 6-8 см прогріється до температури +10-12ºС. Сівалку необхідно добре налаштувати для забезпечення встановленої густоти стояння рослин. Правильне розташування рослин у рядку забезпечує оптимальну густоту кожного гібрида, з формуванням повноцінного качана на кожній рослині. Оптимально ранні строки сівби стабільно забезпечують мінімальну вологість зерна, що позначається на витратах коштів під час його сушіння і дає можливість суттєво знизити собівартість продукції [2, 9, 10].

Ярі культури, в тому числі і кукурудза, на відміну від озимих, не мають календарних строків сівби, оскільки в різні роки оптимальні для цього умови настають у різний час. У вітчизняній і зарубіжній літературі немає єдиної думки щодо потрібної температури, за якої потрібно починати сіяти кукурудзу. Деякі автори надають перевагу більш раннім строкам сівби, які настають при температурі ґрунту +6-8ºС на глибині загортання насіння. Інші дійшли висновку, що переваги ранніх строків сівби, порівняно з пізніми, полягають у можливості ефективнішого використання рослинами ґрунтової вологи. Через це такі фази розвитку, як воскова і повна стиглість зерна, проходять за сприятливих умов [56, 133].

В Умовах Лісостепу і Полісся України, де обмежені теплові ресурси вегетаційного періоду, заморозки можуть настати порівняно рано (у середині вересня), тому кукурудзу потрібно висівати при нижчих температурах, у більш ранні строки. У разі сівби в пізні строки врожай може бути меншим, унаслідок неповного використання ґрунтової вологи. Але в разі ранньої сівби, незважаючи на підвищення врожайності і більш раннє дозрівання початків, на початкових етапах органогенезу в рослин спостерігається пригнічення, що зникає із підвищенням температури [2]. Англійськими науковцями підраховано, що для отримання врожаю кукурудзи із вмістом сухої речовини 24 %, сума ефективних температур має становити 681ºС, а з вмістом 30 % – 773ºС, яку рослини можуть набрати у разі ранніх строків сівби. Вони стверджують, що за ранніх строків

сівби досягаються максимальний вміст сухої речовини в урожаї і висока продуктивність кукурудзи (табл. 13).

**13. Характеристика кліматичних показників для гібридів кукурудзи різних груп стиглості**

| ***Необхідна середньомісячна температура під час вегетації кукурудзи*** | | ***Кількість тепла, необхідна для дозрівання зерна*** | | ***Потрібна кількість опадів*** | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Місяць* | *t°C* | *Група стиглості (ФАО)* | *Сума температур (°C)* | *Місяць* | *мм* |
| Квітень | 9,0 | | | Квітень | 68,0 |
| Травень | 18,3 | 100-199 | 915-970 | Травень | 88,9 |
| Червень | 21,7 | 200-299 | 1026-1082 | Червень | 88,9 |
| Липень | 22,8 | 300-399 | 1138-1191 | Липень | 114,3 |
| Серпень | 22,8 | 400-499 | 1249-1304 | Серпень | 114,3 |
| Вересень | 18,2 | 500 і більше | 1360-1415 | Вересень | 96,5 |
| Середня | 18,8 | | | Всього | 570,9 |

За ранніх строків сівби запаси продуктивної вологи у фазі викидання волоті та воскової стиглості зерна більші, ніж при пізніх. Якщо запізнитись із сівбою, рослини кукурудзи часто не набирають необхідної кількості активних температур, не досягають потрібної стиглості, і врожайність знижується на 0,12-0,36 т/га [9, 10].

За наявності великої кількості рослинних залишків, особливо коли проекційне покриття ними поверхні ґрунту складає 50% і більше, прогрівання верхнього шару у весняний період може затримуватись і на 0,5-1,0° буде нижчим, ніж на чистих від пожнивних залишків полях. У зв'язку з цим, сівбу кукурудзи краще розпочинати на площах з мінімальною кількістю рослинних залишків на поверхні, а закінчувати – на полях із максимальним їх накопиченням [2].

Густота стояння рослин кукурудзи залежить від групи стиглості гібридів, у пізньостиглих форм площа живлення збільшується порівняно з ранньостиглими, а густота стояння відповідно зменшується (табл. 14).

**14. Густота рослин кукурудзи для гібридів різних груп стиглості (тис. шт./га) (В.В. Волкодав, 2001)**

| № з/п | Група | Зона вирощування | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Степ | | Лісостеп | Полісся |
| | | без зрошення | на зрошенні | | |
| 1 | Дуже ранньостигла | 65-70 | 70-75 | 65-70 | 65-70 |
| 2 | Ранньостигла | 55-60 | 60-65 | 60-65 | 60-65 |
| 3 | Середньорання | 45-50 | 55-60 | 55-60 | 55-60 |
| 4 | Середньостигла | 35-40 | 45-50 | 50-55 | – |
| 5 | Середньопізня | 30-35 | 35-40 | – | – |
| 6 | Пізньостигла | 25-30 | 30-35 | – | – |
| 7 | Дуже пізньостигла | 25 | 30 | – | – |

Густота стояння визначається біологічними особливостями гібридів та ґрунтово-кліматичними зонами їх вирощування. За розміщення кукурудзи після кращих попередників орієнтуються на верхню межу оптимальної густоти стояння, після інших – на нижню [42-43].

Для компенсації зниження польової схожості насіння та природної загибелі рослин кукурудзи впродовж вегетації, норма висіву повинна бути вищою оптимальної. Для одержання рекомендованої густоти рослин перед збиранням урожаю, при сівбі норму висіву насіння збільшують: у степовій зоні на 10-15%, лісостеповій зоні – 15-20%, а в поліській – на 20-25% (табл. 15).

**13. Кількість рослин на 1 га в залежності від відстані між рослинами в рядку при міжрядді 70 см**

| Відстань між рослинами у рядку, см | Кількість рослин, тис./га | Відстань між рослинами у рядку, см | Кількість рослин, тис./га |
|---|---|---|---|
| 16 | 89,3 | 27 | 52,9 |
| 17 | 84,0 | 28 | 51,0 |
| 18 | 79,4 | 29 | 49,3 |
| 19 | 75,2 | 30 | 47,6 |
| 20 | 71,4 | 31 | 46,1 |
| 21 | 68,0 | 32 | 44,6 |
| 22 | 64,9 | 33 | 43,3 |
| 23 | 62,1 | 34 | 41,0 |
| 24 | 59,5 | 35 | 40,8 |
| 25 | 57,1 | 36 | 39,7 |
| 26 | 54,9 | 37 | 38,5 |

Оптимальна глибина загортання насіння кукурудзи 5-6 см, а якщо верхній шар ґрунту дуже швидко пересихає – висівають на глибину 6-8 см, але обов'язково у вологий шар ґрунту. Важливо, щоб насіння, що висівається, рівномірно розподілялось як за глибиною, так і в рядку. За такої умови досягається вирівняність стеблостою і підвищується індивідуальна продуктивність рослин [2]. Посів проводиться сівалками пунктирного посіву СУПН-12А (ХТЗ-161), СПЧ-6, СПЧ-8, СУПН-8, УПС-8, УПС12, (агрегатуються з МТЗ-80/82), Клен-5,6, «Джон Дір 1780», Ортіма, Махіма. За мінімальної або нульової технології вирощування, насіння кукурудзи можна висівати універсальними сівалками далекого зарубіжжя – «Джон Дір 1780», MF 555, Ортіма та інші.

Одночасно із сівбою в одному агрегаті можна вносити стрічковим способом гербіцид, який потребує загортання у ґрунт. Для цього посівний агрегат обладнують підживлювачем-обприскувачем ПОМ-630. Штангу його з розпилювачами з кроком 0,7 м кріплять на рамі сівалки перед сошниками. Ширина обробленої гербіцидом стрічки становить 0,30-0,35 м. За рахунок цього витрата гербіциду порівняно із суцільним внесенням скорочується

вдвічі, зменшується його шкідлива дія на навколишнє середовище [2, 10].

Сівалки регулюють так, щоб на час збирання врожаю забезпечувалась густота рослин на гектарі у Степу 35-40 тис. шт., Лісостепу – 45-55, Поліссі – 55-65 тис. шт. З урахуванням польової схожості і втрат частини рослин із різних причин, норму висіву насіння збільшують на 25-30 %, порівняно з вказаною вище густотою [42, 43].

**Догляд за посівами** створює сприятливі умови для одержання дружніх сходів кукурудзи, дає змогу утримувати посіви в чистому від бур'янів стані, а також зберегти вологу в посівному і орному шарі ґрунту. Після посіву ґрунт необхідно прикатати кільчасто-шпоровими або гладкими котками в агрегаті з боронами, для поліпшення контакту насіння із ґрунтом, що особливо актуально в умовах дефіциту вологи. Від цього, в більшій мірі, залежить польова схожість насіння, своєчасність появи і вирівняність сходів. За умови розміщення насіння у вологому шарі ґрунту, достатнім буде ущільнення рядків трамбувальними колесами сівалки [56].

**16. Технічна характеристика сівалок для кукурудзи**

| Показники | СУПН-12А | СУПН-8А | СУПН-6А | СУПН-8-01 | СУПН-6-01 | УПС-12 | УПС-8 | Клен - 5,6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ширина захвату, м | 8,4 | 5,6 | 4,2 | 5,6 | 4,2 | 5,6 | 5,6 | 5,6 |
| Кількість рядків, шт. | 12 | 8 | 6 | 8 | 6 | 8 | 8 | 8 |
| Робоча швидкість, км/год. | 6-7 | | | | | 7-9 | | |
| Ємність ящиків, куб. дм: для насіння | 242,4 | 161,6 | 121,2 | 1616,6 | 121,2 | 242,4 | 161,6 | 250 |
| для добрива, кг/га | 50-250 для всіх сівалок | | | | | | | |
| Глибина загортання насіння, см | 4-12 | | | | | | | 2-10 |
| Маса сівалки, кг | 2155 | 1240 | 1090 | 1030 | 905 | 1695 | 1454 | 1150 |
| Агрегатується з трактором, кл. | 3 | 1,4 | | | | 1,4-2,0 | 1,4 | 1,4-2,0 |

*Примітка: у висівних апаратах сівалок СУПН-8 і СУПН-6А розрідження створюється вентилятором, а сівалок СУПН-8-01 і СУПН-6-01 – газоструменевим компресором (за рахунок випускних газів двигуна трактора).*

У цілому комплекс заходів з догляду за посівами кукурудзи розділяють на дві системи: **інтенсивну** (на основі застосування пестицидів) і **мало затратну** (без використання гербіцидів). Як одна, так і інша не можуть бути взаємовиключними, а в багатьох випадках деякі з прийомів навіть доповнюють кожну із систем. Інтенсивна, енергонасичена технологія передбачає застосування як ґрунтових (базових), так і післясходових (страхових) гербіцидів [9, 10].

Через 4-5 днів після посіву впоперек або по діагоналі рядків проводять досходове боронування зубовими боронами масою 24-26 кг, або боронами

обкладеними пружинними зубами, які регулюються кутом нахилу. Досходове боронування посівів кукурудзи проводять за умови появи у верхньому шарі ґрунту проростків бур'янів у фазі «білої ниточки». Швидкість руху агрегату 5-6 км/год., а глибина обробітку, за проведення досходового боронування, повинна становити не більше 3-4 см [2].

У фазі 3-5 справжніх листків кукурудзи посіви обробляють гербіцидами. За умови ефективної дії ґрунтових препаратів, у разі якщо на протязі 30 діб не спостерігається масового повторного відростання бур'янів, замість гербіцидів можна обмежитись одним міжрядним обробітком посівів. За розміщення посівів кукурудзи після пшениці озимої по пару та за невисокого рівня потенційної забур'яненості, доцільно застосовувати безгербіцидну (механізовану) технологію догляду, яка передбачає виконання досходових, післясходових боронувань та міжрядних рихлень. За умови поширення коренепаросткових бур'янів, додатково застосовують обприскування посівів страховими гербіцидами. Запровадження різних технологічних систем дає змогу регулювати рівень виробничих витрат і палива на здійснення прийомів догляду за посівами (табл. 17).

**17. Нормативні витрати коштів і палива у процесі догляду за посівами кукурудзи**

| Технологія догляду за посівами | Експлуатаційні витрати*, $/га | Витрати палива, л/га |
|---|---|---|
| Гербіцидна без міжрядних обробітків | 27 | 1,6 |
| в тому числі вартість гербіциду | 24 | – |
| Гербіцидна + один міжрядний обробіток | 31 | 4,9 |
| Безгербіцидна (два боронування + два міжрядних обробітки) | 10 | 9,4 |
| Безгербіцидна (одне боронування + два міжрядних обробітки) | 9 | 6,9 |

*Примітка: * вартість палива, гербіциду, води, оплата праці, амортизація*

Боронування після сходів проводять в момент появи колеоптиля на поверхні ґрунту (фаза «шилець») або 2-3 листків у кукурудзи і друге – у фазу 4-5 листків. За наявності на поверхні поля великої кількості рослинних решток попередніх культур, боронування після сходів проводити недоцільно через підвищення пошкоджуваності рослин кукурудзи і суттєве зниження густоти стояння рослин. Проведення досходових і післясходових боронувань дає можливість знизити засміченість посівів кукурудзи однорічними злаковими й дводольними бур'янами на 85-90%, що особливо важливо при застосуванні безгербіцидної технології вирощування цієї культури [2, 13].

Міжрядні обробітки щдійснюють, починаючи з фази 6-7 листків у культури, і в подальшому в процесі появи бур'янів і необхідності розпушення верхнього шару ґрунту, з метою запобігання втрат вологи й поліпшення аерації

ґрунту. В ранні фази розвитку кукурудзи застосовують просапні культиватори, обладнані стрілчатими лапами і лапами-бритвами, які знищують бур'яни в міжряддях, а також прополювальні борінки, що обробляють рядки [10].

За останнього міжрядного обробітку рекомендується застосовувати окучники. Підгортання стимулює формування кореневої системи, знищує бур'яни у захисній зоні рядка, особливо злакові. Швидкість руху агрегатів для першого міжрядного обробітку 4,5-6,5 км/год., для другого – 6,5-7,5, а для підгортання– 8-10 км/год. Захисна смуга за першого обробітку 25-26 см, за подальших до 30 см. Товщина лап робочих органів культиваторів має бути 0,5-0,6 мм, за збільшення її до 1,0-1,2 мм підрізується не більше 12 % бур'янів [2, 10].

У системі догляду за посівами важливе місце займають заходи щодо запобігання пошкодження рослин кукурудзяним метеликом, бавовняною совкою та новим карантинним шкідником – західним кукурудзяним жуком. Найбільшу увагу слід приділяти площам, де рослинні рештки попередньої кукурудзи зберігаються на поверхні ґрунту. Для боротьби із цими шкідниками застосовують біологічний метод – випуск трихограми у два строки: на початку і в період масового відкладання яєць. Норма за першого випуску 50 тис. самок/га, за другого, залежно від кількості яйцекладок на 100 рослин: до трьох – 50 тис. шт./га, 3-5 – 100 тис. шт. /га, 6-8 – 50 тис. шт. /га, понад вісім – 200 тис. шт./га. У Степовій зоні України, де буває і друга генерація метелика, трихограму застосовують методом багаторазових випусків через кожні 4-5 днів від початку і до кінця періоду яйцекладки. У період масового відродження гусениць та за пошкодження понад 18-20 % рослин, посіви обприскують інсектицидами: Децис форте, 12,5 % к.е. (0,05-0,08 л/га), Децис 2,5 % к.е. (0,5-0,7 л/га) та іншими. Досить ефективним також у боротьбі із названими шкідниками є використання стійких гібридів кукурудзи [42, 56].

**Збирання врожаю.** До збирання кукурудзи на зерно приступають, коли вологість зерна складає не більше 40%. При вологості зерна в качанах 18-19% молотильний апарат регулюють на відповідну частоту обертів: на вході – 40-45; на виході – 200 обертів за хвилину. Якщо вологість інша, ніж зазначено, зерно кукурудзи сильно травмується. У залежності від умов зберігання і напрямку використання, збирають кукурудзу двома способами: без обмолоту качанів у полі або з обмолотом [2, 172].

Особливу увагу, під час збирання, необхідно звернути на підготовку збиральних машин до роботи, перш за все, на регулювання висоти зрізу стебел, яка повинна складати не більше 10-12 см. Важливим заходом у технології вирощування наступних після кукурудзи культур є забезпечення якісного подрібнення й рівномірного розподілу на полі її пожнивних решток у процесі збирання. Ідеальний рівень розподілу листостебельної маси досягається за розкидання її на поверхні поля 80-90% ширини жатки. Для запобігання втрат урожаю необхідно ретельно відрегулювати робочу щілину між відривними пластинами жатки, яка в задній частині повинна бути на 3-6 мм меншою діаметра найменшого качана, а в передній на 3 мм меншою, ніж у задній [42, 43].

Перед збиранням урожаю зерна кукурудзи, обкошують краї поля,

розбивають їх на загінки. Ширина прокосів між загінками має становити не менше 8,4 м, ширина поворотної смуги – 20-30 м. Збирання кукурудзи на зерно доцільно розпочинати наприкінці воскової стиглості і закінчувати не пізніше, ніж за 10-15 днів. Тривалість збирання одного гібрида не повинна перевищувати 5-7 днів. Відтягування цього процесу призводить до суттєвих втрат урожаю. За збирання врожаю впродовж 10 днів втрати зерна можуть становити близько 2,4 %, упродовж 15 днів – 8,0 %, 20 днів – 18,8 % [2].

Збирання кукурудзи з обмолотом качанів проводять зерновими комбайнами Дон-1500, Дон-2000, «Єнісей-950», Славутич, Лан з приставкою КМД-6, Franz, Kleine, Chellenger, Bizon, Claas, Jon Deere, Deutz-Fahr. У качанах кукурудзу збирають самохідними комбайнами КСКУ-6, КСКУ-6-А, або причіпними ККП-3, ККП-3А в агрегаті із трактором Т-150К [42, 43].

Збирання кукурудзи необхідно проводити із залишенням на поверхні ґрунту листостебельної маси та наступним її заорюванням, що є не лише економічно вигідним, а й енергозберігаючим заходом, оскільки заощаджується пальне на транспортуванні її від комбайнів до силосних траншей та на трамбуванні та укритті в траншеях [2, 56].

## 1.5. Енергозберігаюча, екологічно безпечна технологія вирощування кукурудзи на зерно

Дана технологія включає ряд агротехнічних прийомів, направлених на підвищення теплопровідності, покращання температурного режиму та вологості верхнього шару ґрунту, що дає змогу висівати насіння раніше оптимальних строків [42, 43].

**Особливостями енергозберігаючої екологічно безпечної технології є:**

- підготовка ґрунту до посівного стану з осені (зяблевий обробіток);
- внесення органічних та мінеральних добрив у залежності від типу та родючості ґрунтів і запланованого рівня врожайності з наступним вирівнюванням поверхні поля;
- ранній термін сівби /10-15 квітня/ за температури ґрунту +6-8°С;
- глибина загортання насіння 2-5 см;
- післяпосівне ущільнення ґрунту водоналивними трисекційними котками ЗКГВ-1,4;
- збільшення оптимальної густоти з розрахунку на період збирання 70-75 тис./га рослин [2, 43].

Головна мета догляду за посівами – це забезпечення чистоти посіву від бур’янів. Для цього використовують високоефективні гербіциди Харнес (3 л/га) до сходів, або Тітус (50 г/га) після сходів у фазі 5-7 листків.

У господарствах доцільно висівати 2-3 гібриди з різними біологічними особливостями і строками дозрівання. Стабільне забезпечення економіки енергоресурсами – одна з основних проблем, від вирішення якої залежить економічне зростання країни. Підвищення цін на нафту і газ значно вплинуло на економіку країн – імпортерів енергоносіїв, до яких належить і Україна.

Середньоранні та середньостиглі спеціалізовані за призначенням гібриди кукурудзи з урожайністю зерна 6,0-7,0 т/га з вмістом крохмалю 66-72% і спадково закріпленим вмістом амілопектину в крохмалі до 99,5%, а також гібриди кукурудзи з урожайністю зерна 5,5-6,0 т/га, вмістом крохмалю в зерні 60-65% та вмістом амілози в крохмалі 55-60% [9, 10, 13].

## 1.6. Екологізація та біологізація технологій вирощування кукурудзи

Одним із стратегічних напрямів розвитку сучасного рослинництва є його біологізація – використання біологічних засобів для відтворення родючості ґрунту і отримання якісної продукції рослинництва, підвищення економічної ефективності та зниження антропогенного тиску на довкілля (забруднення ґрунтів, вод і продукції залишками хімічних речовин та нітратами) [10, 173-176].

Широке використання біологічних факторів в інтенсифікації сільськогосподарського виробництва має не лише екологічний, але й у більшості випадків, економічний пріоритет. При цьому, чим складніші ґрунтово-кліматичні і погодні умови, тим важливіша роль біологізації в технологіях вирощування культур [172, 174, 177].

Для забезпечення правильного співвідношення макро- і мікроелементів у живленні рослин важливе значення має пошук альтернативних методів живлення рослин із використанням мікроорганізмів, зокрема і субстратів за анаеробного зброджування рослинних і тваринних відходів (дигестат) [178]. Адже впродовж останнього століття надмірна, а інколи й невміла хімізація аграрних технологій призвела до порушень у складі ґрунтової біоти і розбалансування еволюційно сформованих взаємовідносин рослин і мікроорганізмів, що негативно вплинуло як на родючість ґрунтів, так і на процеси забезпечення сільгоспкультур поживними речовинами [179].

Засоби захисту рослин, які є основою більшості технологій, знищують не лише шкідливі організми, а й корисних комах, отруюють птахів, тварин, знищують корисну ґрунтову мікрофлору. Зменшення постійного насичення агроценозів корисними біологічними агентами загрожує активізацією шкідників, які в попередні роки впродовж десятиліть не становили небезпеки [2, 180].

Екологізація землеробства – один з напрямів розв’язання проблеми одержання екологічно безпечного та якісного зерна кукурудзи. Вона ґрунтується на відмові від застосування хімічних препаратів при вирощуванні рослинницької продукції. Однак при відмові засобів хімізації гостро постає проблема погіршення фіто санітарного стану агрофітоценозу і забезпечення оптимального поживного режиму ґрунту. Основну загрозу при введені екологічно безпечних технологій становить зростання частини бур’янового компонента в агрофітоценозі кукурудзи [176].

Світова практика і досвід аграріїв свідчить, що основною складовою високого і якісного врожаю кукурудзи є застосування новітніх технологій які базуються на застосуванні біопрепаратів та стимуляторів росту рослин [181].

Основна функція бактеріальних препаратів – регуляція ґрунтової мікрофлори завдяки збільшенню кількості корисних відселекційованих форм мікроорганізмів й оптимізації їх взаємодії з рослинами у ґрунті [182]. Для поповнення корисної мікрофлори ґрунту необхідно у сучасних технологіях вирощування застосовувати мікробіологічні препарати, які складаються із живих мікроорганізмів та продуктів їх життєдіяльності [9, 10].

Застосування бактеріальних препаратів актуальне в умовах обмеженого використання органічних (через скорочення поголів'я тварин) і мінеральних добрив та мінімізації витрат на добрива. Тому що біопрепарати не лише значно дешевші за добрива – вони насичені корисними для ґрунту мікроорганізмами, що забезпечує його гумусом і малодоступними формами поживних речовин [182-185].

Особлива роль у біологізації сучасних агротехнологій відводиться ґрунтовим мікроорганізмам. Чим більше в ґрунті корисних мікроорганізмів, тим родючішим він є. Від активної діяльності мікроорганізмів в ґрунті залежить як ефективна родючість так і продуктивність сільськогосподарських культур [173].

Ґрунтова біота, яка живиться вуглеводними сполуками, що надходять із кореневої системи, вивільняє поживні мінеральні елементи, антибіотики, стимулятори росту рослин та інші сполуки, необхідні для живлення і розвитку рослин. Завдяки стимуляції розвитку ґрунтової мікрофлори (шляхом збільшення кількості корисних мікроорганізмів) підвищується родючість ґрунтів [183, 186-188].

У ґрунті в тісному зв'язку із рослинами існує незлічена кількість мікроорганізмів, які можуть по різному використовуватися рослинами впродовж періоду вегетації. Багато з них мають характерні властивості, які допомагають контролювати гриби, бактерії, круглі черви, комахи і бур'яни [189, 190]. Мікроорганізми суттєво пригнічуються при застосуванні пестицидів, обробітку ґрунту та протруюванні насіння [190].

Корекція складу мікробних угруповань у кореневій зоні культурних рослин при застосуванні мікробних препаратів не є грубим втручанням у перебіг ґрунтових процесів чи в механізми кореневого живлення, а лише наближає їх до норми, яка повинна бути в біологічно активних ґрунтах [179].

За останні роки ефективність мінеральних добрив для підвищення урожайності рослин не перевищує 25% [190, 191]. За даними агрохімічної науки [10, 32, 179, 186, 188], коефіцієнти засвоєння сільгоспкультурами діючої речовини з добрив є надзвичайно низькими: з азотних – у межах 35-50%, фосфорних – 20% і калійних25-60% залежно від типу ґрунту.

Внесення бактеріальних препаратів на основі асоціативних мікроорганізмів дозволяє підвищити коефіцієнти засвоєння поживних речовин з добрив та ґрунту і зекономити до 30-50% мінеральних добрив. Це значною мірою поліпшує азотне, фосфорне та калійне живлення рослин, зменшує використання мінеральних добрив. Разом з мінеральними добривами в ґрунт надходить невелика кількість сполук важких металів, які поступово накопичуються в ґрунті і негативно впливають на навколишнє середовище. Як баласт ці сполуки вбираються коренями рослин і потрапляють в біомасу,

погіршуючи якість врожаю зерна [10, 191, 192].

Коефіцієнт засвоєння навіть найкращого фосфорного добрива – суперфосфату перебуває на рівні 15-20%, решта (80-85%) лишається мертвим запасом. Використання бактеріальних препаратів еквівалентна впливу 30-40 кг діючої речовини фосфорних добрив. Крім того запасів ґрунтового фосфору достатньо на багато років, але він зберігається в нерозчинному стані [193].

Використання біопрепаратів дозволить заощадити кошти на використанні дорогих мінеральних добрив [182]. Інтродуковані в ґрунти агроценозів агрономічно-цінні мікроорганізми активно впливають на формування кореневої системи культурних рослин – істотно збільшують її адсорбуючу і поглинальну здатність і відповідно асиміляцію сполук біогенних елементів з ґрунту [174, 183, 187].

Мікроорганізми, як присутні в бактеріальних препаратах не лише фіксують азот з атмосфери або розчиняють фосфати ґрунту, але й продукують амінокислоти, рістактиваторні сполуки та речовини антибіотичної природи, які стримують розвиток фітопатогенів, не забруднюють навколишнього середовища і безпечні для тварин та людини [173, 184].

Використання агентів біологічного впливу передбачає застосування нових ефективних та екологічно безпечних стимуляторів росту і розвитку рослин, які здатні регулювати процеси життєдіяльності рослин та ґрунтової мікрофлори, спрямовані на мобілізацію потенційних можливостей, закладених у геномі рослин природою і селекцією [184]. Важливим аспектом дії мікробних препаратів є підвищення стійкості рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища – високих та низьких температур, нестачі вологи, фітотоксичної дії пестицидів, пошкодження шкідниками та хворобами, що у підсумку сприяє значному підвищенню врожайності (на 10-15%) та поліпшенню якості продукції [68, 174, 182].

Бактерії, що заселяють коріння (в біологічно активних ґрунтах), утворюють своєрідний біологічний «чохол» або «ризосферу» і є трофічними посередниками між ґрунтом і рослиною. Мікроорганізми є їх своєрідним продовженням (і фізичним, і функціональним) коренів рослин, вони проникають у ґрунт на значні відстані, а відтак через гіфи мікроскопічних грибів, ланцюжки бактеріальних клітин до рослини надходить додаткова кількість легкозасвоюваних сполук біогенних елементів. Саме мікроорганізми є відповідальними за перетворення низки складних сполук в доступні для живлення рослин [173, 179].

Застосування біопрепаратів на основі ґрунтових та ендофітних мікроорганізмів, до складу яких входять усі потрібні рослині амінокислоти, вітаміни, фітогормони, покращує фізіологічні процеси в тканинах рослин, підвищує вміст хлорофілу у листі, що позитивно впливає на краще накопичення цукрів (крохмалю) рослинами кукурудзи та більш триваліший вегетаційний період, обумовлює вищі біометричні показники та кращу якість зерна, сприяє поліпшенню умов кореневого живлення, що дає поштовх формуванню міцнішої кореневої системи та вегетативної маси [189, 192]. Під впливом біологічних препаратів розвивається розгалужена коренева система з симбіотичною

мікрофлорою, що дає змогу рослині краще засвоювати елементи живлення, особливо сполуки фосфору та калію [192].

Рослини регулюють надходження мінеральних речовин шляхом виділення кореневих **ексудатів** – органічних кислот, амінокислот, цукрів та інших речовин. Ці речовини виконують кілька функцій, основна з яких полягає в підвищенні біодоступності мінералів. Крім того, деякі ексудати є свого роду поживними речовинами для симбіотичних мікроорганізмів, що мешкають в прикореневій зоні [10, 194]. Виділення корінням рослин органічних кислот знижують рівень pH ґрунту, підвищує доступність більшості мікроелементів, оскільки максимальне всмоктування катіонів спостерігається в діапазоні pH від 5,5 до 7 [2, 9, 194].

Біологічні препарати мають властивість до кращої проникності у тканини рослин і «протягують» за собою хімічні інсектициди у важкодоступні місця, де ховаються шкідники [192]. Як відомо [9, 10, 42] основним елементом, який входить у склад усіх живих організмів є вуглець. У листі рослин (в хлорофілі) під впливом сонячного світла утворюються його похідні – вуглеводи (цукри) [178].

Мікориза – гриб, який не має хлоропластів і, відповідно, не здатний живитися похідними вуглецю. Для утворення плодових тіл і продовження роду мікориза бере їх у рослин [195]. При використанні мікоризи прирости врожаю на кукурудзі, сої та соняшнику становлять 15-20% [195, 196].

Слід відмітити, що рослини віддають до 40% продуктів фотосинтезу своїм симбіонтам. Але при цьому отримують воду, завдяки мікоризі рослини ніколи не відчувають дефіцит води. При цьому 98% води, поглиненої рослинами, йде на випаровування (терморегуляцію), і тільки 0,2-0,3% використовується в процесі фотосинтезу, а 1,5-2,0% входить до складу накопиченого рослинами органічної речовини. Навіть при короткочасній нестачі води рослини відчувають голод, тому що всі процеси синтезу різко припиняються [178].

У спеку рослини для терморегуляції змушені витрачати воду на випаровування, але при цьому намагаються її економити: продихи листків з метою заощадження води закриваються, надходження вуглекислого газу припиняється, і біосинтез вуглеводів різко сповільнюється. При достатньому забезпеченні водою цього не відбувається – навпаки, в сонячні дні біосинтез різко зростає через підвищення доз сонячної радіації, а випаровування йде в нормальному режимі [10, 178, 195].

У кукурудзи навіть при тривалій температурі повітря 40°С і наявності мікоризи в ґрунті рослини не відчували пригнічення. Повністю відсутній ефект «шабле подібності» листків, коли кукурудза звертає листки в трубочки. Тобто рослини продовжують генерувати урожай, не знижуючи свого потенціалу. Мікориза гриба дуже тісно зв’язана із коренями рослин, вона, фактично, є продовженням кореня. За рахунок мікоризи кореневе живлення рослин збільшується в 15 раз. Крім води, мікориза постачає рослині всі необхідні для живлення: мінерали, вітаміни, ферменти, біостимулятори, гормони та інші активні речовини. Але особливе значення в живленні рослин набуває надходження таких хімічних елементів як фосфор і калій завдяки здатності мікоризи вбирати ці елементи з важкорозчинних сполук у ґрунті і

поставляти їх в рослини. Мікориза – найкращий механізм отримання фосфору, особливо в умовах стресу. Ендомікорізні гіфи можуть колонізувати до 80% довжини коренів рослини-господаря, проникаючи в стінки клітин і утворюючи розгалужені структури, так звані арбускули, де відбувається обмін поживними речовинами і вуглецем (симбіонтне – взаємовигідне, співіснування рослини і мікоризи) [44, 178].

Мікориза змінює хімічний склад кореневих виділень рослини-господаря і тим самим провокує розвиток корисних мікробів-антагоністів патогенів. Через це скорочується розмноження патогенів, особливо грибкових. Крім того, збільшується опір рослини-господаря. У рослин підвищується здатність конкурувати за фотосинтетичний вуглець. Крім позитивного впливу на стан рослини, гіфи грибів покращують структуру ґрунту, допомагаючи утворювати нерозчинні у воді агрегати. На поверхні мікоризних гиф є гломалін (речовина білкового походження, що виділяється корінням). Гіфи, що пронизують коріння рослин, утворюють мережу, що збирає органічну речовину, частки мулу, глинисті мінерали і колонії мікроорганізмів, які склеюються один з одним завдяки гломаліну, вуглеводами з рослин і мікроорганізмів і полівалентними катіонами, утворюючи агрегати [178].

Заселити мікоризою культуру можна штучно, використовуючи спеціальні препарати, що містять спори арбускулярної мікоризи. Застосовувати мікоризність можна змінюючи технологію, використовуючи технології які зберігають структуру ґрунту, обмежують кількість проходів по полю сільськогосподарської техніки. Таким чином, зберігається структурність ґрунтових агрегатів, утворених завдяки мікоризі; міцелій зберігається в цілісному стані і не відбувається окислення органічної речовини, що складається більш ніж на 90% з вуглецю.

Сприяють накопиченню і розвитку мікоризи і сидерати, особливо це стосується сидеральних бобових і зернових культур [44, 178].

# ГЛАВА 2
# СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КУКУРУДЗИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОЕТАНОЛУ

На шляху до енергетичної незалежності України вцілому та окремих територіальних громад зокрема, важливим фактором є трансформація енергії фотосинтезу в доступні для використання в народному господарстві форми. Нині в світі в зв'язку із значним подорожчанням викопних джерел енергії та загрозою вичерпання їх запасів дедалі більша увага приділяється застосуванню енергії, накопиченої рослинами за рахунок фотосинтезу, для технічних потреб, зокрема на автотранспорті та інших галузях народного господарства.

**Біоетанол** – це спирт етиловий зневоднений, виготовлений з біологічно відновлюваної сировини [16, 23]. Це найдревніший продукт біотехнології, яка зародилася не менше 4000 років до нашої ери у древньому Єгипті та Вавілоні. У даній технології цукри (глюкоза, сахароза та деякі інші) зброджуються (ферментуються) у безкисневому середовищі пекарськими (спиртовими) дріжджами. Ще донедавна майже весь етанол, отриманий шляхом дріжджового зброджування цукрів, використовувався для виробництва алкогольних напоїв. Лише незначна його кількість, переважно отриманого хімічним шляхом, застовувалась у промисловості.

Однак впродовж останніх декілька десятків років ситуація докорінно змінилася. Тепер уже більше половини світового виробництва етанолу використовується як додаток до палива для двигунів внутрішнього згоряння (бензину), і лише близько 15% – для виробництва спиртних напоїв. Наприклад, 1998 р. світова продукція етанолу становила 31 млрд. літрів, а в 2019 році в Україні – 9,3 млн. літрів. При цьому лише 7% етанолу було отримано шляхом хімічного синтезу, а 93% – з допомогою дріжджової ферментації (біотехнологічного синтезу). Близько 60% останнього виробляється з цукру, решта – із зерна.

Зазвичай проблеми розвитку кукурудзи на ранніх стадіях практично неможливо компенсувати у подальшому. Так, відсталі у рості рослини погано формують качани [100].

Рідке біопаливо за напрямками використання можна розділити на:

- рідке біопаливо для використання у двигунах із зовнішнім утворенням суміші «паливо-повітря» (карбюраторні двигуни);
- рідке біопаливо для використання у двигунах з утворенням суміші «паливо-повітря» всередині двигуна (дизельні двигуни);
- рідке біопаливо для використання в паливних котлах замість мазуту.

Біоетанол традиційно виготовляють шляхом бродіння зерна кукурудзи, цукрової тростини і меляса з буряка. Основними виробниками біоетанолу є США, Бразилія [16], а потім ідуть Австралія, Домініканська Республіка, Замбія, Індія, Іспанія, Канада, КНР, Колумбія, Малаві, Німеччина, ПАР, Польща, Таїланд, Франція, Швеція і Ямайка. Етанол виготовляють із сировини, що містить крохмаль, який спочатку перетворюють у цукор, потім у

процесі бродіння цукор перетворюється в алкоголь, після чого розчин піддають очищенню та випаровуванню [94].

Завдяки виробництву біоетанолу Сполучені Штати щорічно заощаджують 1,5 млрд. доларів на імпорті нафтопродуктів. У великих містах США (з населенням понад 1 млн. чол.) у зимовий період використовують лише бензин, що містить 10% етанолу – так званий бензин Е10, або газохол. Обсяг продажу газохолу в США становить нині 12% загального обсягу продажу бензину. Країни ЄС щорічно виробляють 2 млрд. літрів етанолу, але як паливо використовується сьогодні менше 10% його. Однак ЄС ухвалив законопроект, що запроваджує додавання 5% етанолу до всіх видів бензину [2, 13].

Окрім заощадження валюти, застосування паливного етанолу у вигляді бензино-етанольних сумішей дозволяє істотно зменшити вміст шкідливих компонентів вихлопних газів (чадного газу CO, закису азоту $N_2O$, окису азоту NO та інших летких токсичних викидів), порівняно з вмістом їх при використанні чистого бензину. Одинадцять років тому у США було прийнято спеціальний закон, згідно з яким, бензин повинен містити не менше 2% (за вагою кисню) кисневмісних додатків (головним чином етанолу) для зниження вмісту вищезазначених токсичних викидів. Надзвичайно важливий, так би мовити, глобальний позитивний ефект використання біоетанолу як палива, адже вуглекислий газ ($CO_2$), що виділяється під час його спалення, має первинне атмосферне походження. Тобто його можуть знову асимілювати рослини, які в майбутньому служитимуть джерелом отримання паливного етанолу. Коли ж використовується викопне паливо, то виділений ним $CO_2$ є додатковим джерелом сумнозвісного парникового ефекту [2, 42, 43].

Виробництво етанолу з кукурудзи, що практикують США, незважаючи на зменшення собівартості паливного етанолу на ⅔ впродовж останніх 15 років, менш прибуткове. Та навіть сьогодні США надають істотні податкові знижки на паливний етанол, щоб здешевити його, порівняно з бензином. Така податкова політика певною мірою зумовлена постійним підтриманням низьких цін на нафтопродукти. Водночас реальна ціна нафтопродуктів – значно вища за продажну (у США аж в 4 рази, якщо підрахувати непрямі затрати уряду Сполучених Штатів на моніторинг та очищення довкілля від шкідливих викидів під час виробництва і застосування нафтопродуктів, а також на підтримання безпеки в основних районах нафтодобування на Близькому Сході).

У країнах Європейського Союзу застосовують кілька марок пального з використанням біоетанолу, зокрема Е5, Е10, Е85 (Е – від англ. *ethanol,* а цифра – відсоток етанолу у пальному). У Бразилії використовують пальне марки Е100 [61, 62, 197].

Традиційний спосіб одержання етанолу заснований на дріжджовому бродінні розчинів, які містять цукор, за реакцією:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3CH_2+2CO_2$$

За цим методом отримують розчин, що містить принаймні 18-20% етанолу, алкоголь підвищеної концентрації виготовляють перегонкою, використовуючи різницю в точці кипіння етанолу (78°C) та води (100°C). Промисловий спосіб виготовлення етанолу заснований на кислотокаталітичній реакції етилену і води:

$H_2C=CH_2+H_2O \longrightarrow CH_3CH_2OH$ [94].

У Європі головними джерелами сировини для біоетанолу є цукрові буряки, пшениця і кукурудза, у Північній Америці – кукурудза і пшениця, а в Південній Америці – цукровий очерет, їх загальний врожай, вміст цукру і крохмалю, а також вихід алкоголю визначають придатність цих культур для виробництва біоетанолу [94, 198]. В США близько 40 % урожаю кукурудзи (130-140 млн. тонн на рік) перероблюється для отримання кукурудзяного етанолу, з 1 тонни кукурудзи виробляють близько 400-500 літрів біоетанолу [199].

Успішними будуть маловитратні технології, які приходять на заміну традиційних. Вони базуються на максимальному скорочені механічної обробки ґрунту, аж до повного відмовлення від її проведення і використання сучасних, більш дешевших засобів регуляції росту та розвитку рослин. До них відносяться регулятори росту рослин, мікробіологічні препарати, нетрадиційні малооб'ємні мінеральні добрива для позакореневої обробки рослин, які містять комплекс необхідних живильних речовин, включаючи біогенні мікроелементи.

Для виробництва біоетанолу використовуються два основних процеси:

- сухе подрібнення, яке включає перетирання всього ядра у борошно та додавання його у воду для отримання «розчину», що піддається тепловій обробці, а потім вже переганяється. Етанол зброджується із отриманого дистиляту.
- вологе подрібнення – це мокрий помол, що включає в себе набухання або «вимочування» зерна. Далі ця суспензія обробляється для виокремлення компонентів зародків кукурудзи, клітковини, глютену та крохмалю. Після цього крохмаль зброджується на спирт.

У 80-90-ті роки XX ст. використання методу вологого розмелювання було поширене на американських етанолових заводах. Метод побудований на відокремленні тканин, які містять крохмаль, від волокнистої зовнішньої оболонки та зародка. Ефективність вологого розмелювання дуже висока. На сучасному етапі даний метод широко застосовують у харчовій переробній промисловості при виготовленні крохмалю, а також у процесі виділення рослинної олії й виробництва пивоварної крупи. В етаноловому виробництві метод вологого розмелювання не прийнятний, в основному, через велику енергоємність на стадії сушіння [2, 94].

За допомогою системи сухого розмелювання (багатоступенева, комбінована) рентабельність виробництва етанолу можна значно збільшити. У цій системі впродовж тривалого часу застосовували молоткові (ударні) дробарки через їх простоту. Різними країнами світу поширюється застосування комбінації ударних дробарок та вальцевих млинів, що забезпечує 15%-ве скорочення потреби в енергії (рис. 2) [2, 94].

Процес випарювання розчинів, що надходять з перегінних етанолових заводів, забирає приблизно 30% всієї потреби в енергії. Із уведенням до технологічного процесу попереднього виділення сухого зерна кількість енергії можна суттєво скоротити. Інвестори особливу увагу звертають на підвищення ефективності застосування енергії. Підприємства, що застосовують енергетичне ефективні технології, мають серйозні переваги порівняно з тими заводами, які

використовують застарілі технології [94].

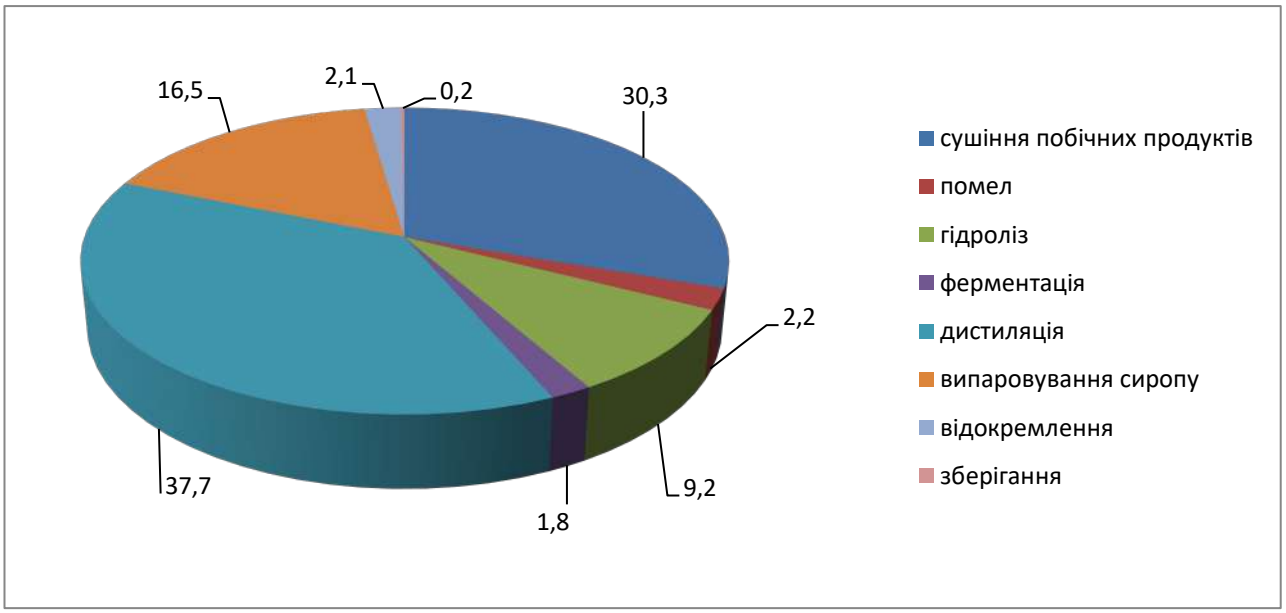


***Рис. 2.*** **Потреба в енергії за використання ударних дробарок у процесі виробництва етанолу.**

Методом сухого розмелювання переробники виготовляють близько 32,5кг етанолу зі 100кг кукурудзи. Кілька років тому вихід етанолу зі 100 кг кукурудзи був на 10% меншим, тобто ефективність технології з часом суттєво підвищилася, в основному, завдяки розвитку виробничої техніки, що передбачає застосування спеціально створених для сухого розмелювання гібридів кукурудзи. Згідно з результатами досліджень, різниця у виході етанолу залежно від властивостей різних генотипів гібридів кукурудзи перевищує 7% [2, 94].

*Технологія методу сухого розмелювання*

| Сухий шмих зі 100 кг кукурудзи | | |
|---|---|---|
| 32,5 кг | 28,8 кг DDGS | 30,0 $CO_2$ |

Сутність сухого розмелювання полягає у виготовленні кашки з борошна грубого помелу додаванням до нього води. Кашку піддають кип'ятінню, обробляють ензимами, ферментують і дистилюють. Побічна продукція містить зерна – якісний корм для тварин, а також двоокис вуглецю, домішки харчові та промислові, що використовують у господарстві. Метод сухого розмелювання, як інтенсивний біологічний процес, можна з успіхом застосовувати й надалі, але при суворому контролі якості продукції. Наприклад, у процесі виготовлення кашка може уразитися бактеріями, що призводить до утворення кислот, які виключають глюкозу з процесу виготовлення етанолу, чим порушується ферментація. Згіркле зерно, неправильне зберігання, помилкові заходи, повторно використане сусло й повітря – всі ці фактори можуть призвести до порушення ферментації [94].

Дріжджі не відразу здібні використовувати крохмаль кукурудзяного зерна,

тому спочатку, до ферментації, його слід розкласти на прості цукри, для чого у мезгу в ході варіння додають ензими. Перший етап розщеплення молекул крохмалю застосуванням альфаамілази і парів. Наступний етап - додавання при низькій температурі ензимів глюкоамілази з метою виготовлення придатних для ферментації цукрів. На сучасніших етанолових заводах традиційне дозоване варіння часто замінюють прийомами постійного варіння. Постійне варіння, зазвичай, є ефективнішим енергетично, і в разі правильного застосування дозволяє збільшити вихід етанолу на 8% [2, 94].

Після варіння мезгу охолоджують і спрямовують на ферментацію, у процесі якої додають дріжджі. Дріжджі застосовують, насамперед, через їх здатність сприяти швидкому й ефективному виробленню алкоголю з виділенням тепла, а також через резистентність дріжджевих бактерій до осмотичного тиску і високого вмісту алкоголю. Процес ферментації, зазвичай, триває 50-60 годин для перетворення глюкози в етанол. Удосконалення кількох ферментаційних систем призвело до суттєвого зменшення кількості води, потрібної для розрідження, та евапораційних втрат у наступній за ферментаційним процесом фазі. Вуглекислий газ ($CO_2$) в ході ферментації збирають і продають. Вуглекислий газ застосовують у процесах виробництва безалкогольних напоїв, сухого льоду тощо [94].

У процесі дистиляції етанол варінням відокремлюють від твердих речовин і води, що знаходяться в мезгі. У процесі конвенціональної дистиляції можна виготовити етанол 95%-ої чистоти. За такої концентрації алкоголь і вода створюють азеотропну хімічну сполуку, що означає неможливість їх подальшого виділення варінням. Для того, щоб утворювалася суміш з бензином, 5%-й залишок води слід видалити іншими способами. Сучасні заводи, що використовують метод сухого розмелювання, застосовують молекулярні фільтрувальні системи для досягнення повної (100%) чистоти етанолу. Безводний етанол розводять приблизно 5%-им денатурованим розчином (наприклад, бензином), чим роблять його непридатним для споживання людиною, і тоді пальне звільняють від сплати податку. Після цього продукцію спрямовують до бензосховищ [13, 94].

Тверда та рідка речовина, що залишається після дистиляції – це «повне сусло». Сусло містить клітковину, олію, компоненти зернового білка, а також незброджений крохмаль. Цей побічний продукт – дуже цінний корм для годування свійських тварин, птиці та риби. «Повне сусло» перед продажем слід перероблювати. Спочатку центрифугою відокремлюють «тонке сусло» від твердої частини, потім піддають його перегонці, щоб видалити зайву воду. Після дистиляції з густого, в'язкого сиропу отримують корм, так зване «вологе дистильоване зерно з розчинними речовинами» [2, 94]. Суміш бензину з біоетанолом (10-12%) також успішно використовується в Канаді та Бразилії [200]. Не високий відсоток використання (6-12 %) домішки спирту до бензину не вимагає зміни конструкції двигунів автомобілів, збільшує октанове число моторного палива, що в свою чергу сприяє зменшення енергетичних витрат при його виробництві, на 4-5 %, збільшується коефіцієнт корисної дії двигуна, знижуються недоспалювання палива і викиди в атмосферу продуктів згоряння, що відповідає вимогам з охорони

навколишнього природного середовища.

Сьогоднішній світовий «біоетанольний бум» спричинив підвищення попиту на зернову кукурудзу. Листостеблова маса при цьому може використовуватися як тверде біопаливо для опалення. Теплотворна здатність стебел кукурудзи складає 12,5 МДж/кг, що на 19% більше, ніж у соломи колосових культур і гілок плодових дерев. Порівняно із іншими культурами кукурудза має великий вміст крохмалю в зерні та забезпечує найвищий рівень отримання біоетанолу із гектара [14, 198]. З 1 тони її зерна можна отримати 325-470 л етанолу тоді як із 1 т ячменю – 240-330, жита – 280-357, пшениці – 375-445 л [61, 62, 94], тритикале – 428 л, соризу – 464 л. Хоча сориз має більший вміст крохмалю, однак його важче гідролізувати, і тому вихід біоетанолу з кукурудзи більший [201]. Для виробництва 1,0 т біоетанолу необхідно 0,64 га пшениці або 0,47 га кукурудзи [62, 94, 202].

**18. Орієнтовна урожайність різних сільськогосподарських культур та можливий вихід біоетанолу з біосировини**, [203]

| Культура (біосировина) | Планова урожайність, т/га | Вихід етанолу | |
|---|---|---|---|
| | | з тони сировини, л/т | на один гектар, л/га |
| Цукровий буряк [163] | 90 | 100 | 9000 |
| Топінамбур | 30 | 87 | 2610 |
| Кукурудза на зерно | 7 | 416 | 2912 |
| Пшениця | 5 | 395 | 1975 |
| Ячмінь | 5,8 | 370 | 2150 |
| Цукрова тростина | 65 | 70 | 4550 |
| Кассава (маніок) | 12 | 180 | 2160 |

Загальна потенційна потужність спиртових заводів України в 2010 році становила близько 600 тис. т на рік. Потреби України у підакцизному (харчовому, парфумерному) спирті – 250-300 тис. т, тобто існуючі «зайві» спиртзаводи можуть теоретично виробити близько 300 тис. т біоетанолу. В 2012 році сумарна виробнича потужність біоетанолу в Україні становила близько 200 тис тонн на рік (5% від всього виду палив), але, у 2013-2014 роках виробництво його було практично знищене (до 42 тис. тон на рік, у 2016 році, тобто близько 1% всього палива), введенням акцизу у межах 99 євро на альтернативні моторні палива, що становить 49%, від акцизу на бензин А-95. Дана акцизна ставка призвела до зупинки 11 з 14 заводів, які виробляли біоетанол. Державою планується до 2030 року зняти акциз на виробництво біоетанолу та звільнити від ПДВ при закупівлі імпортної техніки, обладнання, устаткування підприємств з виробництва біопалива [204-205]. Внутрішній ринок біоетанолу України може сягнути 800-1200 тис.т на рік за умов, якщо він замінить 10-15 % вуглеводневої частини бензинів, що споживаються. Європейський простір являє собою ще більший потенціал для експорту біоетанолу.

Вихід етанолу залежить не лише від кількісного вмісту крохмалю в зерні, а

й від інших чинників, що формують якісну характеристику крохмалю за його ферментабільністю: а) хімічний склад крохмалю (співвідношення амілоза/амілопектин); б) гранулометрія крохмалю (лінійний розмір крохмальних гранул і співвідношення гранул за розмірами); в) характер упаковки високополімерних молекул крохмалю в крохмальній гранулі [50].

**19. Виробництво біоетанолу із кукурудзи в Україні** [206]

| Сировинна база для виробництва біоетанолу | | |
|---|---|---|
| Сировина | Потреба на виробництво 220 тис. тон біоетанолу | Середнє виробництво в Україні на рік (2012-2015 рр.), тис. тон |
| Меляса | 946 | 551,7 |
| Цукрові буряки (при виробництві цукру із використанням меляси як відходу) | 23650 | 13972 |
| Зерно кукурудзи | 660 | 22500 |

Ціна продажу біоетанолу в 2019 році в Україні 0,61 євро/л, в Європі – 0,96 євро/л [207], тоді як бензину 1,2-1,6 євро/л. У зв'язку з цим великого значення у виробничій сфері набуває оцінювання сучасних гібридів кукурудзи за придатністю використання їх зерна для виробництва біоетанолу [61, 62]. У зерні кукурудзи переважаючим компонентом є вуглеводи (крохмаль, цукри, клітковина, геміцелюлоза та пентозани), вміст яких може досягати, залежно від підвиду 60-80 % [9, 10, 50, 201, 208, 209].

Біогаз, одержаний з біомаси з великим вмістом клітковини, містить майже однакову кількість метану і діоксиду вуглецю, а при утилізації біомаси, яка містить азотовмісні сполуки і жири, в біогазі більше метану і менше $CO_2$, тоді як високоенергетичний біогаз містить близько 75 % метану [210-214].

Використання біопалива та інших поновлюваних джерел енергії розглядається та обговорюється насамперед у контексті охорони навколишнього середовища та прагнення гарантувати умови сталого регіонального і місцевого розвитку [198, 215]. Розвиток альтернативних джерел енергії відкриває нові перспективи для кукурудзи на ринку України і розширення площ посіву в усіх регіонах, сприятливих для її вирощування [216].

Собівартість бразильського обезводненого етанолу близько $ 0,4 за літр, робить його використання економічно вигідним в Бразилії, оскільки ціна бензину там складає 1,7$ за літр, при ціні літру етанолу – 0,71$. Безводний етанол містить приблизно 0,5% води в об'ємному вимірюванні і змішується із бензином для паливного використання. Гідратний етанол містить 5% води.

Вартість бензину і біоетанолу в країнах світу приведена в таблиці 20. Самий дешевий етанол в світі має США (завдяки державним субсидіям), а самий дорогий – в Роттердамі і на жаль в Україні.

**20. Вартість літру біоетанолу і бензину в світі**

| Етанол (Т2) Роттердам | Етанол Бразилія | Етанол США | Етанол Україна | Бензин Regular США | Бензин А-95 (Україна) | Бензин Super 95 10ppm (Німеччина) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $0,85 | $0,71 | $0,59 | $0,85 | $0,74 | $0,97 | $ 1,94 |

У 2019 році Указом Президента були затверджені цілі сталого розвитку України до 2030 року. Ними передбачено, що частка енергії з відновлювальних джерел в енергетичному балансі має становити 17,1% у 2030 році. Згідно із Добровільним національним оглядом щодо цілей сталого розвитку на 2018 рік, в Україні 7% енергії вироблялося з відновлюваних джерел (до кінця 2021 року ця частка мала досягти 11%). Для порівняння, Директива RED II передбачає зростання частки «чистої енергії» до 32% для країн Європи, а також містить підціль – встановлення частки використання енергії з відновлювальних джерел на транспорті на рівні 14% до 2030 року. Україна відстає у досягненні цілей від країн ЄС.

**21. Собівартість біоетанолу в США**

| № з/п | Статті затрат | Кукурудза $ liter |
|---|---|---|
| 1 | Приміщення, споруди | 0,005 |
| 2 | Обладнання | 0,043 |
| 3 | Заробітна плата | 0,036 |
| 4 | Податки, страховка | 0,007 |
| 5 | Сировина | 0,267 |
| 6 | Інші затрати | 0,145 |
| | **Собівартість** | **0,505** |
| | Субпродукти | - 0,085 |
| | Субсидії | - 0,102 |
| | **Нетто собівартість** | **0,318** |

Невисока ефективність державної політики зі зниження викидів вуглецю прослідковується і в динаміці коефіцієнту відношення викидів $CO_2$ до кінцевого споживання енергії. Хоча цей показник скоротився на 25% за останні 30 років, та все ж він не має постійно спадної тенденції й продовжує бути вищим, ніж у США та ЄС

Аналіз показників собівартості етанолу, приведений в таблиці 22 представляє повну інформацію відносно цінової політики на етанол в світі. Головним показником в структурі собівартості етанолу є сировина.

В ЕС проблема біопалива взагалі, і біоетанолу зокрема, лежить в руслі головної стратегії європейців – збереження екології і боротьби з глобальним потеплінням планети, в значній степені базується на відмові від нафти і переходу на нові відновлювані види палива.

При виробництві спирту є три основних складових, які впливають на ціну: а) вартість сировини; б) комунальне споживання, яке в свою чергу включає: 1) вартість води, 2) вартість пари; в) заробітна плата і податки. Для

виробництва кубометра біоетанолу спиртзаводи України споживають 9,6 тонн пару, а в США і Європі – 4,2 тони пару. Умовний вихід крохмалю з одиниці площі у ранньостиглих та середньоранніх гібридів також підвищувався при сівбі кукурудзи в третій строк порівняно з першим. Але в міру збільшення тривалості вегетації гібридів найвищим він був за умови сівби в другий строк, а у середньопізнього гібрида Кодацький 442 СВ – за сівби в ранній термін [217].

**22. Характеристика показників собівартості етанолу**

| № з/п | Статті затрат | Кукурудза США | Пшениця Німеччина | Цукрові буряки Німеччина | Цукрова тростина Бразилія |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Приміщення, споруди | 0,39 | 0,82 | 0,82 | 2,21 |
| 2 | Обладнання | 3,40 | 5,30 | 5,30 | 1,15 |
| 3 | Заробітна плата | 2,83 | 1,40 | 1,40 | 0,52 |
| 4 | Податки, страховка | 0,61 | 1,02 | 1,02 | 0,48 |
| 5 | Сировина | 20,93 | 27,75 | 35,10 | 9,80 |
| 6 | Інші затрати | 11,31 | 18,68 | 15,93 | 2,32 |
| | **Собівартість** | **39,47** | **54,97** | **59,57** | **14,48** |
| | Субпродукти | -6,71 | -6,80 | -7,20 | |
| | Субсидії | -7,93 | | | |
| | **Нетто собівартість** | **24,83** | **48,17** | **52,37** | **14,48** |

Існує тісна обернена кореляційна залежність між вмістом в зерні крохмалю та білковитістю (вмістом $NO_3$-). Дана залежність вища у гібридів ранньостиглої групи, порівняно із середньопізніми [218].

У всіх гібридів вміст протеїну планомірно підвищується за перенесення сівби від ранніх до пізніх строків. Зерно всіх гібридів характеризувалося майже однаковим вмістом протеїну. За вирощування скоростиглих форм в ранніх посівах можливе одержання продукції з відносно високими показниками білка та жиру. Варіювання строками посіву та добором різних за тривалістю вегетації гібридів можна оптимізувати продуктивність та якісні складові зерна кукурудзи, які будуть відповідати хорошими кормовими властивостями або характеристиками для промислової переробки [217].

За подорожання енергоресурсів кукурудза є основною сировиною для виробництва біоетанолу [2, 219]. В виробництві кукурудзи зацікавлені як галузі харчової, переробної, медичної, мікробіологічної, пивоварної та інших видів промисловості, так і паливо-енергетичний сектор держави, оскільки вона є високоенергетичною сировиною для промислового виробництва біоетанолу та інших паливних матеріалів [220].

Вже сьогодні один центнер кукурудзи дозволяє отримати 32 л етанолу. Спеціалісти вважають, що переробка кукурудзи на спирт дозволить знизити його собівартість на 30-40% [202].

Показників хімічного складу з чіткими значеннями полісахаридів або даних про потенційну зернову врожайність певного гібрида замало, оцінювання об’єкта лише за 1-єю ознакою або максимум 2-ма не дає змоги повною мірою охарактеризувати і визначити його рейтинг серед інших подібних об’єктів [61,

62]. Для досягнення економічного ефекту оцінювання об'єкта потрібно здійснювати за багатьма характерними показниками, які в процесі оптимізації можуть бути цілком протилежними. Виникає потреба у визначенні певного оптимізованого положення, за якого об'єкт однаково характеризувався б за всіма показниками (компроміс Парето) [61, 62, 221].

Спеціалісти Exxon Mobil заявили, що доцільним виробництва біопалива може стати, тільки при ціні нафти – 70 доларів за барель (для країн ЕС – 80 доларів за барель). До речі паливний етанол становиться рентабельним тоді, коли вартість нафти складає вище – 30 $ за беррель (це відповідає тільки ціновій політиці в Бразилії).

Одна з найбільших проблем виробництва біоетанолу з кукурудзи полягає в ефективному використанні побічних продуктів. Переробка побічних продуктів у корм є занадто витратною, до того ж, продаж такого корму утруднений через скорочення поголів'я худоби. Для усунення цієї проблеми низка підприємств, серед них завод біоетанолу-біогазу компанії, використовує дистиляційний залишок для виробництва біогазу. Виробництво біогазу не тільки покриває, а й перевищує енергетичні потреби щодо виготовлення біоетанолу [94].

Ендосперм цукрової кукурудзи містить незначну частину крохмалю, але зате в ньому багато водорозчинних полісахарів – декстроїду [222].

**23. Виробниками еталовмістних паливних добавок в Україні**

| Назва підприємств | Потужність, т/місяць | Стан на грудень 2016 |
|---|---|---|
| **Підприємства які входили в Укрспирт** | | |
| Хоростківський | 1500 | зупинено |
| Наумівський | 1500 | зупинено |
| Івашківський | 1000 | зупинено |
| Андрушківський | 1500 | зупинено |
| Гайсинський | 2000 | зупинено |
| Лужанський | 1000 | зупинено |
| Барський | 3000 | зупинено |
| Червонецький | 1000 | зупинено |
| Каменецький | 1500 | зупинено |
| Лохвицький | 3000 | зупинено |
| **Усього** | **16200** | |
| **Приватні виробники** | | |
| Біохімгруп | 5000 | війна |
| Узинський ЦЗ | 1500 | зупинено |
| Єко енергія | 1000 | працює |
| **Всього** | **7500** | |
| **Загалом** | **23700** | |

Розвиток агросектору та енергетики України змушує зрушити з мертвої точки ринок біоетанолу та переймати досягнення у країн Європейського союзу, Бразилії та США. Найактивніше інвестують у цей сектор США, країни ЄС, Бразилія. На сьогодні загалом налічується 67 установок з виробництва такого біопалива, з них 24 комерційних, 19 демонстраційних і

24 пілотних (таблиця 23). В ЄС із 2011 року діє директива 2009/28/ЕС, котра передбачає обов'язкову добавку біоетанолу в бензин і до 2025 року вона має становити 10%.

Існує надзвичайно перспективний напрямок енергетики, який може кардинально вплинути на вирішення проблеми енергозабезпечення. Йдеться про біоенергетику, використання рослинної маси для виробництва біогазу, біоетанолу, біодизелю. Скажімо, Бразилія виробляє більше 20 млрд. літрів – приблизно 16 млн. т біоетанолу на рік із цукрової тростини. США виробляють більше 12 млн. т біоетанолу із зерна кукурудзи. Ця технологія може бути використана в Україні, яка має родючі землі та сприятливий клімат для вирощування кукурудзи. За рахунок біоенергетики можна в короткий термін суттєво зменшити енергозалежність України [2].

Виробництво біоетанолу у США є надзвичайно вигідним, високорентабельним. Виробництво біоетанолу з кукурудзи практично безвідходне. У результаті переробки одержують прекрасний білковий корм для ВРХ, свиней, інших тварин. Для порівняння: Україна щороку споживає близько 16 млн. т нафтопродуктів, 5 млн. т бензину, 5 млн. т дизпалива, близько 6 млн. т мазуту.

Через 4-5 років американці розраховують замінити кукурудзу соломою. Це пов'язано з необхідністю збільшення експорту кукурудзи, як продовольчої культури. Сьогодні в Америці близько третини вирощеної кукурудзи переробляють на біоетанол. До речі, проблема використання біоетанолу була і в США, тому що нафтогазовий бізнес не бажав мати конкурентів на ринку енергоносіїв. Нині американці використовують біоетанол як пальне для автомобілів у вигляді суміші 80% бензину і 20% біоетанолу. І це врегульовано на законодавчому рівні.

## 2.1. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування

В умовах дефіциту енергоносіїв та зростання цін на них в Україні, значну частку яких Україна імпортує, одним із резервів енергетичної незалежності країни є пошук резервів виробництва альтернативних видів енергії. Одним із таких видів енергії, за умови підвищення урожайності, є виробництво із зерна кукурудзи біоетанолу.

Вихід біоетанолу залежить перш за все від вмісту крохмалю у зерні, який у свою чергу визначається групою стиглості, підвидом гібриду та агротехнологією вирощування. Так, ранньостиглі гібриди в Лісостеповій зоні України мають не високу урожайність зерна і вихід крохмалю, хоча в деяких із них вміст крохмалю в зерні високий. Вищий вміст крохмалю у середньоранніх та середньостиглих гібридів, це пояснюється тим, що вони представлені зубовидним підвидом, в зерні якого міститься більше крохмалю [201, 223].

Вміст крохмалю розраховували за формулою:

$$x = a \times K,$$

де х – вміст крохмалю у відсотках, α – показник сахариметра, %; К – коефіцієнт Еверса (=1,898) [224, 225].

Вміст та вихід крохмалю істотно залежав від групи стиглості гібридів (табл. 24). Так, в середньому за три роки, вміст та вихід крохмалю в ранньостиглій групі склав 72,17 % і 5,797 т/га, середньоранній – 73,05 % і 6,576 т/га та середньостиглій 74,39 % і 7,666 т/га ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,30 % та 0,16 т/га). Спостерігається зростання вмісту та виходу крохмалю (1,090-1,869 т/га) в групі гібридів кукурудзи із більш тривалим вегетаційним періодом порівняно з ранньостиглою групою, що повністю підтверджує дані літературних джерел.

**24. Вміст та вихід крохмалю у зерні кукурудзи залежно від строку сівби**, % (середнє за 2011-2013 рр.)

| Група стиглості (А) | Гібрид (В) | Строки сівби (С) | Вміст крохмалю в АСР,% | Вихід крохмалю, т/га |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ранньостигла група | Харківський 195МВ | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 72,00 | 6,288 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 72,65 | 5,984 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 73,78 | 5,021 |
| | DKC 2870 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 72,74 | 6,499 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 73,62 | 5,915 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 74,16 | 4,920 |
| | DKC 2960 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 70,26 | 6,630 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 72,19 | 6,093 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 72,64 | 5,354 |
| | DKC 2949 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 70,45 | 5,875 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 70,75 | 5,073 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 71,72 | 4,577 |
| | DKC 2787 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 70,61 | 6,379 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 71,80 | 5,986 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 72,99 | 5,435 |
| | DKC 2971 **(st)** | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 71,23 | 6,366 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 71,88 | 6,303 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 73,64 | 5,648 |
| Середньорання група | DKC 3476 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 73,38 | 7,124 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 74,59 | 6,870 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 75,16 | 5,845 |
| | DKC 3795 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 72,43 | 7,491 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 73,12 | 6,493 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 74,02 | 5,365 |
| | DKC 3472 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 70,89 | 7,753 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 71,49 | 7,174 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 72,31 | 6,248 |
| | DKC 3420 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 73,31 | 7,558 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 74,39 | 6,454 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 75,60 | 5,864 |

*Продовження таблиці 24*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| | Переяславський 230СВ | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 71,63 | 7,000 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 72,29 | 6,338 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 72,91 | 5,480 |
| | DKC 3871 **(st)** | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 71,85 | 7,070 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 72,69 | 6,451 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 72,90 | 5,791 |
| Середньос-тигла група | DK 391 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 72,50 | 8,211 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 73,21 | 7,080 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 73,30 | 6,650 |
| | DKC 3511 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 74,34 | 7,866 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 75,50 | 7,525 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 76,20 | 6,565 |
| | DK 440 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 72,40 | 8,300 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 74,95 | 7,620 |
| Середньостигла група | DK 440 | Пізній (РТГ t=+12°С) | 75,84 | 7,054 |
| | DKC 4964 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 74,95 | 8,845 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 76,30 | 8,295 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 77,66 | 7,303 |
| | DKC 4626 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 72,48 | 8,602 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 73,49 | 7,642 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 74,10 | 7,041 |
| | DK 315 **(st)** | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 73,13 | 8,835 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 74,12 | 7,564 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 74,53 | 6,986 |
| $НІР_{05\ група\ стиглості}$ | | | 0,30 | 0,16 |
| $НІР_{05\ гібрид}$ | | | 0,42 | 0,23 |
| $НІР_{05\ строки\ сівби}$ | | | 0,30 | 0,16 |

***Примітка**: РТГ – рівень температурного режиму ґрунту на глибині загортання насіння*

Найбільший вміст крохмалю ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,42 %), в середньому за три роки відмічено у групі ранньостиглих гібридів: DKC 2870 – 73,51 %, Харківський 195МВ – 72,81 % та DKC 2971 – 72,25 %, середньоранніх: DKC 3420 – 74,43 %, DKC 3476 – 74,38 % та DKC 3795 – 73,19 %, середньостиглих: DKC 4964 – 76,30 %, DKC 3511 – 75,35 % та DK 440 – 74,39 %, а вихід крохмалю у ранньостиглій групі ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,23 т/га): DKC 2971 – 6,105 т/га, DKC 2960 – 6,026 т/га та DKC 2787 – 5,933 т/га, середньоранній – DKC 3472 – 7,058 т/га, DKC 3420 – 6,625 т/га та DKC 3476 – 6,613 т/га і у середньостиглій – DKC 4964 – 8,147 т/га, DK 315 – 7,795 т/га та DKC 4626 – 7,762 т/га.

Вміст крохмалю в зерні залежав не лише від групи стиглості гібридів, а і від термінів їх сівби. За раннього строку сівби найменший вміст крохмалю, а за пізнього найбільший.

Так, ранній строк сівби ($НІР_{05\ строки\ сівби}$ = 0,30 %) забезпечив вміст крохмалю у ранньостиглих гібридів – 71,22 %, середньоранніх – 72,25% та середньостиглих – 73,30 %, застосування середнього строку сівби – 72,15%, 73,1 та 74,6 % і пізнього – 73,15 %, 73,82 та 75,27 %, відповідно для ранньостиглих, середньоранніх та середньостиглих гібридів.

Проведення сівби у ранні строки ($НІР_{05\ строк\ сівби}$ = 0,16 т/га), за рахунок високої врожайності, сприяло найвищому виходу крохмалю (7,372 т/га) порівняно із середнім (6,714 т/га) та пізнім (5,953 т/га) строками сівби. Тобто застосування пізніх строків сівби сприяло зростанню вмісту та виходу крохмалю на 1,57-1,97 % та 1,181-1,567 т/га відносно раннього строку сівби.

Встановлено, що в посушливий 2012 рік спостерігається загальне зниження вмісту крохмалю (72,06%) незалежно від строку сівби, тоді як в 2011 та 2013 році за рахунок сприятливих умов за температурою і вологозабезпеченням відбулося загальне збільшення вмісту крохмалю у кукурудзи до 73,00 та 74,56 %.

На те що вміст крохмалю зростає за пізніх строків сівби вказує в своїх дослідженнях Ю.М. Пащенко та О.І. Кордін [217], при цьому різниця між першим і третім строками сівби за вмістом крохмалю може становити від 0,8 до 2,0 % за загального його вмісту в зерні 68,0-72,8 %.

Нашими дослідженнями встановлено, що вміст крохмалю може істотно змінюватись залежно від підвиду кукурудзи (табл. 25). На дану залежність в своїх дослідженнях вказують і інші дослідники [2].

В процесі поділу на підвиди одержано 10 гібридів кременисто-зубовидного підвиду та 8 гібридів – зубовидного підвиду. Виявлено, що вміст крохмалю збільшувався від раннього до пізнього строку сівби як в кременисто-зубовидного, так і в зубовидного підвиду кукурудзи. Так, за раннього строку сівби вміст крохмалю становив у кременисто-зубовидного підвиду 71,56 %, а в зубовидного – 73,13 %, за середнього строку сівби – 72,44 та 74,21 %, а за пізнього – 73,33 та 75,06 %. Аналогічну залежність відмічали і в зубовидного підвиду кукурудзи.

Встановлено вплив позакореневих підживлень мікродобривами Еколист Моно Цинк та Росток кукурудза, бактеріальним препаратом Біомаг та регулятором росту рослин Вимпел на вміст та вихід крохмалю (табл. 20-22). Даний вплив істотно змінювався залежно від забезпеченості рослин кукурудзи теплом та вологою, про що свідчать результати якісного аналізу зерна на вміст та вихід крохмалю.

**25. Вміст крохмалю в зерні кукурудзи залежно від підвиду та строку сівби**, % (середнє за 2011-2013 рр.)

| Назва підвиду | Кількість гібридів, шт. | Строк сівби | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ранній (РТГ* t=+8°С) | середній (РТГ t=+10°С) | пізній (РТГ t=+12°С) |
| Кременисто-зубовидний | 10 | 71,56±1,06 | 72,44±1,11 | 73,33±1,01 |
| Зубовидний | 8 | 73,13±0,93 | 74,21±1,10 | 75,06±1,43 |

На дану залежність в своїх дослідженнях вказують також Є.Д. Адіньев [226] та А. Капустін, М. Ковтун, С. Капустін [160]. Зокрема застосування елементів живлення веде до збільшення вмісту крохмалю у зерні кукурудзи з 70,5 % до 71,68 %, жиру – з 3,12 % до 3,50 %, а також азоту (з 1,58 до 1,68 %), фосфору (з 0,21 до 0,24 %) та калію (з 0,36 до 0,39 %).

## 26. Вміст та вихід крохмалю у ранньостиглих гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень

(середнє за 2011-2013 рр.)

| Гібрид (А) | Позакореневе підживлення (В) | Кількість обробок (С) | Вміст крохмалю в АСР, % | Вихід крохмалю, т/га |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Харківський 195 МВ | Контроль (підживлення водою) | - | 72,00 | 6,298 |
| | Біомаг | I* | 71,69 | 7,038 |
| | | II* | 72,40 | 7,314 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 72,62 | 7,281 |
| | | II* | 74,13 | 7,848 |
| | Росток кукурудза | I* | 72,80 | 7,150 |
| | | II* | 73,65 | 7,632 |
| | Вимпел | I* | 72,22 | 7,091 |
| | | II* | 72,50 | 7,411 |
| DKC 2960 | Контроль (підживлення водою) | - | 70,26 | 6,642 |
| | Біомаг | I* | 71,00 | 7,086 |
| | | II* | 71,87 | 7,851 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 71,72 | 7,823 |
| | | II* | 72,33 | 8,548 |
| DKC 2960 | Росток кукурудза | I* | 70,92 | 7,713 |
| | | II* | 71,45 | 8,237 |
| | Вимпел | I* | 70,77 | 7,145 |
| | | II* | 71,32 | 7,634 |
| DKC 2949 | Контроль (підживлення водою) | - | 70,45 | 5,889 |
| | Біомаг | I* | 70,71 | 6,093 |
| | | II* | 71,67 | 6,585 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 72,25 | 6,663 |
| | | II* | 72,38 | 7,131 |
| | Росток кукурудза | I* | 71,28 | 6,528 |
| | | II* | 72,06 | 6,891 |
| | Вимпел | I* | 70,45 | 6,098 |
| | | II* | 69,99 | 6,469 |
| DKC 2971 | Контроль (підживлення водою) | - | 71,23 | 6,390 |
| | Біомаг | I* | 71,37 | 6,673 |
| | | II* | 72,34 | 7,463 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 73,56 | 7,352 |
| | | II* | 74,45 | 7,858 |
| | Росток кукурудза | I* | 72,28 | 7,019 |
| | | II* | 73,18 | 7,571 |
| | Вимпел | I* | 70,84 | 6,873 |
| | | II* | 71,95 | 7,189 |
| $НІР_{05\ гібрид}$ | | | 0,57 | 0,21 |
| $НІР_{05\ підживлення}$ | | | 0,64 | 0,24 |
| $НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ | | | 0,40 | 0,15 |

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*

*II*- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*

***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

Вміст та вихід крохмалю в ранньостиглих гібридів кукурудзи визначався біологічними особливостями конкретного гібриду ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,57 % та 0,21 т/га) і в середньому за три роки істотно відрізнявся по гібридах і становив Харківський 195 МВ – 72,7 % і 7,229 т/га, ДКС 2960 – 71,3 % і 7,631 т/га, ДКС 2949 – 71,3 % і 6,483 т/га та ДКС 2971 – 72,4 % і 7,154 т/га.

За позакореневих підживлень гібридів ранньостиглої групи істотно збільшувався вихід крохмалю із одиниці площі на 0,2-1,9 т/га ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,24 т/га) та вміст крохмалю порівняно з контролем (підживлення водою). Найвищий вміст крохмалю та його вихід з одиниці площі забезпечило дворазове позакореневе підживлення всіх гібридів мікродобривом Еколист Моно Цинк.

Одне позакореневе підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи забезпечило істотне збільшення вмісту крохмалю та виходу крохмалю порівняно з контролем, які в середньому за три роки по гібридах становили, Харківський 195 МВ – 72,3 % і 7,140 т/га, ДКС 2960 – 71,1 % і 7,442 т/га, ДКС 2949 – 71,2 % і 6,345 т/га та ДКС 2971 – 72,0 % і 6,979 т/га, а за дворазового підживлення у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи ці показники істотно були вищими як порівняно з контролем, так і з одноразовим підживленням і становили по гібридах, відповідно – 73,2 % і 7,55 т/га, 71,7 % і 8,07 т/га, 71,5% і 6,77 т/га та 73,0 % і 7,52 т/га.

За позакореневих підживлень у групі ранньостиглих гібридів виявлене незначне зниження вмісту крохмалю (0,10-0,46 %) за обробки рослин бактеріальним добривом Біомаг у фазу 5-7 листків кукурудзи порівняно з контролем. Найвищий вихід крохмалю (0,6-1,9 т/га) визначено за дворазового позакореневого підживлення мікродобривами Еколист Моно Цинк та Росток кукурудза.

У зерні гібридів кукурудзи середньоранньої групи стиглості вміст крохмалю істотно відрізнявся по гібридах. Проведення позакореневих підживлень забезпечило підвищення вмісту крохмалю та його виходу відносно контролю – підживлення водою ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,65 % та 0,27 т/га) у середньоранніх гібридів на 0,7-1,2% та 0,2-1,8 т/га (табл. 27).

**27. Вміст та вихід крохмалю у середньоранніх гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень,** (середнє за 2011-2013 рр.)

| Гібрид (А) | Позакореневе підживлення (В) | Кількість обробок (С) | Вміст крохмалю в АСР, % | Вихід крохмалю, т/га |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ДКС 3472 | Контроль (підживлення водою) | - | 70,89 | 7,763 |
| | Біомаг | I* | 71,09 | 8,338 |
| | | II* | 71,94 | 9,209 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 72,47 | 8,693 |
| | | II* | 73,32 | 9,227 |
| | Росток кукурудза | I* | 71,43 | 8,812 |
| | | II* | 72,89 | 9,568 |
| | Вимпел | I* | 70,97 | 8,390 |
| | | II* | 71,35 | 8,812 |

*Продовження таблиці 27*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| DKC 3420 | Контроль (підживлення водою) | - | 73,31 | 7,575 |
| | Біомаг | I* | 73,41 | 8,019 |
| | | II* | 73,99 | 8,954 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 74,26 | 8,356 |
| | | II* | 74,93 | 9,263 |
| | Росток кукурудза | I* | 73,71 | 8,416 |
| | | II* | 74,73 | 8,952 |
| | Вимпел | I* | 72,95 | 7,790 |
| | | II* | 73,71 | 8,047 |
| Переяславський 230 СВ | Контроль (підживлення водою) | - | 71,63 | 7,017 |
| | Біомаг | I* | 71,88 | 6,989 |
| | | II* | 72,58 | 7,919 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 72,71 | 7,911 |
| | | II* | 73,12 | 8,926 |
| | Росток кукурудза | I* | 72,12 | 7,854 |
| | | II* | 72,74 | 8,365 |
| | Вимпел | I* | 71,52 | 7,365 |
| | | II* | 72,72 | 7,774 |
| DKC 3871 | Контроль (підживлення водою) | - | 71,85 | 7,065 |
| | Біомаг | I* | 72,60 | 7,610 |
| | | II* | 73,72 | 7,955 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 73,34 | 7,923 |
| | | II* | 75,04 | 8,797 |
| | Росток кукурудза | I* | 72,38 | 7,694 |
| | | II* | 72,87 | 8,504 |
| | Вимпел | I* | 71,80 | 7,556 |
| | | II* | 72,54 | 7,925 |
| $НІР_{05\ гібрид}$ | | | 0,58 | 0,24 |
| $НІР_{05\ позакореневі\ підживлення}$ | | | 0,65 | 0,27 |
| $НІР_{05\ кількість\ позакореневих\ підживлень}$ | | | 0,41 | 0,17 |

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
*II*- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

Одноразове позакореневе підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи, забезпечило істотне збільшення вмісту крохмалю по гібридах порівняно з контролем, який в середньому за три роки становив – DKC 3472 – 71,5 %, DKC 3420 – 73,6 %, Переяславський 230СВ – 72,1 % та DKC 3871 – 72,5 %, а дворазове – DKC 3472 – 72,4 %, DKC 3420 – 74,3 %, Переяславський 230СВ – 72,1 % та DKC 3871 – 73,5 % ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,41 %).

Зменшення вмісту крохмалю за позакореневих підживлень відмічено на варіантах, із використанням регулятор аросту рослин Вимпел у фазу 5-7 листків кукурудзи у гібриду DKC 3420 на 0,36 %, Переяславський 230СВ на 0,11 % та DKC 3871 на 0,5 %, відносно контролю (підживлення водою).

У групі середньостиглих гібридів кукурудзи відмічалося загальне зростання величини вмісту та виходу крохмалю, в середньому за роки, порівняно

із ранньостиглою та середньоранньою групами стиглості (табл. 28).

**28. Вміст та вихід крохмалю у середньостиглих гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень** (середнє за 2011-2013 рр.)

| Гібрид (А) | Позакореневе підживлення (В) | Кількість обробок (С) | Вміст крохмалю в АСР, % | Вихід крохмалю, т/га |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ДК 391 | Контроль (підживлення водою) | - | 72,50 | 8,204 |
| | Біомаг | I* | 72,58 | 8,867 |
| | | II* | 72,76 | 9,089 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 72,98 | 8,983 |
| | | II* | 74,27 | 9,708 |
| | Росток кукурудза | I* | 72,52 | 8,721 |
| | | II* | 73,78 | 9,318 |
| | Вимпел | I* | 72,37 | 8,420 |
| | | II* | 72,59 | 8,767 |
| ДК 440 | Контроль (підживлення водою) | - | 72,40 | 8,283 |
| | Біомаг | I* | 72,56 | 8,500 |
| | | II* | 73,36 | 9,113 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 74,15 | 9,132 |
| | | II* | 74,82 | 9,665 |
| | Росток кукурудза | I* | 72,83 | 9,044 |
| | | II* | 73,47 | 9,686 |
| | Вимпел | I* | 71,91 | 8,610 |
| | | II* | 73,26 | 9,074 |
| ДКС 4964 | Контроль (підживлення водою) | - | 74,95 | 8,864 |
| | Біомаг | I* | 74,59 | 9,297 |
| | | II* | 74,96 | 9,677 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 76,12 | 9,812 |
| | | II* | 76,72 | 10,597 |
| | Росток кукурудза | I* | 75,58 | 9,874 |
| | | II* | 76,10 | 10,597 |
| | Вимпел | I* | 74,79 | 9,254 |
| | | II* | 75,25 | 9,696 |
| ДК 315 | Контроль (підживлення водою) | - | 73,13 | 8,811 |
| | Біомаг | I* | 72,90 | 8,999 |
| | | II* | 73,31 | 9,336 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 74,46 | 9,579 |
| | | II* | 75,34 | 10,593 |
| | Росток кукурудза | I* | 74,04 | 9,609 |
| | | II* | 74,57 | 10,434 |
| | Вимпел | I* | 72,78 | 9,069 |
| | | II* | 73,37 | 9,610 |
| $НІР_{05}$ гібрид | | | 0,59 | 0,39 |
| $НІР_{05}$ позакореневі підживлення | | | 0,66 | 0,44 |
| $НІР_{05}$ кількість позакореневих підживлень | | | 0,42 | 0,28 |

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
*II*- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

Вміст крохмалю у гібридів середньостиглої групи визначався біологічними особливостями гібриду ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,59 %) і складав ДК 391 – 72,9 %, ДК 440 – 73,2 %, ДКС 4964 – 75,5 % та ДК 315 – 73,8 %. Використання для вирощування таких гібридів, як ДКС 4964 та ДК 315 забезпечить істотне збільшення виходу крохмалю із одиниці площі.

Проведення позакореневих підживлень забезпечує зростання виходу крохмалю із одиниці площі на 0,2-1,8 т/га ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,44 т/га) порівняно з контролем (без позакореневих підживлень).

Одноразове позакореневе підживлення забезпечило збільшення вмісту крохмалю на 0,1-0,5 %, дворазове – на 0,85-1,30 %. Вихід крохмалю при цьому становив за одноразового підживлення в гібридів ДК 391 – 8,748 т/га, ДК 440 – 8,821 т/га, ДКС 4964 – 9,559 т/га, ДК 315 – 9,314 т/га та за дворазового підживлення він був істотно вищим і складав – 9,220 т/га,– 9,384 т/га, 10,142 т/га, 9,993 т/га ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,28 т/га), відповідно.

Найвищий вихід крохмалю у всіх гібридів забезпечило дворазове внесення мікродобрива Еколист Моно Цинк (8,983-10,595 т/га) та Росток кукурудза (8,721-10,597 т/га), зростання виходу крохмалю за застосування даних мікродобрив становило 0,5-1,8 т/га, відносно контролю (підживлення водою).

Проведені в 2015-2017 році дослідження із вивчення впливу позакореневих підживлень на вміст крохмалю у зерні повністю підтверджують отримані раніше результати. Зростання виходу крохмалю за проведення позакореневих підживлень порівняно з контролем (підживлення водою) складало 1,31-1,65 т/га ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,63 т/га). Залежно від конкретних умов вирощування вихід крохмалю змінювався. Найвищий вихід крохмалю (8,201 т/га) було одержано в 2016 році, тоді як в 2015 році він становив 6,611 т/га, а в 2017 році 7,721 т/га у середньому в досліджуваних гібридів кукурудзи. Вихід крохмалю в середньому за роки досліджень ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,18 т/га), складав у групі ранньостиглих гібридів 6,142 т/га, середньоранніх – 7,476 т/га та середньостиглих – 8,916 т/га. Тобто використання гібридів кукурудзи більш пізньостиглих груп забезпечує додатковий вихід 1,440-2,774 т/га крохмалю з одиниці площі, у порівняні з ранньостиглими формами.

Величина насіння прямо визначає розміри не лише зародка але і ендосперму в якому основною запасною речовиною є крохмаль. У зв'язку із цим актуальним питанням залишається як буде змінюватися характер формування ендосперму та виходу крохмалю залежно від груп стиглості гібриді, їх сортових особливостей та зміни елементів технології вирощування – фракції насіння та глибини їх загортання (табл. 29).

Вміст та вихід крохмалю в зерні кукурудзи залежав від погодних умов років вегетації. За роками дослідження необхідно відмітити зниження кількості крохмалю в 2015 році 72,17 % та 6,10 т/га. Вміст та вихід крохмалю, в середньому за 2014 рік у досліджуваних гібридів складав 75,46 % та 6,76 т/га, а в 2016 році – 74,58 % та 7,32 т/га. Це пов'язано із тим, що цей рік виявився найменш рівномірно забезпечений вологою із наявністю тривалого посушливого періоду, що в кінцевому результаті вплинуло на

нагромадження крохмалю.

## 29. Вміст та вихід крохмалю у гібридів кукурудзи залежно від розмірів фракції та глибини загортання насіння

(середнє за 2014-2016 рр.)

| Група стиглості (A) | Гібрид (B) | Фракція насіння (C) | Глибина загортання насіння (D) | Вміст крохмалю в АСР,% | Вихід крохмалю, т/га |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Ранньостиглі гібриди | DKC 2960 | M* (187 г) | 4-5 см | 71,68 | 5,551 |
| | | | 7-8 см | 72,00 | 5,563 |
| | | | 10-11 см | 71,87 | 5,176 |
| | | S** (238 г) | 4-5 см | 72,71 | 6,190 |
| | | | 7-8 см | 73,35 | 6,245 |
| | | | 10-11 см | 73,07 | 6,129 |
| | | V*** (277 г) | 4-5 см | 72,32 | 6,196 |
| | | | 7-8 см | 72,87 | 6,175 |
| | | | 10-11 см | 73,11 | 6,348 |
| | DKC 2971 | M* (194 г) | 4-5 см | 71,64 | 5,570 |
| | | | 7-8 см | 71,74 | 5,476 |
| | | | 10-11 см | 71,46 | 5,063 |
| | | S** (256 г) | 4-5 см | 72,47 | 6,014 |
| | | | 7-8 см | 72,22 | 5,983 |
| | | | 10-11 см | 72,54 | 5,954 |
| | | V*** (279 г) | 4-5 см | 72,12 | 6,105 |
| | | | 7-8 см | 72,61 | 6,101 |
| | | | 10-11 см | 72,12 | 6,024 |
| Середньоранні гібриди | DKC 3472 | M* (249 г) | 4-5 см | 73,66 | 6,724 |
| | | | 7-8 см | 74,04 | 6,607 |
| | | | 10-11 см | 74,26 | 6,420 |
| | | S** (326 г) | 4-5 см | 74,60 | 7,280 |
| | | | 7-8 см | 75,13 | 7,255 |
| | | | 10-11 см | 74,93 | 7,255 |
| | | V*** (385 г) | 4-5 см | 73,71 | 7,151 |
| | | | 7-8 см | 74,38 | 7,224 |
| | | | 10-11 см | 73,95 | 7,096 |
| | DKC 3795 | M* (166 г) | 4-5 см | 73,65 | 6,163 |
| | | | 7-8 см | 73,94 | 6,074 |
| | | | 10-11 см | 73,62 | 5,779 |
| | | S** (207 г) | 4-5 см | 74,40 | 6,836 |
| | | | 7-8 см | 74,92 | 6,515 |
| | | | 10-11 см | 75,36 | 6,637 |
| | | V*** (287 г) | 4-5 см | 74,85 | 6,946 |
| | | | 7-8 см | 75,73 | 6,778 |
| | | | 10-11 см | 75,49 | 6,890 |
| Середньостиглі гібриди | DK 315 | M* (223 г) | 4-5 см | 74,46 | 7,100 |
| | | | 7-8 см | 74,72 | 7,072 |
| | | | 10-11 см | 74,32 | 6,778 |
| | | S** (294 г) | 4-5 см | 75,70 | 7,594 |
| | | | 7-8 см | 76,16 | 7,776 |
| | | | 10-11 см | 75,69 | 7,728 |

*Продовження табл. 29*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ДК 315 | V*** (327 г) | 4-5 см | 75,53 | 7,787 |
| | | | 7-8 см | 75,66 | 7,969 |
| | | | 10-11 см | 75,36 | 7,774 |
| | ДКС 4082 | M* (172 г) | 4-5 см | 73,80 | 7,001 |
| | | | 7-8 см | 74,62 | 6,971 |
| | | | 10-11 см | 74,36 | 6,732 |
| | | S** (227 г) | 4-5 см | 76,13 | 7,657 |
| | | | 7-8 см | 76,78 | 8,117 |
| | | | 10-11 см | 76,46 | 8,127 |
| | | V*** (278 г) | 4-5 см | 74,93 | 7,573 |
| | | | 7-8 см | 76,64 | 8,048 |
| | | | 10-11 см | 75,92 | 7,997 |
| $НІР_{05\ група\ стиглості}$ | | | | 2,45 | 0,18 |
| $НІР_{05\ гібрид}$ | | | | 3,57 | 0,97 |
| $НІР_{05\ фракція\ насіння}$ | | | | 2,31 | 0,63 |
| $НІР_{05\ глибина\ загортання}$ | | | | 0,22 | 0,64 |

***Примітки**: * – дрібна фракція насіння; ** – середня фракція насіння; *** – велика фракція насіння.*

А.Н. Павлов [82] також вказує на те, що підвищення середньорічної температури і зниження річної суми опадів збільшує вміст білку у зерні, а вміст крохмалю при цьому знижується.

Нашими дослідженнями встановлено, що найбільший вміст та вихід крохмалю, в середньому за три роки – 75,40 % та 7,54 т/га відмічено у групі середньостиглих гібридів, вони суттєво ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 1,99 % та 0,226 т/га) відрізнялися від його вмісту та виходу в групі ранньостиглих гібридів (72,33% та 5,88 т/га) та середньоранніх гібридів (74,48 % та 6,76 т/га). Зростання вмісту крохмалю у більш пізньостиглих форм кукурудзи, які в переважній більшості представлені зубовидним підвидом.

Особливості гібридів також впливали на вихід крохмалю із одиниці площі. Найвищий вихід крохмалю одержано в таких гібридів, як ДКС 4082 – 7,58 т/га та ДК 315 – 7,51 т/га, а інші гібриди мали достовірно нижчий вихід крохмалю, який становив: ДКС 2960 – 5,95 т/га, ДКС 2971 – 5,81 т/га, ДКС 3472 – 7,00 т/га, ДКС 3795 – 6,51 т/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,16 т/га).

Різниця у виході крохмалю у групі середньоранніх і середньостиглих гібридів становила 0,88-1,66 т/га порівняно з ранньостиглою групою. Тобто, існує тенденція подібна до вмісту крохмалю – збільшення тривалості вегетаційного періоду сприяє збільшенню виходу крохмалю із одиниці площі (рис. 3).

На вміст та вихід крохмалю істотно впливали розміри фракції насіння. Найвищими ці показники були за сівби насінням крупної фракції. Так, за сівби насінням дрібної фракції вміст крохмалю у зерні становив на рівні 73,33 %, а його вихід в межах 5,43-6,98 т/га, що в середньому становило 6,21 т/га, середньої – 74,59 % і 5,98-7,97 т/га та 6,96, великої – 74,3 % і 6,08-7,87 т/га та 7,01 т/га ($НІР_{05\ фракція\ насіння}$ = 0,28 % та 0,558 т/га).

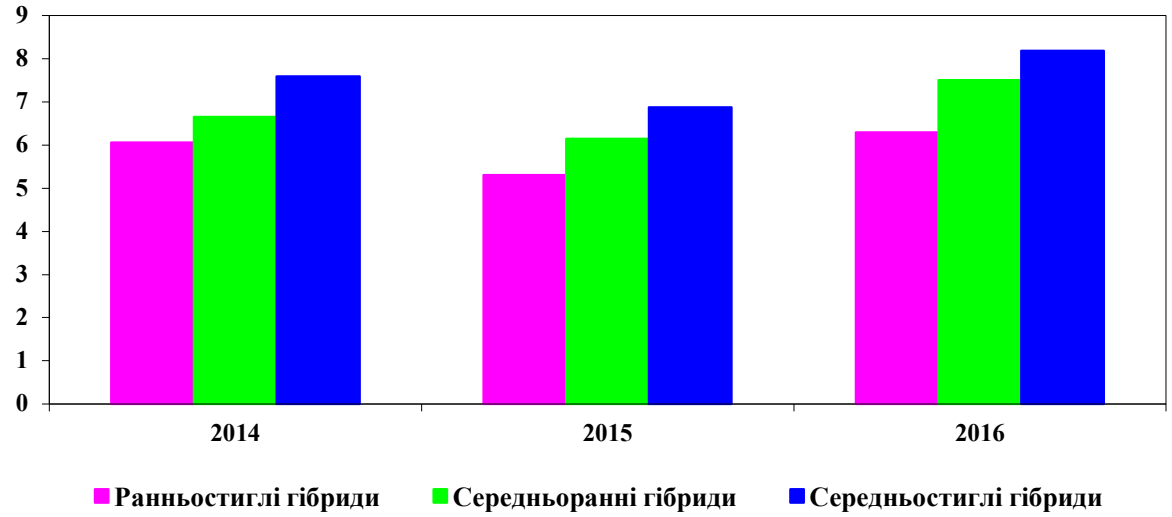


***Рис. 3***. **Вихід крохмалю із одиниці площі залежно від досліджуваних елементів технології вирощування**, т/га (середнє за 2014-2016 рр.)

Використання мілкої (4-5 см) глибини загортання зерна забезпечило вміст та вихід крохмалю 72,08-75,23 % та 5,9-7,49 т/га, або в середньому 6,75 т/га, середньої 7-8 см – 72,19-76,02 % і 5,85-7,71 т/га, або в середньому 6,78 т/га, глибокої 10-11 см – 72,04-75,58 % і 5,68-7,62 т/га, або в середньому 6,66 т/г ($НІР_{05\ глибина\ загортання}$ = 0,22 % та 0,213 т/га). Відповідно, найвищий вміст крохмалю у зерні, в середньому за три роки, склав за глибини загортання 7-8 см – 74,31 %, тоді як за глибини загортання 4-5 см – 73,8 %, а за глибини 10-11 см – 74,11 %.

## 2.2. Теоретичний вихід біоетанолу із одиниці площі залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування

Вихід біоетанолу з сировини зазвичай розраховують як вихід етанолу. Вихід етанолу – його кількість, отримують з тони зароджуваних вуглеводів в перерахунку на крохмаль. Теоретичний вихід обчислюють за рівнянням спиртного бродіння: $C_6H_{12}O_6=2C_2H_5OH+2CO_2$. За відносній густоти етанолу $d^4_{20}$=0,78927 його теоретичний вихід становить 54,79 л [15, 227].

Дослідженнями встановлено залежність виходу біоетанолу від груп стиглості гібридів, їх сортових особливостей, елементів технології (строків сівби, позакореневих підживлень та глибини загортання насіння і розмірів його фракції) (табл. 30). Вихід біоетанолу у групі ранньостиглих гібридів складав 3,131 тис. л/га, середньоранніх – 3,551 тис. л/га та середньостиглих – 4,139 тис. л/га ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,09 тис. л/га), тобто використання середньостиглих гібридів кукурудзи забезпечує додатковий вихід цього біопалива 0,588-1,008 тис. л/га порівняно із скоростиглими формами.

Використання таких гібридів ранньостиглої групи як ДКС 2971, ДКС 2960, ДКС 2787, середньоранньої групи ДКС 3472, ДКС 3420, ДКС 3476 та середньостиглої групи ДКС 4964, ДК 315, ДКС 4626 та ДК 440 сприятиме істотному збільшенню виходу біоетанолу із одиниці площі.

## 30. Вихід біоетанолу із одиниці площі залежно від строку сівби, тис. л/га (за 2011-2013 рр.)

| Група стиглості (А) | Гібрид (В) | Строки сівби (С) | Роки досліджень | | | середнє |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2011 | 2012 | 2013 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | **7** |
| Ранньостигла група | Харківський 195МВ | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 3,763 | 3,092 | 3,386 | 3,414 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 3,529 | 2,891 | 3,275 | 3,232 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,003 | 2,390 | 2,741 | 2,711 |
| | DKC 2870 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 3,780 | 3,242 | 3,507 | 3,510 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 3,257 | 2,817 | 3,508 | 3,194 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 2,966 | 2,439 | 2,566 | 2,657 |
| | DKC 2960 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 4,290 | 3,012 | 3,439 | 3,580 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 3,592 | 2,776 | 3,502 | 3,290 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,142 | 2,450 | 3,081 | 2,891 |
| | DKC 2949 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 3,526 | 2,700 | 3,291 | 3,172 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 2,932 | 2,451 | 2,835 | 2,739 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 2,625 | 1,966 | 2,824 | 2,472 |
| | DKC 2787 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 3,745 | 3,110 | 3,480 | 3,445 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 3,429 | 2,876 | 3,392 | 3,232 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,217 | 2,352 | 3,236 | 2,935 |
| | DKC 2971 **(st)** | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 3,845 | 2,965 | 3,503 | 3,438 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 3,784 | 2,959 | 3,468 | 3,404 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,524 | 2,483 | 3,142 | 3,050 |
| Середньоранняя група | DKC 3476 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 4,128 | 3,387 | 4,025 | 3,847 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 4,213 | 3,005 | 3,912 | 3,710 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,346 | 2,491 | 3,632 | 3,156 |
| | DKC 3795 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 4,486 | 3,335 | 4,315 | 4,045 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 3,661 | 3,007 | 3,850 | 3,506 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,339 | 2,150 | 3,203 | 2,897 |
| | DKC 3472 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 4,505 | 3,616 | 4,440 | 4,187 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 4,147 | 3,507 | 3,968 | 3,874 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,630 | 2,850 | 3,642 | 3,374 |
| | DKC 3420 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 4,518 | 3,363 | 4,362 | 4,081 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 3,736 | 3,024 | 3,696 | 3,485 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,397 | 2,457 | 3,646 | 3,167 |
| | Переяславський 230СВ | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 4,353 | 3,326 | 3,661 | 3,780 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 3,560 | 3,297 | 3,410 | 3,422 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,281 | 2,243 | 3,354 | 2,959 |
| | DKC 3871 **(st)** | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 4,124 | 3,326 | 4,004 | 3,818 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 3,736 | 3,017 | 3,697 | 3,483 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,185 | 2,604 | 3,593 | 3,127 |
| Середньостигла група | DK 391 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 4,863 | 4,067 | 4,372 | 4,434 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 4,150 | 3,373 | 3,946 | 3,823 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,903 | 3,072 | 3,799 | 3,591 |
| | DKC 3511 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 4,400 | 3,783 | 4,560 | 4,248 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 4,080 | 3,924 | 4,186 | 4,063 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,749 | 2,933 | 3,953 | 3,545 |
| | DK 440 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 4,552 | 4,501 | 4,392 | 4,482 |
| | | Середній (РТГ t=+10°С) | 3,965 | 4,105 | 4,275 | 4,115 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°С) | 3,740 | 3,695 | 3,992 | 3,809 |
| | DKC 4964 | Ранній (РТГ* t=+8°С) | 4,792 | 4,688 | 4,848 | 4,776 |

*Продовження таблиці 30*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Середньостигла група | DKC 4964 | Середній (РТГ t=+10°C) | 4,811 | 4,182 | 4,444 | 4,479 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°C) | 4,267 | 3,667 | 3,896 | 3,943 |
| | DKC 4626 | Ранній (РТГ* t=+8°C) | 4,560 | 4,458 | 4,918 | 4,645 |
| | | Середній (РТГ t=+10°C) | 4,186 | 4,085 | 4,109 | 4,127 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°C) | 3,814 | 3,640 | 3,953 | 3,802 |
| | DK 315 **(st)** | Ранній (РТГ* t=+8°C) | 5,454 | 3,771 | 5,088 | 4,771 |
| | | Середній (РТГ t=+10°C) | 4,276 | 3,462 | 4,515 | 4,084 |
| | | Пізній (РТГ t=+12°C) | 3,961 | 3,155 | 4,202 | 3,773 |
| $НІР_{05\ група\ стиглості}$ | | | 0,07 | 0,03 | 0,05 | - |
| $НІР_{05\ гібрид}$ | | | 0,14 | 0,07 | 0,11 | - |
| $НІР_{05\ строки\ сівби}$, | | | 0,07 | 0,05 | 0,06 | - |

***Примітка**: РТГ – рівень температурного режиму ґрунту на глибині загортання насіння*

Запізнення із строками сівби гібридів кукурудзи різних груп стиглості призводить до зменшення виходу біоетанолу ($НІР_{05\ строки\ сівби}$ = 0,09 тис. л/га) на 0,640-0,847тис. л/га порівняно із раннім строком сівби.

Вихід біоетанолу у групі ранньостиглих гібридів складав 3,903 тис. л/га, середньоранніх – 4,495 тис. л/га та середньостиглих – 5,097 тис. л/га ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,11 тис. л/га). Застосування гібридів кукурудзи із тривалим вегетаційним періодом забезпечує підвищення виходу біоетанолу на 0,602-1,194 тис. л/га порівняно із скоростиглими формами.

Використання таких гібридів як DKC 2960, DKC 3472 та DKC 3420, DKC 4964 і DK 315 сприятиме збільшенню виходу біоетанолу на 0,462-0,629 тис. л/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,93 тис. л/га). Позакореневі підживлення забезпечили збільшенню виходу біоетанолу, яке в середньому за три роки досліджень становило 0,1-1,04 тис. л/га ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,35тис. л/га) відносно контролю (підживлення водою).

Зростання виходу біоетанолу за одноразового позакореневого підживлення становила 0,10-0,65 тис. л/га, а за дворазового позакореневого підживлення – 0,30-1,04 тис. л/га порівняно з контролем –підживлення водою ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,36 тис. л/га).

Нашими дослідженнями проведеними впродовж 2015-2017 рр. встановлено, що вихід біоетанолу істотно залежав від умов року. У 2015 році, який видався досить посушливим вихід біоетанолу, в середньому, у досліджуваних гібридів кукурудзи становив 3,622 тис л/га, в 2016 році – 4,494 тис. л/га, а в 2017 році – 4,230 тис. л/га. Вихід біоетанолу у групі ранньостиглих гібридів становив 3,365 тис. л/га, середньоранніх – 4,096 тис. л/га та середньостиглих – 4,885 тис. л/га ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,21 тис. л/га). Впровадження середньостиглих гібридів кукурудзи сприятиме підвищенню виходу біоетанолу із одиниці площі на 0,789-1,520 тис. л/га.

Вірний вибір гібриду, навіть в межах однієї групи стиглості, дозволить підвищити вихід біоетанолу із одиниці площі на 0,301-0,404 тис. л/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,48 тис. л/га). Позакореневі підживлення забезпечують зростання виходу біоетанолу із одиниці площі в середньому на 0,13-0,90 тис. л/га,

порівняно з контролем – підживлення водою ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,44 тис. л/га). Одноразове позакореневе підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи забезпечує збільшення виходу біоетанолу із одиниці площі на 0,13-0,71 тис. л/га, а дворазове підживлень у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи – на 0,38-0,90 тис. л/га порівняно з контролем – підживлення водою ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,29 тис. л/га).

Найвищий вихід біоетанолу отримано за дворазового внесення мікродобрива Еколист Моно Цинк у поєднанні із бактеріальним препаратом Біомаг, зростання якого в середньому за три роки склало 0,72-0,90 тис. л/га відносно контролю (підживлення водою).

У групі ранньостиглих гібридів орієнтовний вихід біоетанолу ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,124 тис. л/га), в середньому за три роки склав – 3,22 тис. л/га, середньоранніх – 3,70 тис. л/га та середньостиглих – 4,13 тис. л/га (табл. 31).

За роками досліджень орієнтовний вихід біоетанолу змінювався залежно від умов конкретного року. У середньому, в досліджуваних гібридів, за 2014 рік він склав 3,70 тис. л/га, за 2015 рік – 3,34 тис. л/га та в 2016 році – 4,01 тис. л/га. Найбільш сприятливий рік для даного показника за вологозабезпеченням та температурними показниками був 2016 рік.

**31. Орієнтовний вихід біоетанолу із одиниці площі посіву гібридів кукурудзи залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування**, тис. л /га (за 2014-2016 рр.)

| Група стиглості (A) | Гібрид (B) | Фракція насіння (C) | Глибина загортання насіння (D) | Рік | | | середнє |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 2014 | 2015 | 2016 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Ранньостиглі гібриди | DKC 2960 | M* (187 г) | 4-5 см | 3,001 | 2,748 | 3,375 | 3,041 |
| | | | 7-8 см | 3,162 | 2,804 | 3,178 | 3,048 |
| | | | 10-11 см | 2,930 | 2,678 | 2,901 | 2,836 |
| | | S** (238 г) | 4-5 см | 3,763 | 2,811 | 3,600 | 3,391 |
| | | | 7-8 см | 3,760 | 2,991 | 3,513 | 3,421 |
| | | | 10-11 см | 3,627 | 2,968 | 3,479 | 3,358 |
| | | V*** (277 г) | 4-5 см | 3,659 | 2,803 | 3,722 | 3,395 |
| | | | 7-8 см | 3,595 | 2,927 | 3,628 | 3,383 |
| | | | 10-11 см | 3,637 | 3,041 | 3,756 | 3,478 |
| | DKC 2971 | M* (194 г) | 4-5 см | 2,938 | 2,805 | 3,413 | 3,052 |
| | | | 7-8 см | 2,832 | 2,791 | 3,377 | 3,000 |
| | | | 10-11 см | 2,746 | 2,658 | 2,918 | 2,774 |
| | | S** (256 г) | 4-5 см | 3,254 | 3,170 | 3,461 | 3,295 |
| | | | 7-8 см | 3,227 | 3,047 | 3,560 | 3,278 |
| | | | 10-11 см | 3,341 | 2,966 | 3,481 | 3,263 |
| | | V*** (279 г) | 4-5 см | 3,400 | 3,112 | 3,524 | 3,345 |
| | | | 7-8 см | 3,364 | 3,030 | 3,635 | 3,343 |
| | | | 10-11 см | 3,449 | 2,981 | 3,471 | 3,300 |
| | DKC 3472 | M* (249 г) | 4-5 см | 3,374 | 3,181 | 4,497 | 3,684 |
| | | | 7-8 см | 3,445 | 3,140 | 4,275 | 3,620 |
| | | | 10-11 см | 3,345 | 3,109 | 4,098 | 3,517 |

*Продовження таблиці 31*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Середньоранні гібриди | DKC 3472 | S** (326 г) | 4-5 см | 3,776 | 3,634 | 4,556 | 3,989 |
| | | | 7-8 см | 3,779 | 3,527 | 4,619 | 3,975 |
| | | | 10-11 см | 3,846 | 3,536 | 4,543 | 3,975 |
| | | V*** (385 г) | 4-5 см | 3,722 | 3,488 | 4,544 | 3,918 |
| | | | 7-8 см | 3,812 | 3,587 | 4,475 | 3,958 |
| | | | 10-11 см | 3,829 | 3,373 | 4,462 | 3,888 |
| | DKC 3795 | M* (166 г) | 4-5 см | 3,388 | 3,121 | 3,621 | 3,377 |
| | | | 7-8 см | 3,258 | 3,169 | 3,558 | 3,328 |
| | | | 10-11 см | 3,230 | 2,988 | 3,280 | 3,166 |
| | | S** (207 г) | 4-5 см | 3,679 | 3,627 | 3,930 | 3,745 |
| | | | 7-8 см | 3,723 | 3,308 | 3,678 | 3,570 |
| | | | 10-11 см | 3,808 | 3,364 | 3,736 | 3,636 |
| | | V*** (287 г) | 4-5 см | 3,782 | 3,688 | 3,948 | 3,806 |
| | | | 7-8 см | 3,879 | 3,236 | 4,025 | 3,713 |
| | | | 10-11 см | 3,865 | 3,410 | 4,050 | 3,775 |
| Середньостиглі гібриди | DK 315 | M* (223 г) | 4-5 см | 3,816 | 3,509 | 4,345 | 3,890 |
| | | | 7-8 см | 3,901 | 3,477 | 4,247 | 3,875 |
| | | | 10-11 см | 3,863 | 3,230 | 4,048 | 3,714 |
| | | S** (294 г) | 4-5 см | 4,184 | 3,845 | 4,452 | 4,160 |
| | | | 7-8 см | 4,366 | 3,841 | 4,574 | 4,260 |
| | | | 10-11 см | 4,446 | 3,758 | 4,498 | 4,234 |
| | | V*** (327 г) | 4-5 см | 4,195 | 4,011 | 4,594 | 4,267 |
| | | | 7-8 см | 4,496 | 3,932 | 4,671 | 4,366 |
| | | | 10-11 см | 4,289 | 3,854 | 4,636 | 4,260 |
| | DKC 4082 | M* (172 г) | 4-5 см | 3,724 | 3,701 | 4,083 | 3,836 |
| | | | 7-8 см | 3,779 | 3,617 | 4,062 | 3,819 |
| | | | 10-11 см | 3,685 | 3,406 | 3,974 | 3,688 |
| | | S** (227 г) | 4-5 см | 3,971 | 3,923 | 4,691 | 4,195 |
| | | | 7-8 см | 4,441 | 3,996 | 4,905 | 4,447 |
| | | | 10-11 см | 4,625 | 3,890 | 4,843 | 4,453 |
| | | V*** (278 г) | 4-5 см | 4,088 | 3,903 | 4,457 | 4,149 |
| | | | 7-8 см | 4,437 | 3,976 | 4,816 | 4,410 |
| | | | 10-11 см | 4,488 | 3,904 | 4,753 | 4,382 |
| $НІР_{05}$ група стиглості | | | | 0,08 | 0,03 | 0,03 | - |
| $НІР_{05}$ гібрид | | | | 0,03 | 0,03 | 0,04 | - |
| $НІР_{05}$ фракція насіння | | | | 0,05 | 0,04 | 0,04 | - |
| $НІР_{05}$ глибина загортання | | | | 0,05 | 0,05 | 0,06 | - |

***Примітки**: * – дрібна фракція насіння; ** – середня фракція насіння; *** – велика фракція насіння*

На орієнтовний вихід біоетанолу впливала фракція насіння ($НІР_{05\ фракція\ насіння}$ = 0,306 тис. л/га). Зокрема вихід біоетанолу за сівби насінням дрібної фракції, в середньому за три роки досліджень коливався в межах 2,94-3,78 тис. л/га, або в середньому для фракції 3,41 тис. л/га, за сівби насінням середньої фракції – 3,28-4,36 тис. л/га або в середньому для фракції 3,81, а за сівби насінням великої фракції – 3,33-4,31 тис. л/га або в середньому для фракції 3,84 тис. л/га. Глибина загортання насіння кукурудзи неоднозначно ($НІР_{05\ глибина\ загортання\ насіння}$ = 0,117 тис. л/га) впливала на вихід біоетанолу із

зерна. Так, використання не глибокого (4-5 см) загортання насіння забезпечило вихід біоетанолу, в середньому за три роки, в межах 3,23-4,11 тис. л/га, або в середньому для даної глибини 3,697 тис. л/га, за використання середньої (7-8 см) глибини загортання – 3,21-4,23 тис. л/га, або в середньому – 3,713 тис. л/га, а за використання глибокого (10-11 см) загортання – 3,11-4,17 тис. л/га, або в середньому – 3,648 тис. л/га. Тобто збільшення глибини загортання насіння призводить до зменшення виходу біоетанолу із одиниці посіву.

### 2.3. Взаємозв'язок вмісту крохмалю з комплексом господарсько-цінних ознак у гібридів кукурудзи

В питанні залежності вмісту крохмалю та урожайності від інших господарсько-цінних ознак у гібридів кукурудзи актуальним є врахування та покращення побічних ознак для отримання найбільшого вмісту крохмалю у зерні, що дозволить підвищити виробництво біоетанолу із одиниці площі посіву кукурудзи на зерно (табл. 32).

**32. Кореляційний зв'язок вмісту крохмалю в зерні гібридів кукурудзи з господарсько-цінними показниками** (середнє за 2011-2016 рр.)

| Показники | Коефіцієнт кореляції залежно від: | | |
|---|---|---|---|
| | строків сівби 2011-2013 рр. | позакореневих підживлень 2011-2013 рр. | фракції та глибина загортання насіння 2014-2016 рр. |
| Площа листкової поверхні, тис. $м^2$/га | 0,644* | 0,649* | 0,808* |
| Площа поверхні прапорцевого листка, тис. $м^2$/га | 0,375 | 0,654* | 0,624* |
| Площа поверхні прикачанного листка, тис. $м^2$/га | 0,722* | 0,541* | 0,849* |
| Висота рослин, см | 0,339 | 0,625* | 0,799* |
| Висота кріплення качанів, см | 0,185 | 0,607* | 0,797* |
| Вологість зерна,% | 0,595* | 0,519* | 0,831* |
| Кількість пошкоджених рослин стебловими метеликом, % | -0,395 | -0,101 | 0,114 |
| Урожайність зерна, т/га | 0,274 | 0,673* | 0,879* |

***Примітка**:* - достовірно на 99% рівні ймовірності, n = 17 для досліду 1, n = 11 для досліду 2 та n = 6 для досліду 3.*

Вміст крохмалю у зерні залежить від площі листкової поверхні (r = 0,644…0,808), площі окремих ярусів листків, зокрема верхнього (прапорцевого) – (r = 0,375…0,654) та прикачанного (r = 0,541…0,849), висоти рослин (r = 0,339…0,799), висоти кріплення качанів (r = 0,185…0,797), вологості зерна (r = 0,519…0,831) та урожайності (r = 0,274…0,879). Тому врахування даних ознак дозволить правильно підібрати гібриди із високим вмістом крохмалю та урожайністю придатних для виробництва біоетанолу.

Дані таблиці 32 вказують на відсутність достовірних кореляційних зв'язків

між кількістю пошкоджених рослин стебловим кукурудзяним метеликом та вмістом крохмалю, тобто пошкодження рослин стебловим кукурудзяним метеликом не впливало на вміст крохмалю у зерні.

Встановлено, що вміст крохмалю суттєво змінювався в залежності від інтенсивності транспірації та хімічного складу вегетативної маси досліджуваних гібридів кукурудзи (табл. 33).

**33. Кореляційний зв'язок вмісту крохмалю в зерні гібридів кукурудзи з інтенсивністю транспірації та вмістом у вегетативній масі окремих елементів** (середнє за 2011-2013 рр.)

| Показники | Коефіцієнт кореляції ±Sr |
|---|---|
| | Позакореневі підживлення. 2011-2013 рр. |
| Інтенсивність транспірації, тис. м$^2$/га | 0,562* |
| Вміст хлорофілу, тис. м$^2$/га | 0,393 |
| Вміст у вегетативній масі азоту, тис. м$^2$/га | 0,628* |
| Вміст у вегетативній масі фосфору, тис. м$^2$/га | 0,367 |
| Вміст у вегетативній масі калію, тис. м$^2$/га | 0,443 |
| Вміст у вегетативній масі цинку, тис. м$^2$/га | 0,458* |

***Примітка**:* - достовірно на 99% рівні ймовірності, n = 11*

Виявлені середні кореляційні зв'язки між вмістом крохмалю та інтенсивністю транспірації, коефіцієнт кореляції становив r = 0,562, вмістом хлорофілу r = 0,393, вмістом у вегетативній масі кукурудзи азоту r = 0,628, фосфору – r = 0,367, калію – r = 0,443 та цинку r = 0,458 (див. табл. 8.9). Існування даних кореляційних зв'язків дасть можливість підбирати гібриди, які окрім високої продуктивності здатні формувати високий вміст крохмалю та можуть використовуватися для виробництва біопалива.

Отриманими результати проведених досліджень встановлено різну придатність досліджуваних гібридів кукурудзи для виробництва біоетанолу на основі вмісту в зерні крохмалю та продуктивності.

## 2.4. Кластерний аналіз досліджуваних гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак

Для встановлення подібності та відмінностей груп господарсько-цінних ознак у досліджуваних гібридів кукурудзи найкраще підходить кластерний аналіз, оскільки цей метод, на відміну від більшості математико-статистичних методів, не має ніяких обмежень на вид досліджуваних об'єктів [228-230].

Метод кластерного аналізу дає можливість обробляти великі об'єми даних. Особливістю такого групування є те, що об'єкти, що належать одному кластеру, споріднені між собою, ніж об'єкти із різних кластерів [231-233]. Даний підхід забезпечує оформлення результатів аналізу у вигляді дендрограми, яка побудована на основі об'єднанні об'єктів у кластери, використовуючи деяку міру подібності або відстань між об'єктами [228, 234].

Використання комп'ютерної технології, зокрема, кластерного аналізу, із нашої точки зору, створює можливість наблизитися до вирішення складної задачі підвищення ефективності правильного вибору гібридів та технологій для отримання максимального рівня виходу біоетанолу із одиниці площі посіву гібридів кукурудзи.

В процесі проведення нами кластерного аналізу використовувались дані отримані на основі польових досліджень, що включали наступні господарсько-цінні ознаки за якими проводився аналіз гібридів кукурудзи: (морфологічні ознаки – загальна площа листків, площа прапорцевого листка, площа прикачанного листка, висота рослин, висота кріплення качанів, довжина ніжки качана, кількість обгорток качана; інтенсивність транспірації, вміст хлорофілу, вміст у вегетативній масі азоту (N), фосфору (P), калію (K) та цинку (Zn); стійкість до ураження пухирчастою сажкою та пошкодження стебловим метеликом, стійкість до вилягання; елементи структури врожаю – кількість рядів зерен (КРЗ), кількість зерен у ряді (КЗР), маса 1000 насінин, сума лінійних розмірів зернівки, кількість качанів на рослині, урожайність, вологість зерна, вміст крохмалю, вихід крохмалю із одиниці площі та вихід біоетанолу із 1 га), тривалість періодів «сівба-сходи», «сходи – цвітіння качанів», «цвітіння качанів – повна стиглість», «сходи повна – стиглість». Фактично для аналізу були використані усі господарсько-цінні ознаки досліджуваних нами гібридів кукурудзи за вивчення можливості виробництва альтернативних джерел енергії.

За результатами кластерного аналізу було створено дендрограми групування на кластери за допомогою непарно групового методу з визначенням Евклідових відстаней. Результати графічного представлення ієрархічної класифікації зображено в вигляді філогенетичного дерева на рисунках 4-12.

Результати кластеризації ранньостиглих гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу строків сівби зображено на рисунку 4.

Аналізуючи розподіл досліджуваних гібридів кукурудзи на кластери залежно від впливу агротехнічних параметрів досліду по суті можна виділити три кластери та примикаючі до них окремі варіанти. Так, до першого кластеру можна віднести гібриди DKC 2870 за раннього та середнього строків сівби, та аналогічно гібрид DKC 2971 теж за раннього і середнього строків і гібрид DKC 2960 за раннього строків сівби. Наступний кластер сформовано гібридами DKC 2870, DKC 2971 пізнього строків сівби та гібридами DKC 2960 та DKC 2949 середніх та пізніх строків сівби.

Окремо, в третьому кластері, за комплексом господарсько-цінних ознак розташований гібрид DKC 2787 середнього та пізнього строків сівби. А от такі гібриди як Харківський 195МВ та DKC 2787 ранній строк сівби та DKC 2949 ранній строк сівби розташовані максимально відокремлено від інших груп кластерів. Та фактично їх норма реакції за застосування різних строків сівби і формування господарсько-цінних ознак дуже сильно залежить від дати сівби. Якщо перефразувати дещо по-іншому, то дані гібриди

найбільше реагують на досліджувану агротехнічну операцію та формують біометричні параметри та врожайність певних рівнів, що свідчить про необхідність правильного добору елементів технології вирощування може суттєво збільшити рівень їх потенційної продуктивності.

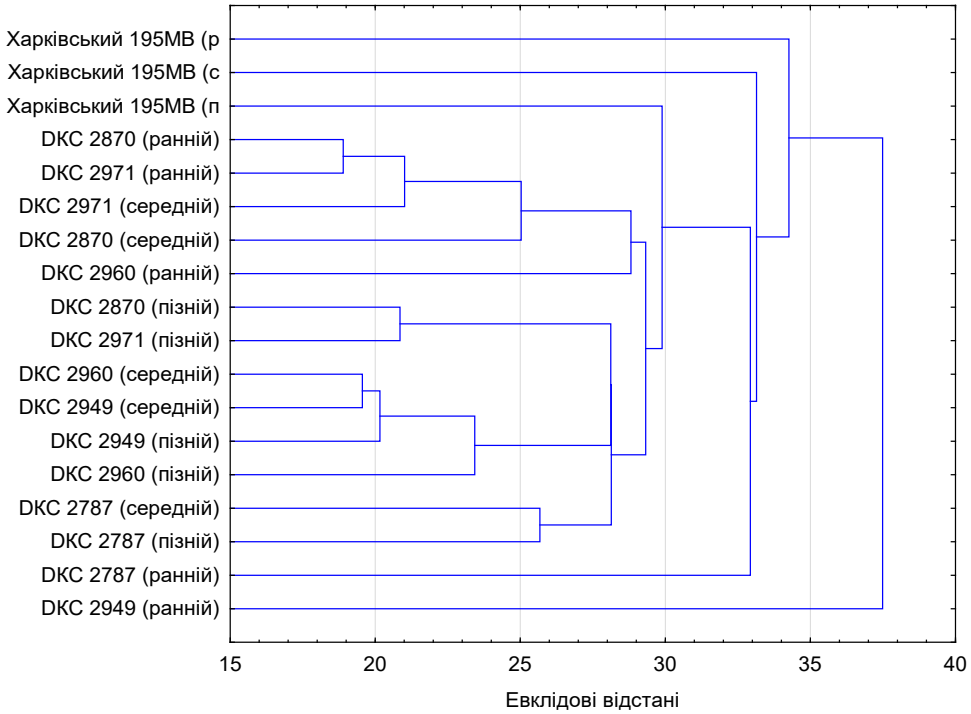


***Рис. 4.*** **Кластеризація ранньостиглих гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу строків сівби**, дані за 2011-2013 рр.

Отже, кластеризація досліджуваних гібридів за комплексом їх біометричних показників дозволяє виявити загальні закономірності їх росту й розвитку. Переважна більшість гібридів кукурудзи майже ідентично, з біологічної точки зору, реагує на застосування раннього та середнього строків сівби. До таких можна віднести DKC 2870 та DKC 2971 і DKC 2960. Решта гібридів групується за середнім та пізнім строком сівби: DKC 2960, DKC 2949, DKC 2787. І лише гібрид Харківський 195МВ за вирощування з різними строками сівби по-різному реагує на кожен з них.

В сутності, за оцінювання комплексу ознак та відсутності принципової різниці в частини досліджуваних гібридів відмінностей між раннім та середнім або середнім та пізнім строками сівби можна вважати що адаптивна сортова технологія повинна бути спрямована відповідно на рекомендацію обох строків сівби різних груп гібридів. Адже, по суті, відмінності в рості й розвитку практично відсутні, тому реалізація генетичного їх потенціалу більш пов’язана не з відмінностями в строках сівби та рівнем застосування інших елементів технології.

Дані графічного представлення кластеризації середньоранніх гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу строків сівби зображено на рисунку 5.

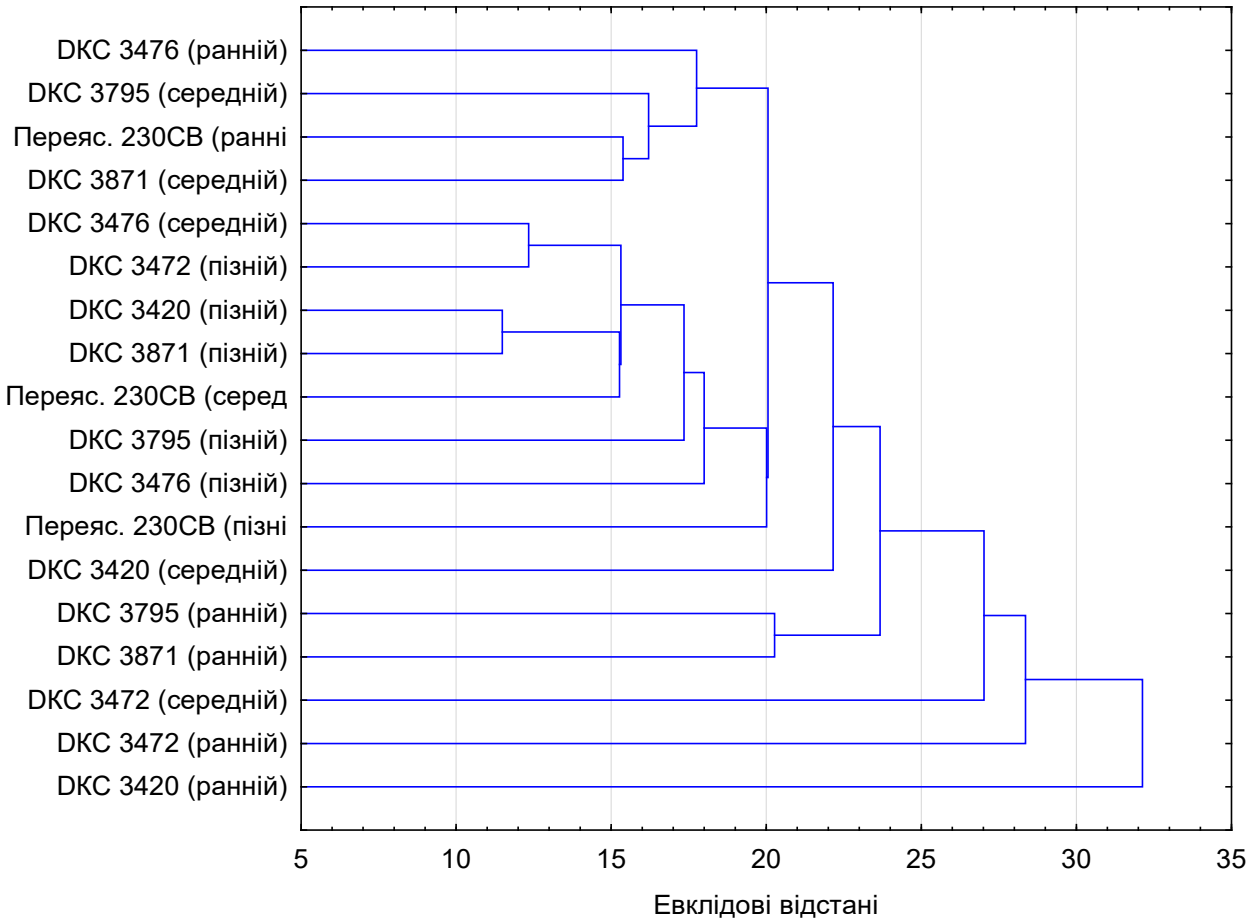


***Рис. 5.*** **Кластеризація середньоранніх гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу строків сівби**, дані за 2011-2013 рр.

Аналізуючи отримані результати можемо одразу виділити дві групи кластерів та примикаючу до них решту середньоранніх гібридів кукурудзи.

До першої групи кластерів належать гібриди: DKC 3476 за раннього строку сівби, DKC 3795 – середній строк, Переяславський 230СВ ранній строк сівби, DKC 3871 середній строк сівби. До другої групи можна віднести такі гібриди як: DKC 3476 (середній строк), DKC 3472 (пізній), DKC 3420 (пізній), DKC 3871 (пізній), Переяславський 230СВ (середній), DKC 3795 (пізній) та DKC 3476 (пізній строк сівби). Фактично, досліджувані гібриди в межах кластерів, за комплексом господарсько-цінних ознак ростуть та розвиваються аналогічно, не залежно від строку сівби. Що дозволяє помилки в агротехніці компенсувати в певній мірі іншими елементами технології та отримати високу урожайність.

Результати кластеризації середньостиглих гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу строків сівби зображено на рисунку 6.

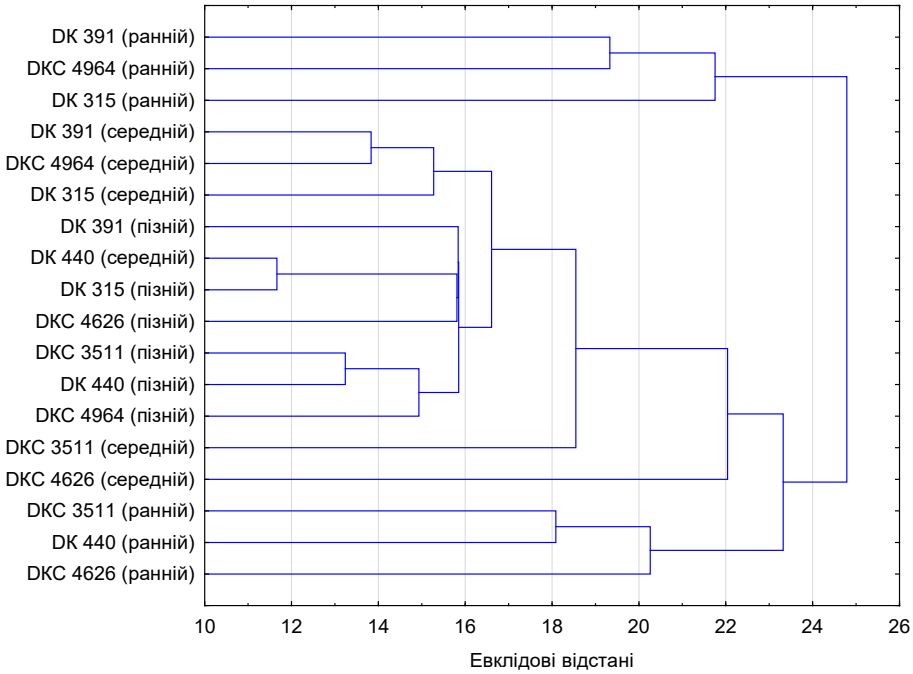


***Рис. 6.*** **Кластеризація середньостиглих гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу строків сівби**, дані за 2011-2013 рр.

Група середньостиглих гібридів кукурудзи зовсім по-іншому реагувала на висівання їх за різних строків сівби. Фактично в даному пулі гібридів можна виділити лишень один кластер. А от гібриди висіяні в ранні строки сівби лише примикають до нього.

До кластеру входять такі гібриди як: DK 391 (ранній та середній), DKC 4964 (середній та пізній), DK 315 (середній та пізній), DK 440 (середній та пізній), DKC 3511 (середній та пізній) та DKC 4626 (пізній).

Кластеризація ранньостиглих гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу фракції та глибини загортання насіння зображена на рисунку 7.

Аналізуючи результати графічного представлення кластерів кукурудзи можна виділити декілька цікавих закономірностей. Так, найбільш ідентичними за формуванням господарсько-цінних ознак є рослини гібриду DKC 2971 за сівби середньою фракцією насіння та глибини загортання 7-8 см та сівби великою фракцією та за глибини 7-8 і 10-11 см, відповідно.

До наступного кластеру входить гібрид DKC 2960 за сівби мілкою фракцією насіння та усіх досліджуваних глибин загортання та гібрид DKC 2971 теж за умови висівання мілкої фракції насіння та глибини загортання 4-5 та 10-11 см. Окремий пул утворюють гібриди DKC 2960 за сівби середньою фракцією насіння та глибини загортання 4-5 і 10-11 см та DKC 2971 за використання середньої фракції насіння та глибини загортання 10-11 см.

В наступний кластер входять гібриди DKC 2960 за сівби середньою фракцією насіння та глибини загортання 7-8 см та DKC2971 аналогічно з середньою фракцією насіння та глибиною загортання 4-5 та 10-11 см.

Решта ж досліджуваних гібридів за сівби різними фракціями насіння та глибиною його загортання входять до вищеперерахованих кластерів, однак загалом лежать віддалено від них, щоб говорити про повну міру ідентичності у формуванні господарсько-цінних ознак.

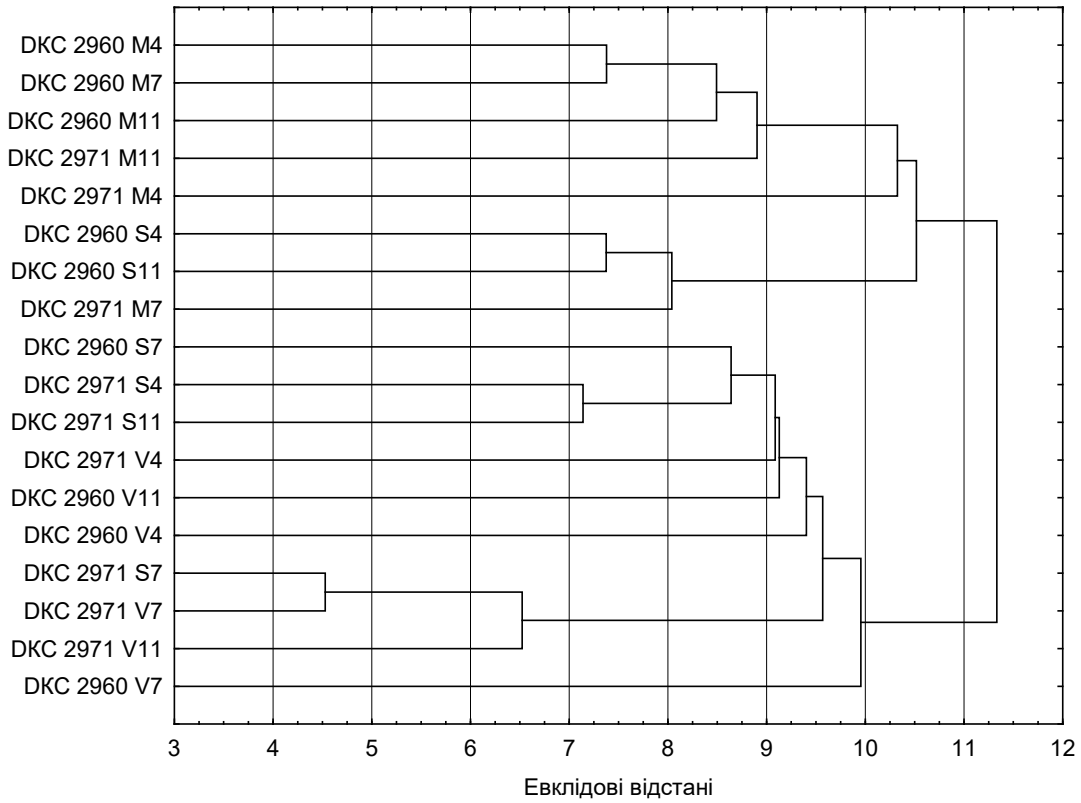


***Рис. 7.*** **Кластеризація ранньостиглих гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу фракції та глибини загортання насіння**, дані за 2014-2016 рр.

За змістом кластеризація гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу фракції та глибини загортання насіння дозволяє виокремити аналогічні за впливом на різні гібриди фактори досліду. Адже сівба мілкою фракцією насіння окрім варіанту гібриду DKC 2971 за сівби на глибину 7-8 см потрапляє до одного кластеру. А отже, в даному випадку мілке насіння визначає ріст та розвиток рослин та не може бути скомпенсоване менш глибоким загортанням насіння.

Таким чином, власне від запасів поживних речовин що сконцентровані в насінині значно залежить і ріст та розвиток рослин на початкових етапах вегетації. Можна стверджувати що отримані нами залежності підтверджені в працях інших дослідників та належать до загально біологічних (не сортових) закономірностей [235].

Значення графічної побудови кластерів середньоранніх гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу фракції та глибини загортання насіння зображені на рисунку 8.

Що стосується особливостей формування господарсько-цінних ознак у середньоранніх гібридів кукурудзи то серед досліджуваних варіантів можна

виокремити два пули кластерів.

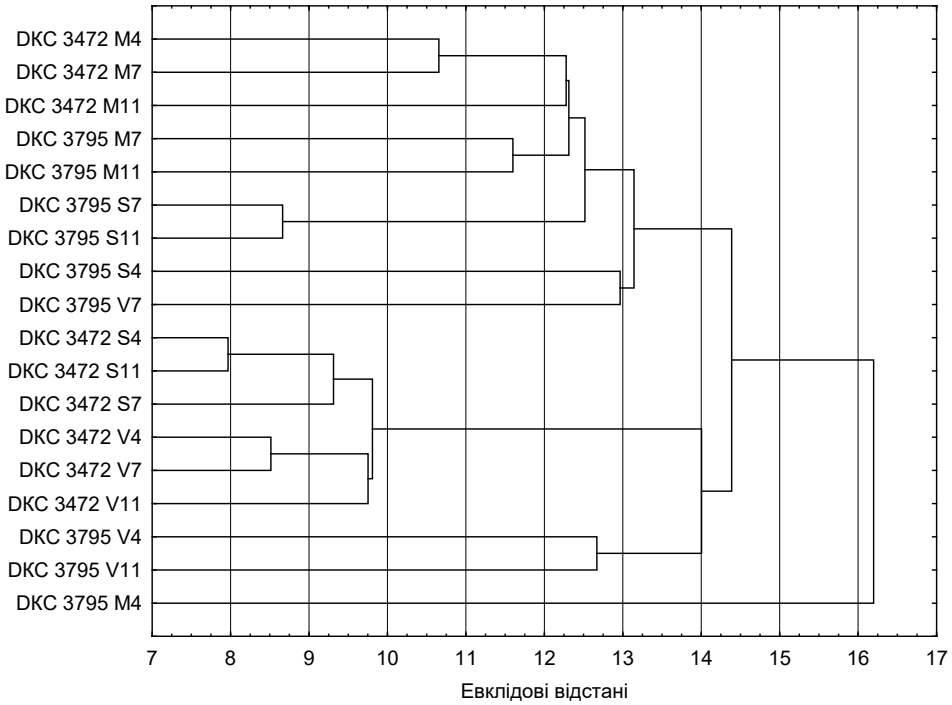


***Рис. 8.*** **Кластеризація середньоранніх гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу фракції та глибини загортання насіння**, дані за 2014-2016 рр.

До найбільш подібного кластеру за комплексом ознак належать усі варіанти досліду проведені з гібридом DKC 3472, що висівались середньою та великою фракцією насіння та за глибини загортання насіння 4-5, 7-8 та 10-11 см. За структурою даний кластер є сортоспецифічним і у гібриду DKC 3472 переваги середнього та крупного насіння нівелюють негативний вплив від занадто мілкого або глибокого загортання насіння.

За аналогією з кластеризацією ранньостиглих, в середньоранніх гібридів мілкі фракції насіння за формуванням комплексу господарсько-цінних ознак подібні та об’єднуються в один кластер. Так, в даному пулі перебувають гібриди DKC 3472 та DKC 3795 за усіх глибин загортання насіння і мілкої фракції та останній за глибини загортання 4-5 і 7-8 см і середньої фракції насіння.

Розподіл на кластери середньостиглих гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу фракції та глибини загортання насіння представлений на рисунку 9.

В середньостиглих гібридів закономірності об’єднання в кластери дещо відрізняється від виявлених нами особливостей характерних для ранньостиглих та середньоранніх гібридів. Фактично в даної групи стиглості біологічні особливості досліджуваних гібридів визначали в істотній мірі особливості формування ними комплексу господарсько-цінних ознак, а не особливості окремих досліджуваних елементів технології вирощування. Вважаємо, що це відбувається в тому випадку, і за рахунок більш довгого

вегетаційного періоду, що дозволяє знівелювати затримку в рості та розвитку рослин кукурудзи на початку вегетації.

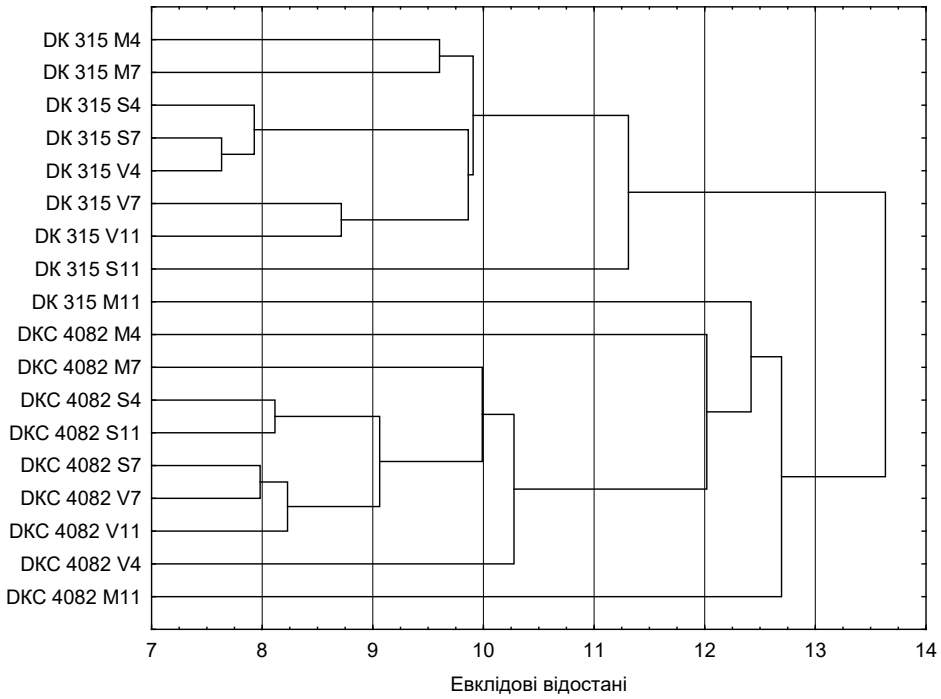


***Рис. 9.*** **Кластеризація середньостиглих гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення впливу фракції та глибини загортання насіння**, дані за 2014-2016 рр.

Так, згідно із результатами проведеного аналізу встановлено що до першого кластеру входять усі варіанти вирощування гібриду DK 315 окрім варіанту вирощування з мілкою фракцією насіння та за глибини загортання насіння 10-11 см.

До другого кластеру входять варіанти вирощування гібриду DKC 4082 за виключенням варіантів з вирощуванням мілкої фракції насіння та глибин загортання 4-5 та 10-11 см, відповідно.

З іншого буку чіткий розподіл кластерів за сортовими ознаками свідчить про хороший адаптивний потенціал гібридів DK 315 та DKC 4082. Фактично зміни елементів технології вирощування даних гібридів можуть бути знівельовані рослинами в процесі їх росту й розвитку. А тому дані гібриди пробачають доволі суттєві помилки в технології вирощування, такі як занадто глибока сівба насіння.

Відповідно аналіз особливостей кластеризації досліджуваних гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак дозволяє зробити висновки щодо рекомендацій до технології їх вирощування та створення алгоритму і механізмів прогнозування рівня продуктивності на базі передбачення норми реакції рослин та показників їх росту й розвитку.

Дані кластеризації ранньостиглих гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення позакореневих підживлень та кількості їх застосування подано на рисунку 10.

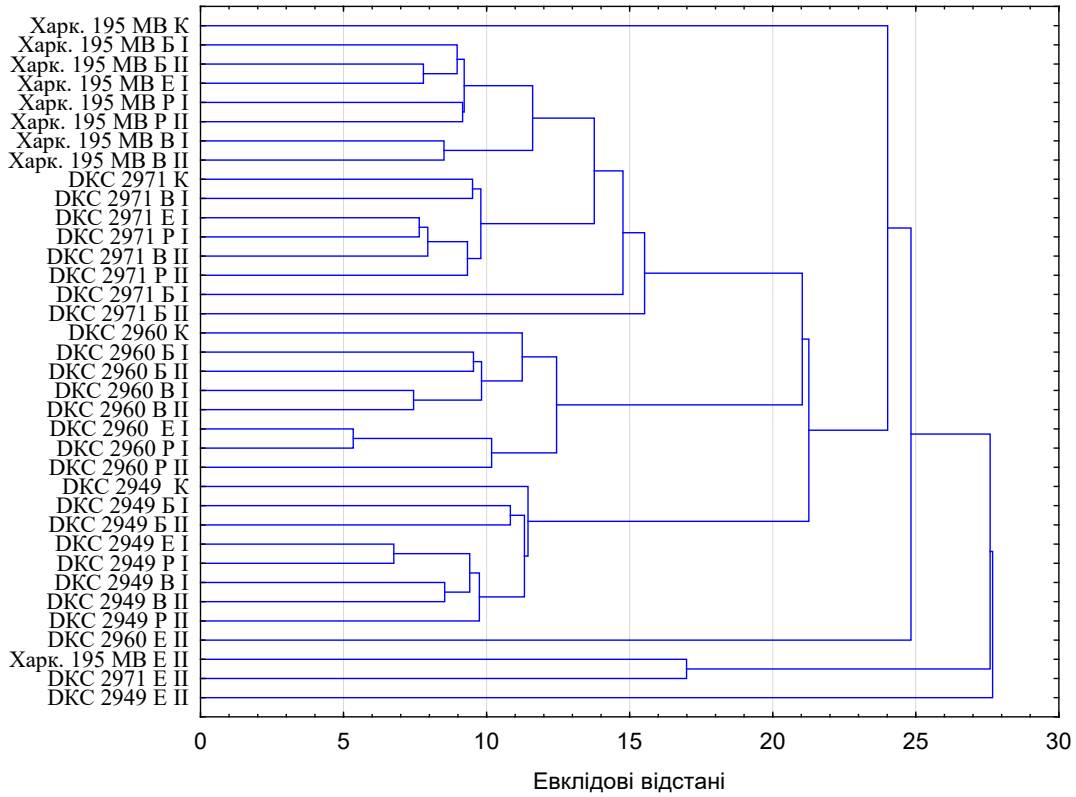


***Рис. 10.*** **Кластеризація ранньостиглих гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення позакореневих підживлень та кількості їх застосування**, дані за 2014-2016 рр.

Застосування на досліджуваних гібридах різних варіантів позакореневих підживлень та їх різної кількості можна виокремити в чотири кластери. Фактично ж в кластери побудовані рослинами одного й того ж гібриду і лише за варіантів застосування Еколист Моно Цинк за двократної кількості підживлень усі гібриди істотно відрізняються за комплексом господарсько-цінних ознак від аналогічних підживлень іншими препаратами.

Показники кластеризації середньоранніх гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення позакореневих підживлень та кількості їх застосування представлено на рисунку 11.

Аналогічно до норми реакції ранньостиглих гібридів в середньоранніх також відбувається групування на кластери першочергово за приналежністю варіантів досліду до того який саме гібрид вирощується. Так, до першого кластера належать усі варіанти вивчення різних позакореневих підживлень та їх кількості в гібриду DKC 3472.

До другого кластеру можна віднести варіанти досліду представлені гібридами Переяславський 230 СВ та DKC 3871, що може свідчити про певну подібність даних гібридів та їх норми реакції за комплексом господарсько-цінних ознак. А отже, вирощування таких гібридів в господарстві в якості підстраховки від впливу несприятливих умов вирощування та розширення адаптивного потенціалу культури недопустиме, так як за змістом вони однаково реагують на фактори агроценозу.

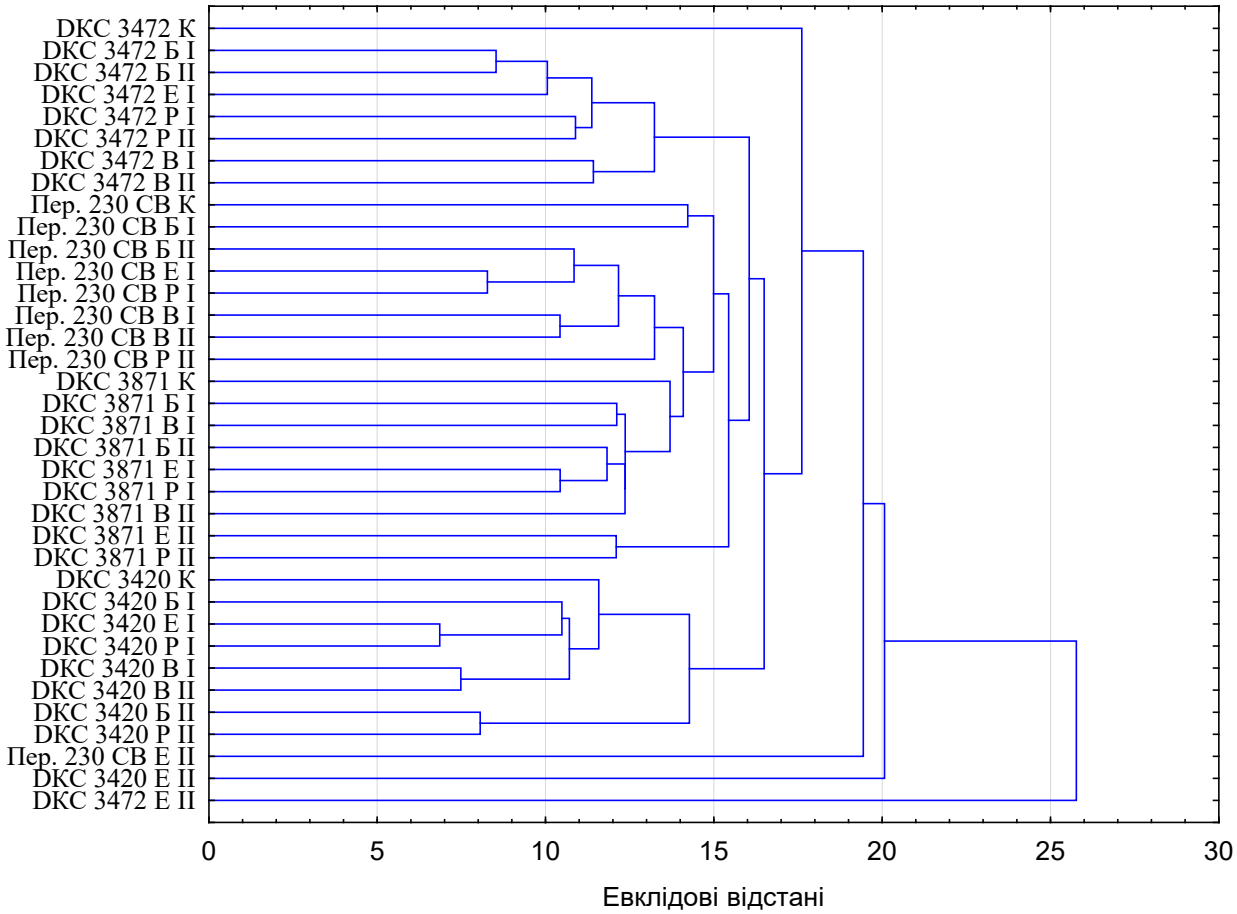


***Рис. 11.*** **Кластеризація середньоранніх гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення позакореневих підживлень та кількості їх застосування**, дані за 2014-2016 рр.

До третього кластера за аналогією із попередніми двома відносяться усі варіанти застосування позакореневого підживлення за різної кількості обробок на ділянках гібриду DKC 3420.

І лише гібриди Переяславський 230 СВ, DKC 3420 та DKC 3472 за двократної обробки Еколист Моно Цинк віддалені від усіх представлених кластерів.

Параметри відображення кластеризації середньостиглих гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення позакореневих підживлень та кількості їх застосування подано на рис. 12.

За аналогією із іншими групами стиглості досліджувані гібриди були кластеризовані за комплексом господарсько-цінних ознак відповідно на чотири групи кластерів.

До першої групи кластерів відносяться усі варіанти позакореневого підживлення гібриду DK 391, а до другого кластера DK 440. В третій кластер входить варіанти досліду за вирощування гібриду кукурудзи DKC 4964 а в четвертий – DK 315.

Поза визначеними групами кластерів розміщуються гібриди DK 440 та DK 315 за дворазового позакореневого підживлення Росток кукурудза та DK 440, DK 391, DK 315 та DKC 4964 за дворазового позакореневого

підживлення Еколист Моно Цинк. А отже, дані варіанти застосування позакореневого підживлення дозволяють знівелювати адаптаційні можливості рослин в межах одного гібриду по формуванню комплексу господарсько-цінних ознак.

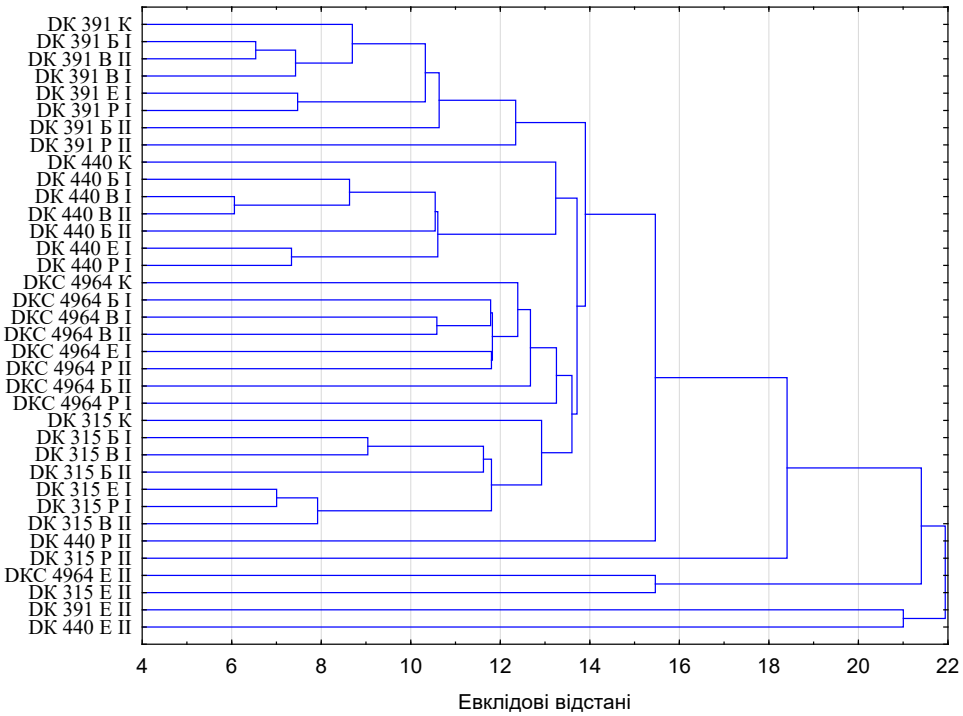


***Рис. 12.*** **Кластеризація середньостиглих гібридів кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак, за вивчення позакореневих підживлень та кількості їх застосування**, дані за 2014-2016 рр.

Через це, можна зробити висновок про те, що врахування залежності прояву господарсько-цінних ознак у гібридів кукурудзи дозволить ефективно підбирати гібриди кукурудзи із необхідними параметрами, в даному випадку для виробництва альтернативних видів енергії та створювати для їх вирощування адаптивні елементи технології.

### 2.5. Математична модель гібридів кукурудзи різних груп стиглості

Математична модель за своєю сутністю є однією з основних складових наукової методології дослідження природи загалом та процесів що відбуваються за вирощування сільськогосподарських рослин зокрема. В основі математичної моделі (лат. modulus – зразок) є побудова та використання різних зображень (уявлень, понять) об’єкта, процесу або системи в певній формі, що відрізняється від форми їх реального існування [236].

При розробленні та застосуванні математичних та імітаційних моделей для вивчення різноманітних природних систем і процесів, зокрема закономірностей розвитку живих систем та окремих організмів і популяцій, керуються загальними принципами і методами математичного моделювання і прогнозування [237].

Формування поняття «модель» та розроблення різних моделей завжди

відігравали істотну роль у практичній діяльності суспільства, особливо з тих часів, коли воно почало прагнути до розуміння процесів і явищ, що відбуваються в навколишньому природному середовищі [238].

Ефективними формами моделювання є математичне та імітаційне моделювання, які відображають найістотніші особливості реальних об'єктів, процесів, явищ і систем, що вивчаються різними науками, в т. ч. біологією та екологією [235, 237].

На сучасному етапі розвитку сільського господарства змінилися вимоги до сортів і гібридів у зв'язку з необхідністю переходу до адаптивного землеробства через глобальні зміни клімату. А тому необхідні якісні зміни в експериментальному та математичному забезпеченні технологій вирощування рослин взагалі та кукурудзи зокрема [239].

Системний підхід це розгляд мінливості з єдиної точки зору, а саме прояву різних форм мінливості в контексті функціональної цілісності макросистем і агробіоценозу. І.І. Шмальгаузен, вважав, що агробіоценоз є рівень функціональної організації біологічних і екологічних систем залучених у виробництво, на якому розгортаються всі механізми мінливості і дія природного добору, системний прояв яких необхідно враховувати вже в селекційному процесі. Проведене в останні роки в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН теоретичне обґрунтування адаптивної селекції базується на системному підході до вивчення і управління мінливістю ознак і властивостей макросистем в селекційному процесі [237, 239]. При цьому акцентується увага на мінливості, що проявляється в реальних умовах функціонування макросистем рослин [237-239].

В польових умовах за вирощування сільськогосподарських рослин на них впливають як абіотичні так біотичні фактори. Зокрема елементи технології ми можемо розробляти, вдосконалювати, адаптувати під вирощування певних гібридів кукурудзи у відповідних агрокліматичних умовах. А от що стосується факторів впливу навколишнього середовища, то впливати на перебіг цих процесів майже неможливо. Натомість, для забезпечення ефективного аналізу норми реакції рослин кукурудзи на вплив негативних факторів навколишнього середовища слід користуватись математичним моделюванням.

Передусім цікавим є застосування математичних моделей для визначення критичного впливу кліматичних умов на ріст та розвиток гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Визначення сили впливу при цьому вираховується на основі методу кореляційних плеяд [240], а за базову версію математичної моделі обрано еколого-генетичні їх версії представлені Літуном П.П. [239].

Графічне представлення моделі впливу погодних умов на тривалість міжфазних періодів ранньостиглих гібридів кукурудзи наведено на рисунку 13.

Вибір даної моделі грунтується на її чіткій ієрархічності та дозованості впливу погодних умов відповідно до фенологічних фаз розвитку культури. Адже зрозуміло, що сума ефективних температур за період яка передує

настанню в рослини кукурудзи певної фенологічної фази може коригувати та чинити доволі суттєвий вплив на її тривалість. Однак, кількість опадів або сума ефективних температур за період, що відповідає настанню наступних фаз росту й розвитку в кукурудзи аж ніяк не може визначати тривалість фенофаз, яка вже відбулися.

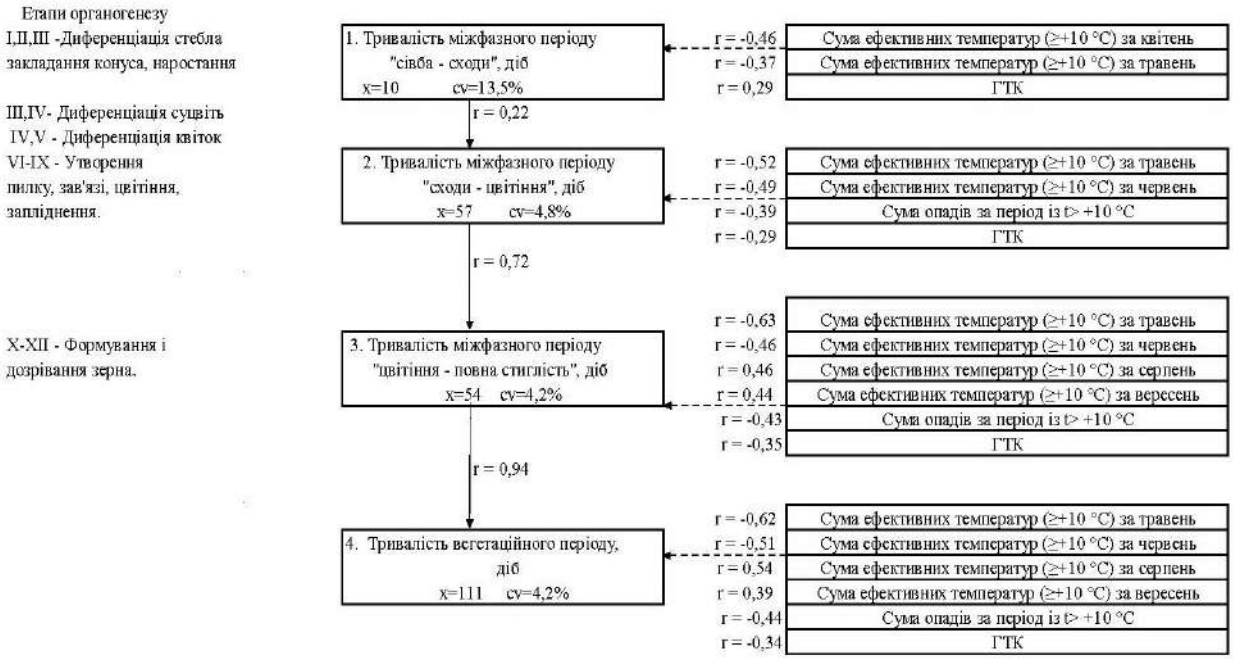


***Рис. 13.*** **Модель впливу кліматичних умов на тривалість міжфазних періодів ранньостиглих гібридів кукурудзи**, за даними досліду 1, 2 та 3

Як бачимо із даних аналізу найбільш впливовими факторами на тривалість фенофаз ранньостиглих гібридів кукурудзи є показники кліматичних умов за період що передував настанню певної фенофази та поточний проміжок часу. Що фактично відповідає дослідженням проведеним іншими вченими в цьому напрямку [239].

Аналізуючи тривалість міжфазного періоду «сівба - сходи» необхідно відзначити, що в середньому він становив 10 діб за середнього рівня варіювання ознаки. На тривалість періоду впливала сума активних температур та ГТК.

Найбільший вплив здійснювали на тривалість цього міжфазного періоду сума ефективних температур (≥+10 °С) за квітень та сума ефективних температур (≥+10 °С) за травень, коефіцієнт кореляції, в даному випадку, становив r = -0,46 та r = -0,37, відповідно. Фактично одержані закономірності свідчать про те що за підвищення суми ефективних температур в період «сівба - сходи» його тривалість в рослин скорочується.

Також на формування даної ознаки впливав і гідротермічний коефіцієнт (ГТК), а коефіцієнт кореляції становив r = 0,29. Фактично, збільшення гідротермічного коефіцієнту на весні напряму пов’язано з підвищенням кількості опадів а тому це позитивно впливало на швидкість

отримання сходів ранньостиглих гібридів кукурудзи.

Тривалість міжфазного періоду «сходи – цвітіння» в середньому по досліду становила 57 діб за слабкого рівня варіювання ознаки. Однак, не зважаючи на це, значний вплив на тривалість періоду чинили як сума ефективних температур так і сума опадів і ГТК.

Сума ефективних температур (≥+10 °С) за травень та сума ефективних температур (≥+10 °С) за червень мали традиційно великі коефіцієнти кореляції на рівні помірного та значного зв'язку – r = -0,52 та r = -0,49, відповідно. На даному етапі відмічається критичний період росту й розвитку рослин кукурудзи за вимогливістю до вологи. Через це сума опадів теж значно впливала на тривалість міжфазного періоду «сходи – цвітіння» та коефіцієнт кореляції був r = -0,39. За відсутності опадів рослини кукурудзи вповільняли свій ріст та розвиток, через це тривалість фази зростала. Аналогічно це й підтверджується істотністю впливу ГТК на рівні r = -0,29.

Тривалість міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість» в середньому в досліді становила 54 доби за слабкого рівня варіювання ознаки. Однак, не зважаючи на це, істотний вплив на тривалість періоду здійснювали як сума ефективних температур, сума опадів і ГТК.

Передусім хочеться відмітити опосередкований вплив суми ефективних температур (≥+10 °С) за травень та суми ефективних температур (≥+10 °С) за червень – r = -0,63 та r = -0,46, відповідно. По суті рослини отримали рівень теплового забезпечення на більш ранніх етапах росту й розвитку – до початку міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість», однак вклад цих факторів в подальший ріст та розвиток рослин досить вагомий.

Важливими чинниками для формування тривалості міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість» були суми ефективних температур (≥+10 °С) за серпень та суми ефективних температур (≥+10 °С) за вересень. Однак, на відміну від попереднього міжфазного періоду вони були позитивно корельовані та коефіцієнти кореляції були r = 0,46 та r = 0,44, відповідно. Фактично прямий зв'язок між досліджуваними ознаками означає те що при зростанні суми активних температур в ранньостиглих гібридів кукурудзи пришвидшується утворення та формування зерна і тривалість даного міжфазного періоду скорочується. На даному етапі також є критичний період росту й розвитку рослин кукурудзи за вимогою до вологи. Так, сума опадів теж суттєво впливала на тривалість міжфазного періоду та коефіцієнт кореляції був r = -0,43, а вплив ГТК був на рівні r = -0,35.

Загальна тривалість вегетаційного періоду ранньостиглих гібридів кукурудзи становила 111 діб за слабкого варіювання ознаки. На тривалість вегетації чинили вплив сума ефективних температур, сума опадів та ГТК.

Сума ефективних температур (≥+10 °С) за травень та сума ефективних температур (≥+10 °С) за червень мали коефіцієнти кореляції на рівні r = -0,62 та r = -0,51, відповідно. А от сума ефективних температур (≥+10 °С) за серпень та сума ефективних температур (≥+10 °С) за вересень – r = 0,59 та r = 0,39, відповідно. Також сума опадів значно впливала на тривалість вегетації та коефіцієнт кореляції становив r = -0,44, а вплив ГТК був на рівні r = -0,34.

Графічне зображення моделі впливу погодних умов на тривалість міжфазних періодів середньоранніх гібридів кукурудзи наведено на рисунку 14.

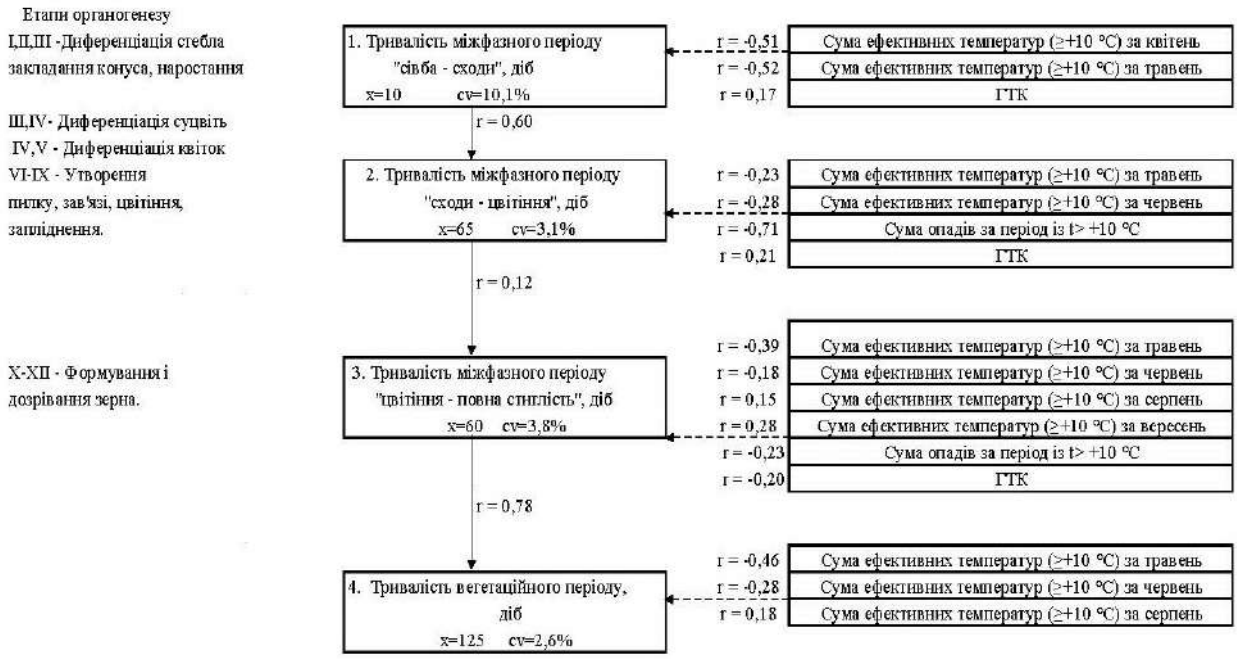


***Рис. 14.*** **Модель впливу погодних умов на тривалість міжфазних періодів середньоранніх гібридів кукурудзи**, за даними досліду 1, 2 та 3

Тривалість міжфазного періоду «сівба – сходи» у середньоранніх гібридів кукурудзи в середньому по досліду складала 10 діб за середнього рівня варіювання ознаки. Суттєвий вплив на формування тривалості даного періоду здійснюють сума ефективних температур та ГТК.

За аналогією як і до гібридів ранньостиглої групи, так і для досліджуваних середньоранніх гібридів кукурудзи важливий вплив на тривалість першого міжфазного періоду чинять сума ефективних температур (≥+10 °С) за квітень та сума ефективних температур (≥+10 °С) за травень, коефіцієнт кореляції становив r = -0,51 та r = -0,52, відповідно. А от ГТК впливав на тривалість даного періоду слабко, коефіцієнт кореляції становив r = 0,17.

Тривалість наступного міжфазного періоду «сходи – цвітіння» у середньоранніх гібридів кукурудзи в середньому за дослідом становить 65 діб за слабкого рівня варіювання ознаки. Суттєвий вплив на формування тривалості цього періоду здійснюють сума ефективних температур, сума опадів та ГТК.

Встановлено, що на тривалість періоду сума ефективних температур (≥+10 °С) за травень та сума ефективних температур (≥+10 °С) за червень мали вплив на рівні коефіцієнтів кореляції r = -0,23 та r = -0,28, відповідно. Сума опадів впливала на рівні сильного зв’язку r = -0,71, а ГТК – r = 0,21.

Тривалість міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість» для

середньоранніх гібридів кукурудзи загалом по досліду становила 60 діб, а досліджувана ознака варіювала неістотно. На формування ознаки здійснювали вплив сума ефективних температур, сума опадів та ГТК.

За аналогією із ранньостиглими гібридами кукурудзи для середньоранніх теж притаманний опосередкований вплив суми ефективних температур (≥+10 °С) за травень та суми ефективних температур (≥+10 °С) за червень – r = -0,39 та r = -0,18, відповідно на тривалість міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість». Також впливають сума ефективних температур (≥+10 °С) за серпень та сума ефективних температур (≥+10 °С) за вересень – r = 0,15 та r = 0,28.

Окрім того на тривалість періоду «сходи – цвітіння» у середньоранніх гібридів кукурудзи впливає сума опадів r = -0,23, та гідротермічний коефіцієнт (ГТК) r = -0,20.

Загальна тривалість вегетаційного періоду середньоранніх гібридів кукурудзи складала 125 діб за слабкого варіювання ознаки. На тривалість вегетації загалом здійснювали вплив суми ефективних температур.

Сума ефективних температур (≥+10 °С) за травень та сума ефективних температур (≥+10 °С) за червень мали коефіцієнти кореляції на рівні r = -0,46 та r = -0,28 відповідно, а сума ефективних температур (≥+10 °С) за серпень – r = 0,18.

Отже, на ріст та розвиток середньоранніх гібридів кукурудзи здійснюють вплив усі фактори навколишнього середовища, однак найбільш вагомий вплив відбувається за рахунок суми ефективних температур.

Модель впливу погодних умов на тривалість міжфазних періодів ранньостиглих гібридів кукурудзи в графічному представленні наведена на рисунку 15.

Тривалість міжфазного періоду «сівба – сходи» у середньостиглих гібридів кукурудзи в середньому за дослідом складає 10 діб за середнього рівня варіювання ознаки. Суттєвий вплив на формування тривалості її чинять сума опадів та гідротермічний коефіцієнт (ГТК).

Досліджено, що на відміну від ранньостиглих та середньоранніх гібридів на тривалість даного міжфазного періоду в середньостиглих гібридів суттєвий вплив здійснювали сума опадів – r = 0,44 та ГТК – r = 0,55. Тривалість міжфазного періоду «сходи – цвітіння» у середньостиглих гібридів кукурудзи, в середньому за дослідом, становить 68 діб за слабкого рівня варіювання ознаки. Суттєвий вплив на формування тривалості даного періоду здійснюють сума ефективних температур, сума опадів та ГТК.

Визначено, що на тривалість періоду впливає сума ефективних температур (≥+10 °С) за червень на рівні коефіцієнту кореляції r = -0,25 та сума опадів на рівні r = 0,24, а ГТК – r = 0,33.

Досліджено, що тривалість міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість» середньостиглих гібридів кукурудзи загалом по досліду становила 63 доби, а досліджувана ознака варіювала незначно. На формування ознаки чинили вплив сума ефективних температур, сума опадів та ГТК.

Тривалість міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість»

визначається адитивним впливом сум ефективних температур повітря. Так, характерний опосередкований вплив суми ефективних температур (≥+10 °С) за травень та суми ефективних температур (≥+10 °С) за червень – r = -0,59 та r = -0,33 відповідно, а також впливають сума ефективних температур (≥+10 °С) за серпень та сума ефективних температур (≥+10 °С) за вересень – r = 0,44 та r = 0,42.

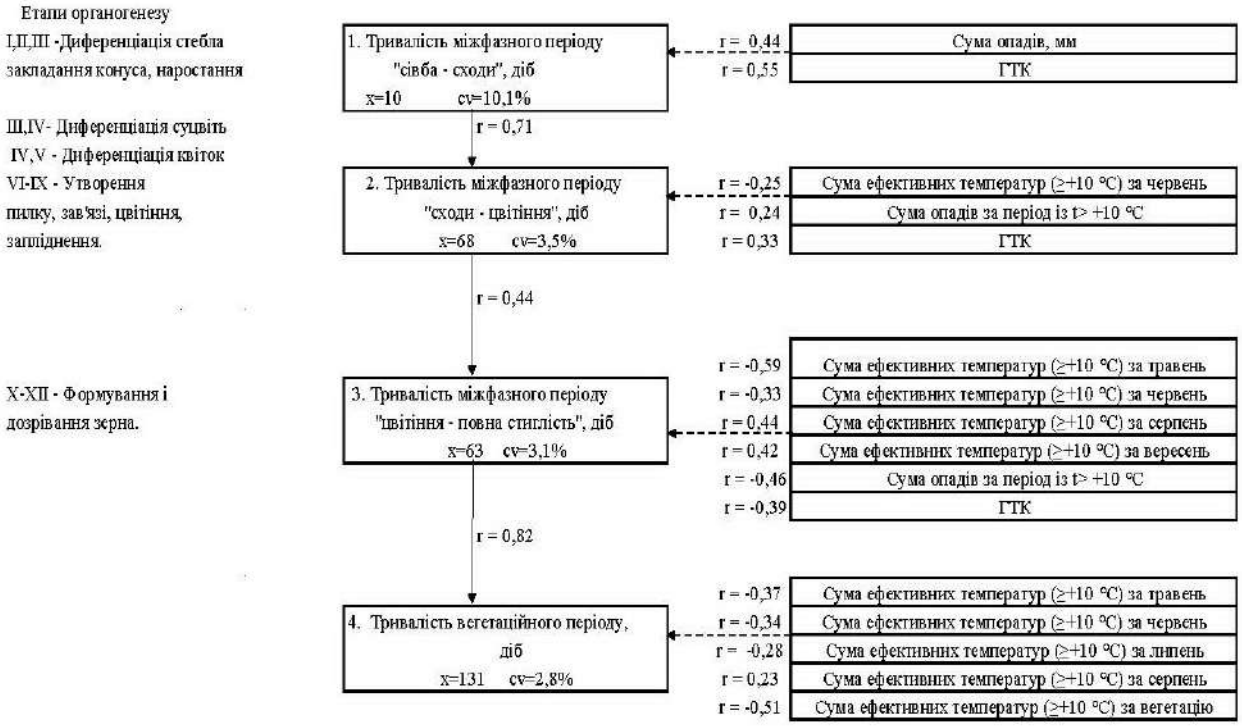


***Рис. 15.*** **Модель впливу погодних умов на тривалість міжфазних періодів середньостиглих гібридів кукурудзи**, за даними досліду 1, 2 та 3

Окрім того, можна вважати, що на тривалість досліджуваного періоду у середньостиглих гібридів кукурудзи впливає сума опадів r = -0,46, та гідротермічний коефіцієнт r = -0,39.

Нами встановлено, що загальна тривалість вегетаційного періоду середньостиглих гібридів кукурудзи складає 131 добу за слабкого варіювання ознаки. На тривалість вегетації загалом здійснювали вплив суми ефективних температур вегетаційного періоду кукурудзи.

Встановлено, що на ріст та розвиток ранньостиглих гібридів кукурудзи чинять усі фактори навколишнього середовища, однак найбільш вагомий вплив відбувається за рахунок суми ефективних температур. Так, сума ефективних температур (≥+10 °С) за травень червень та липень мали коефіцієнти кореляції на рівні r = -0,37, r = -0,34 та r = -0,28, відповідно, а сума ефективних температур (≥+10 °С) за серпень – r = 0,18. Також можна відзначити вплив і загальної сума ефективних температур (≥+10 °С) за вегетацію на рівні коефіцієнту кореляції r = -0,51.

Для дослідження фенотипової продуктивності гібридів кукурудзи та встановлення впливу на формування їх ознак застосовували еколого-

генетичну модель кількісних ознак.

В основу побудови моделі покладено ієрархічність прояву ознак продуктивності в онтогенезі та відповідність їх прояву в органогенезі. Оскільки етапи реалізації в фенотипі кількісної ознаки відображають і етапи ускладнення генетичної системи, то взаємозв'язок між компонентами моделі можна вважати як показник динамічної впорядкованості взаємодії між елементами генетичної системи [239].

Модель включає три модулі ознак – результуючої і двох компонентних, які відображають фенотипову реалізацію генетичної формули. За допомогою модулів можливо дати кількісну оцінку специфічної генної організації ознаки конкретного генотипу [237, 239]. За результуючі ознаки беруться ті, які мають між собою екологічно стабільні зв'язки та найвищий сумарний вклад в кінцеву результуючу ознаку – урожайність.

Важливим параметром впливу на досліджувані ознаки є не тільки їх взаємодія між собою, а й погодні умови, що власне й можуть обмежувати або ж навпаки сприяти прояву конкретних ознак в гібридів кукурудзи. Тому між погодними умовами, які відповідають конкретним періодам росту й розвитку рослин та ознаками фенотипової продуктивності визначали тісноту зв'язку.

Параметри моделі впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності ранньостиглих гібридів кукурудзи наведено на рисунку 16.

Встановлено, що середня висота ранньостиглих гібридів кукурудзи в досліді була 250 см а сума ефективних температур та ГТК чинили вплив на слабкому рівні на формування даної ознаки. Однак, досліджуваний показник значно впливав на загальну площу листків (r = 0,62) та висоту прикріплення качана (r = 0,68).

Висота прикріплення качана в свою чергу залежала не тільки від загальної висоти рослин, а й від площі листкового апарату (r = 0,43) та площі верхнього листка (r = 0,69). На висоту прикріплення качана впливала кількість опадів (r = -0,50), сума ефективних температур повітря (r = -0,57) та гідротермічний коефіцієнт (ГТК) (r = -0,46).

Загальна площа листків в ранньостиглих гібридів кукурудзи формувалась в середньому по досліду на рівні 27,7 тис. $м^2$/га та попри встановлені закономірності зв'язку з загальною висотою рослин визначала формування площі верхнього листка (r = 0,44) та незначно впливала на формування кількості рядів зерен в качані кукурудзи (r = 0,13). Найбільш ефективно на формування площі листкової поверхні чинили вплив сума ефективних температур повітря (r = 0,36).

Площа верхнього листка досліджуваних ранньостиглих гібридів кукурудзи впливала на кількість зерен (r = 0,42) в ряді та формувалась під впливом суми ефективних температур (r = -0,63), кількості опадів (r = -0,55) та гідротермічний коефіцієнт (ГТК) (r = -0,45).

Кількість рядів зерен у ранньостиглих гібридів кукурудзи генетично детермінованим показником (14 шт.), який доволі незначно змінюється (коефіцієнт варіації 7,1 %) під впливом умов вирощування. А тому в наших дослідженнях не встановлено достовірного впливу умов вирощування на дану

ознаку.

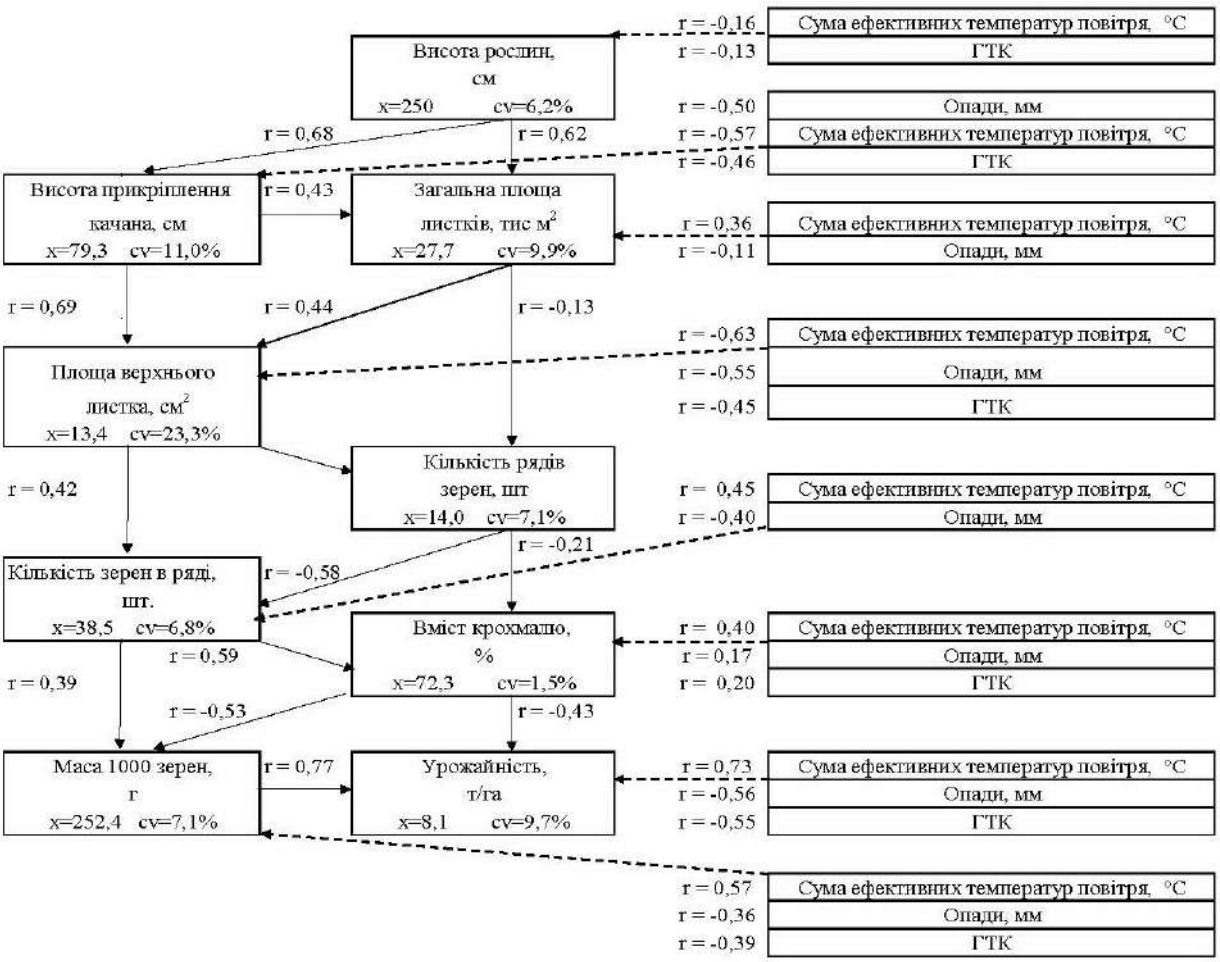


***Рис. 16.*** **Модель впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності ранньостиглих гібридів кукурудзи**,
за даними досліду 1, 2 та 3

В той же час досліджено, що ознака кількості зерен в ряді (38,5 шт.) залежала від впливу суми ефективних температур повітря (r = 0,45) та кількості опадів (r = -0,40). Також на формування даного показника впливали кількість рядів зерен (r = -0,58) та дана ознака визначала і загальний вміст крохмалю в зернах кукурудзи (r = 0,59).

Вміст крохмалю в зерні кукурудзи формується не тільки під впливом біологічних особливостей досліджуваних ранньостиглих гібридів а й визначається умовами вирощування, а саме – сумою ефективних температур (r = 0,40), кількістю опадів (r = 0,17) та ГТК (r = 0,20). Вміст крохмалю від'ємно корелює з урожайністю (r = -0,43), що відповідає загальнобіологічним уявленням щодо затратності формування високого вмісту крохмалю та рівня продуктивності в кукурудзи. Одночасно із тим такий показник, як маса 1000 насінин від'ємно корельований з вмістом крохмалю в насінні (r = -0,53) та позитивно з урожайністю кукурудзи (r = 0,77). Також на цю ознаку впливають сума ефективних температур (r = 0,57), кількість опадів (r = -0,36) та ГТК (r = -0,39).

Ранньостиглі гібриди кукурудзи в середньому за роки досліджень формують урожайність на рівні 8,1 т/га та на цю ознаку значний вплив мають такі фактори як сума ефективних температур (r = 0,73), кількість опадів (r = -0,56) та ГТК (r = -0,55).

Графічні параметри впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності середньоранніх гібридів кукурудзи наведено на рисунку 17.

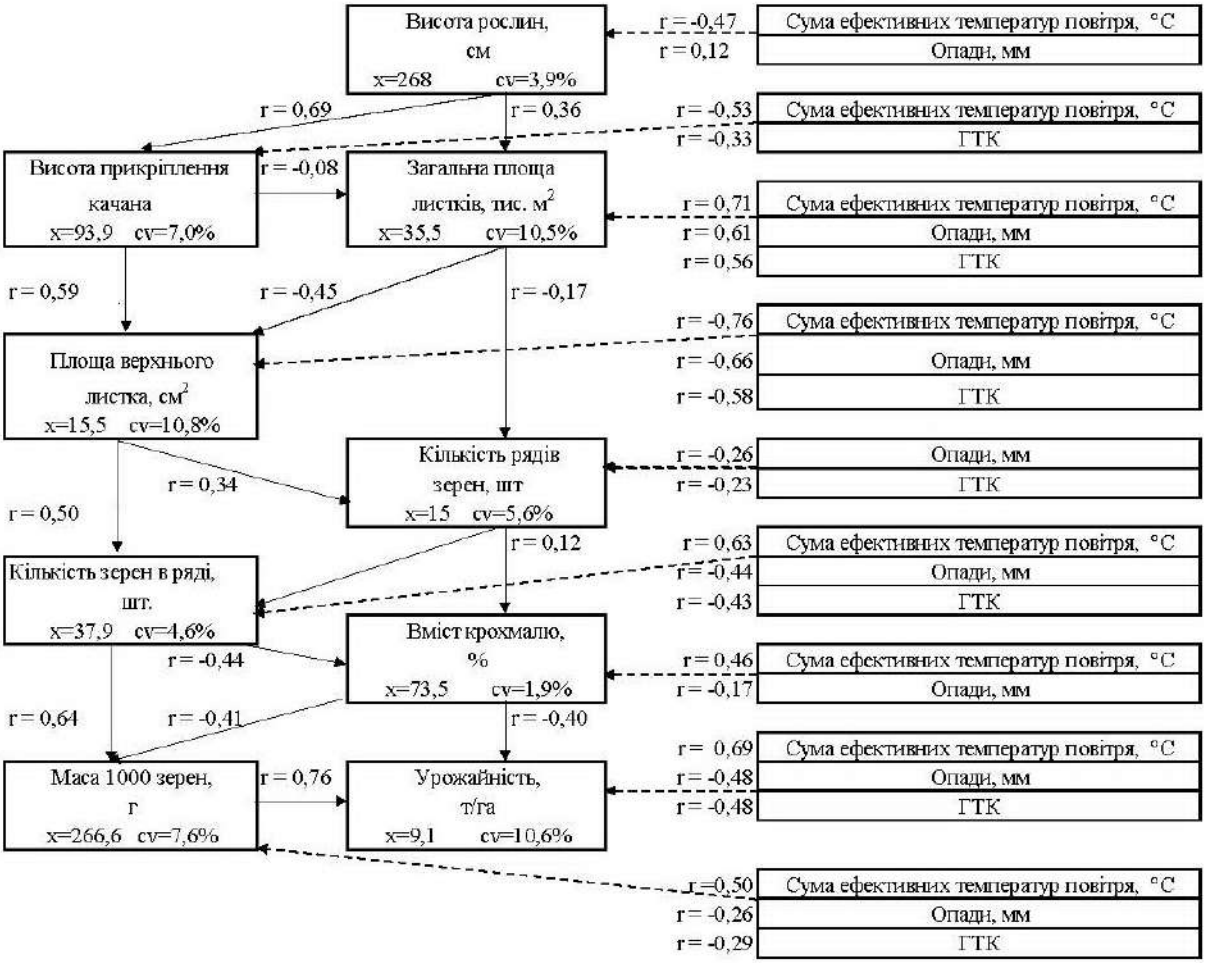


***Рис. 17.*** **Модель впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності середньоранніх гібридів кукурудзи**,
за даними досліду 1, 2 та 3

За результатами проведених досліджень визначено що середня висота середньоранніх гібридів кукурудзи в досліді становила 268 см, а на формування цієї ознаки здійснювали вплив сума ефективних температур (r = -0,47) та кількість опадів (r = 0,12). Також, досліджувана ознака помірно корельована з загальною площею листків (r = 0,36) та значно з висотою прикріплення качана (r = 0,69).

Висота прикріплення качана (93,9 см) у свою чергу залежала не тільки від загальної висоти рослин а й від площі верхнього листка (r = 0,59). На висоту прикріплення качана впливала сума ефективних температур повітря (r = -0,53) та ГТК (r = -0,33).

Встановлено, що площа листків в середньоранніх гібридів кукурудзи в середньому за дослідом була 35,5 тис. м$^2$/га та окрім закономірностей зв'язку з загальною висотою рослин залежала від обсягів сформованої площі верхнього листка (r = -0,45) та в свою чергу слабко впливала на формування кількості рядів зерен в качані кукурудзи (r = -0,17). А от серед кліматичних факторів найбільш ефективно на формування площі листкової поверхні здійснювали вплив сума ефективних температур повітря (r = 0,71), кількість опадів (r = 0,61) та ГТК (r = 0,56).

Площа верхнього листка в середньоранніх гібридів кукурудзи формувалась під впливом суми ефективних температур (r = -0,76), кількості опадів (r = -0,66) та ГТК (r = -0,58). Також дана ознака, в свою чергу, впливала на формування кількості рядів зерен (r = 0,34) та кількості зерен в ряді (r = 0,50).

Кількість рядів зерен за аналогією із ранньостиглими гібридами у середньоранніх гібридів кукурудзи теж генетично обумовлений показник (15 шт.), що доволі незначно змінюється (коефіцієнт варіації 5,6 %) під впливом умов вирощування. Через це в наших дослідженнях лише кількість опадів (r = -0,26) та ГТК (r = -0,23) проявляли слабкий вплив на дану ознаку.

Однак, встановлено, що ознака кількості зерен в ряді (37,9 шт.) в значно більшій мірі залежала від впливу суми ефективних температур повітря (r = 0,63), кількості опадів (r = -0,44) та ГТК (r = -0,43). Також цей показник взаємодіяв з масою 1000 зерен та значному рівні тісноти зв'язку (r = 0,64) та з вмістом крохмалю за помірної тісноти зв'язку (r = -0,44).

За аналогією з ранньостиглою групою гібридів для середньоранньої теж визначено, що вміст крохмалю в зерні кукурудзи формується не тільки під впливом біологічних особливостей досліджуваних ранньостиглих гібридів а й визначається умовами вирощування, а саме – сумою ефективних температур (r = 0,46) та кількістю опадів (r = -0,17). Також ця ознака від'ємно корелює з урожайністю (r = -0,40) та масою 1000 зерен (r = -0,41). А отже, отримані закономірності повністю відповідають загальнобіологічним уявленням щодо енергетичної складності формування одночасно високого вмісту крохмалю та рівня продуктивності в рослин кукурудзи.

Відповідно до отриманих даних показник маси 1000 насінин від'ємно корельований з вмістом крохмалю в насінні (r = -0,41) та позитивно з урожайністю кукурудзи (r = 0,76), що додатково підтверджує наведені нами вище закономірності. Також на формування досліджуваної ознаки впливають сума ефективних температур (r = 0,50), кількість опадів (r = -0,26) та ГТК (r = -0,29).

За результатами проведеного моделювання середньоранніх гібридів кукурудзи, встановлено, що вони в середньому за роки досліджень формують урожайність на рівні 9,1 т/га та на цю ознаку значний вплив здійснюють такі фактори як сума ефективних температур (r = 0,69), кількість опадів (r = -0,48) та ГТК (r = -0,48).

Якщо аналізувати відмінності між групами ранньостиглих та середньоранніх гібридів кукурудзи то можна сказати що загалом на їх ріст та

розвиток чинять вплив в співвідносній мірі сума ефективних температур, кількість опадів та ГТК. Фактично досліджувані групи стиглості відрізняються несутєво і основні відмінності спостерігаються лише в варіабельності досліджуваних ознак або тісноті їх зв'язку одна з одною.

Графічне зображення параметрів моделі впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності середньостиглих гібридів кукурудзи подано на рисунку 18.

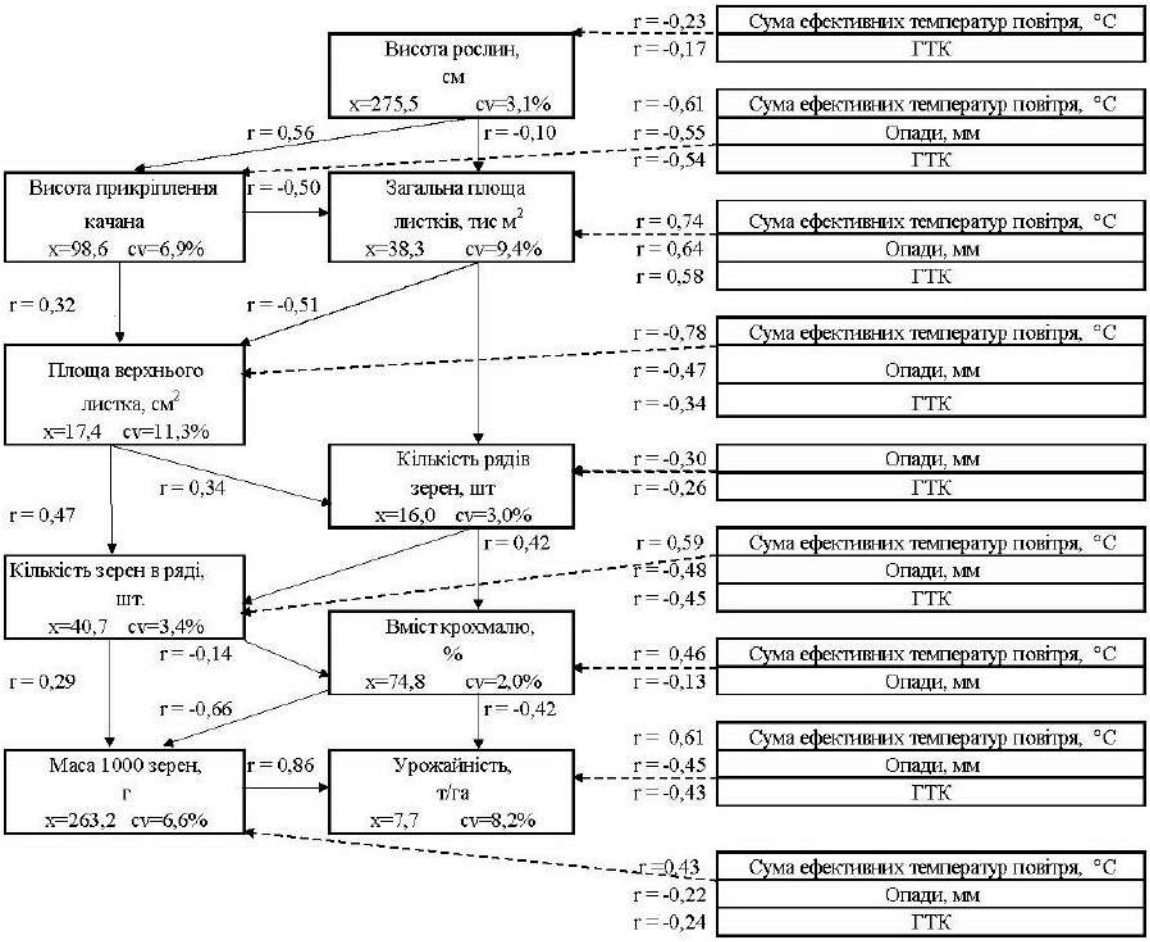


***Рис. 18.*** **Модель впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності середньостиглих гібридів кукурудзи**,
за даними досліду 1, 2 та 3

В досліді середня висота середньостиглих гібридів кукурудзи була 275,5 см, що відповідало максимальним параметрам порівняно з іншими групами стиглості. А от на рівень формування даної ознаки здійснювали вплив сума ефективних температур (r = -0,23) та ГТК (r = -0,17). Крім того, досліджуваний показник неістотно взаємодіяв з ознакою загальної площі листків (r = -0,10) та істотно впливав на висоту прикріплення качана (r = 0,56).

Дослідження висоти прикріплення качана показали, що в свою чергу дана ознака залежала не тільки від загальної висоти рослин, а й від площі листкового апарату (r = -0,50) та площі верхнього листка (r = 0,32). На висоту прикріплення качана впливала кількість опадів (r = -0,55), сума ефективних

температур повітря (r = -0,61) та ГТК (r = -0,54).

Досліджено, що загальна площа листкового апарату в середньостиглих гібридів кукурудзи в середньому за дослідом була на рівні 38,3 тис. $м^2$/га та мала істотний рівень взаємозв'язку з площею верхнього листка (r = -0,51). Найбільш ефективно на формування площі листкової поверхні здійснювали вплив сума ефективних температур повітря (r = 0,74), кількість опадів (r = 0,64) та ГТК (r = 0,58).

Площа верхнього листка середньостиглих гібридів кукурудзи впливала на формування кількості зерен в ряді (r = 0,47) та кількості рядів зерен (r = 0,34). Дана ознака формувалась під впливом суми ефективних температур (r = -0,78), кількості опадів (r = -0,47) та ГТК (r = -0,34).

Кількість рядів зерен середньостиглих гібридів кукурудзи не зважаючи на його генетичну обумовленість (16 шт.) та доволі незначну варіабельність (коефіцієнт варіації 3,0 %) все ж більше залежала від впливу умов вирощування а ніж у інших груп стиглостей кукурудзи. Так, на дану ознаку впливали сума опадів (r = -0,30) та ГТК (r = -0,26).

Ознака кількості зерен в ряді (40,7 шт.) впливала на формування маси 1000 насінин (r = 0,29) та незначно на вміст крохмалю (r = -0,14) і в свою чергу залежала від впливу суми ефективних температур повітря (r = 0,59), кількості опадів (r = -0,48) та ГТК (r = -0,45).

Вміст крохмалю досліджуваних середньостиглих гібридів кукурудзи залежить від впливу умов вирощування, а саме – суми ефективних температур (r = 0,46) та кількості опадів (r = -0,13). Вміст крохмалю від'ємно корелює з урожайністю (r = -0,42) та масою 1000 зерен кукурудзи (r = -0,66).

Маса 1000 насінин позитивно корелює з урожайністю середньостиглих гібридів кукурудзи (r = 0,86). Також на досліджувану ознаку впливають такі параметри, як сума ефективних температур (r = 0,43), кількість опадів (r = -0,22) та ГТК (r = -0,24).

Середньостиглі гібриди кукурудзи в середньому за роки досліджень формують урожайність на рівні 7,7 т/га та на цю ознаку впливають такі фактори як сума ефективних температур (r = 0,43), кількість опадів (r = -0,22) та ГТК (r = -0,24).

# ГЛАВА 3
# ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ТА ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ

## 3.1. Економічна оцінка умов вегетації та факторів технології вирощування кукурудзи на зерно

Для впровадження результатів досліджень необхідно мати інформацію про попередню їх економічну оцінку та визначити економічну ефективність. Дотримання або удосконалення елементів сортової агротехніки, які дають можливість більш повно використовувати особливості гібрида, забезпечує приріст урожайності, покращує якість зерна за мінімальних додаткових витрат.

Розрахунок економічної ефективності результатів досліджень здійснювали на підставі фактичних даних технологічної карти та аналітичних розрахунків, які велися впродовж року, де відображено обсяг витрат, результати виробництва та реалізації продукції. Для проведення розрахунку економічної ефективності вартість продукції встановлювали за фактичною реалізаційною ціною (4300 грн/т), що склалась в середньому за останній рік (2018 рік).

Оцінка економічної ефективності здійснена на основі визначення рентабельності. У групі ранньостиглих гібридів рівень рентабельності склав 67,2%, середньоранніх – 85,8% та середньостиглих – 108,4%. Тобто спостерігалося зростання рівня рентабельності залежно від груп стиглості гібридів – найменшим він був в ранньостиглих гібридів, а найбільшим – в середньостиглих. У межах гібридів також була різниця величини рівня рентабельності, який варіював навіть в одній групі стиглості. Так, у групі ранньостиглих гібридів рівень рентабельності всіх гібридів був меншим, ніж на контролі DKC 2971 (st), який становив 75,2%, водночас, як по гібридах він був: Харківський 195 МВ – 65,3%, DKC 2870 – 64,6%, DKC 2960 – 74,1%, DKC 2949 – 53,5%, DKC 2787 – 70,7%, в групі середньоранніх гібридів рівень рентабельності гібридів, DKC 3472 – 100,8%, DKC 3420 – 85,0% був значно вищим, ніж на контролі, DKC 3871 (st) – 83,5%, а гібридів DKC 3476 – 83,5%, DKC 3795 – 81,7%, Переяславський 230СВ – 80,2%, наближеним до контролю, а в групі середньостиглих гібридів лише один гібрид (DKC 4964 – 113,9%), перевищував стандарт за цим показником, інші гібриди мали рівень рентабельності менший або на рівні стандарту.

Ранній термін сівби забезпечив рівень рентабельності 106,1%, а середній – 88,2%, а пізній – 67,0%. Тобто застосування раннього терміну сівби підвищує ефективність технології вирощування кукурудзи на 39,1% порівняно із пізнім.

Застосування позакореневих підживлень кукурудзи є основою подальшого підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва, оскільки в результаті впровадження прогресивної технології та вдосконалення організації праці за порівняно невисоких ресурсів можлна отримати більшу кількість продукції з меншими затратами на її одиницю.

Урожайність в середньому за три роки склала Харківський 195 МВ –

9,94 т/га, DKC 2960 – 10,68 т/га, DKC 2949 – 9,08 т/га та DKC 2971 – 9,86 т/га (рис. 19).

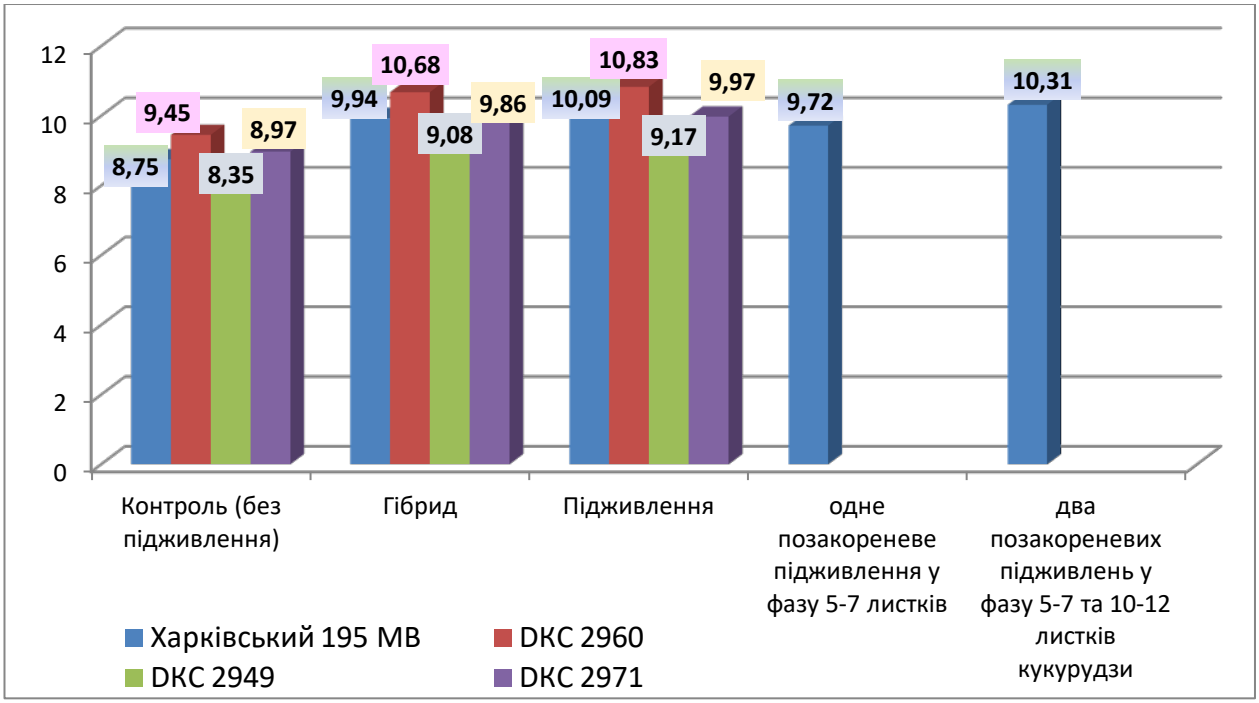


***Рис. 19.*** **Урожайність ранньостиглих гібридів кукурудзи**, т/га (середнє за 2011-2013 рр.)

Проведення позакореневих підживлень сприяло зростанню врожайності на 0,82-1,38 т/га та збільшенню умовно чистого прибутку на 770-9975 грн./га та рівня рентабельності на 2,9-37,4%. Одноразове позакореневе підживлення забезпечило підвищення врожайності зерна на 0,84 т/га, а дворазове – 1,43 т/га, порівняно із контролем.

Збільшення урожайності зерна забезпечило зростанню вартості продукції, яка по гібридах в середньому за три роки становила Харківський 195 МВ – 42732,44 грн/га, DKC 2960 – 45904,89 грн/га, DKC 2949 – 39024,89 грн/га, DKC 2971 – 42407,56 грн/га.

За застосування підживлення вартість продукції зросла і складала Харківський 195 МВ – 43370,88 грн/га, DKC 2960 – 46563,63 грн/га, DKC 2949 – 39414,88 грн/га, DKC 2971 – 42887,13 грн/га. Водночас, як в контролі, в середньому за три роки, вона складала – Харківський 195 МВ – 37625 грн/га, DKC 2960 – 40635 грн/га, DKC 2949 – 35905 грн/га, DKC 2971 – 38571 грн/га. Одноразове позакореневе підживлення, в середньому за три роки в досліджуваних гібридів забезпечило вартість продукції на рівні 41774,50 грн/га, а дворазове – 44343,75 грн/га.

У групі ранньостиглих гібридів рівень рентабельності в середньому за три роки варіював від 68,9% (DKC 2949) до 118,1% (DKC 2960). Застосування позакореневих підживлень сприяло зростанню рівня рентабельності на 12,8-21,5% порівняно з контролем. Одноразове позакореневе підживлення, в середньому за три роки, забезпечило рівень рентабельності в межах 90,3%, дворазове 99,0%, контроль – 77,5% (див. рис. 20).

У групі середньоранніх гібридів кукурудзи спостерігали аналогічну тенденцію залежності урожайності та біологічних особливостей гібриду. У середньому за три роки, урожайність гібридів кукурудзи цієї групи стиглості варіювала від 10,7 т/га (ДКС 3871) до 12,2 т/га (ДКС 3472). Проведення позакореневих підживлень, як і в групі із ранньостиглих гібридів, забезпечувало зростання урожайності, яка становила в гібрида ДКС 3871 – 10,9 т/га (збільшення на 0,2 т/га) та ДКС 3472 – 12,3 т/га (збільшення на 0,1 т/га). Одноразове позакореневе підживлення сприяє зростанню врожайності на 1,01 т/га, а дворазове на 1,77 т/га, порівняно з контролем.

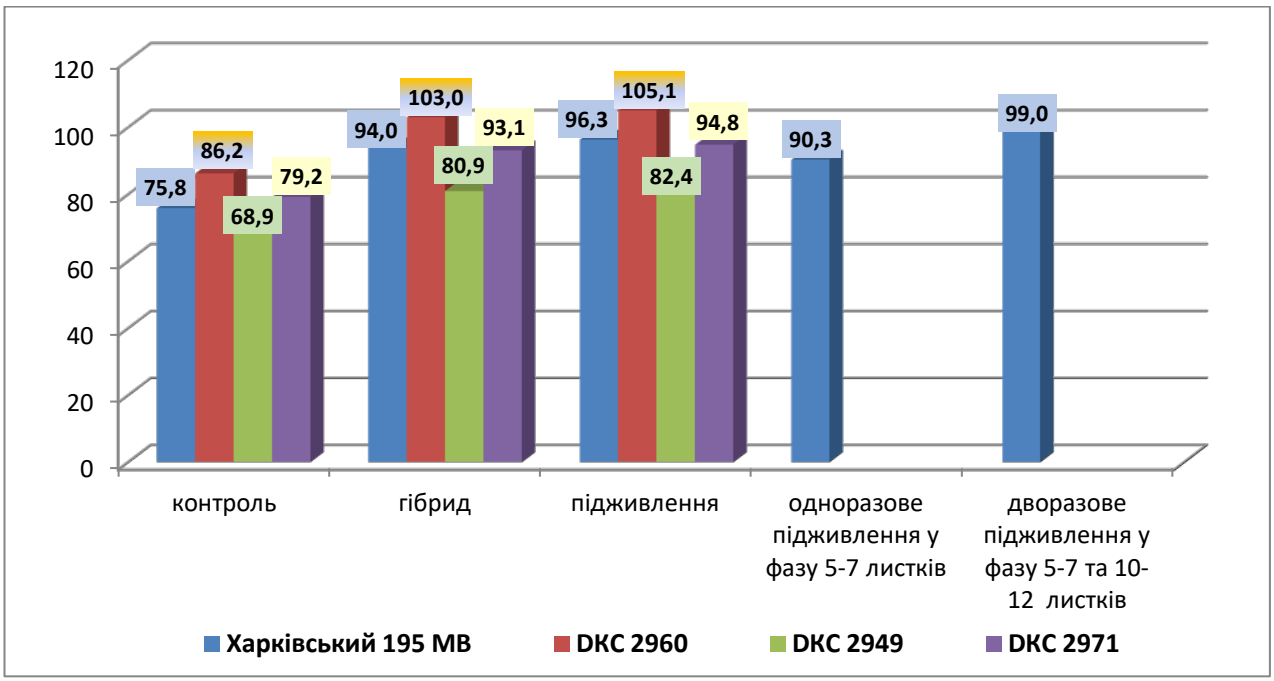


***Рис. 20.*** **Рівень рентабельності вирощування ранньостиглих гібридів кукурудзи**, % (середнє за 2011-2013 рр.)

Рівень рентабельності, в середньому за три роки, становив у гібридів: ДКС 3472 – 123,4%, ДКС 3420 – 111,3%, Переяславський 230СВ – 104,2% та ДКС 3871 – 103,7%.

Застосування підживлень сприяло зростанню рівня рентабельності у гібридів кукурудзи: ДКС 3472 – 131,4%, ДКС 3420 – 117,8%, Переяславський 230СВ – 111,5% та ДКС 3871 – 110,7%, порівняно з контролем – 104,9%; 100,2%, 92,0% та 79,8%. Застосування одного позакореневого підживлення забезпечує зростання рівня рентабельності на 13,4%, а дворазового – на 23,6%, відносно контролю (підживлення водою).

В групі середньостиглих гібридів кукурудзи також встановлено залежність продуктивності, біологічних особливостей гібридів та проведення позакореневих підживлень. Урожайність середньостиглих гібридів кукурудзи, в середньому за три роки, склала ДК 391 – 12,2 т/га, ДК 440 – 12,3 т/га, ДКС 4964 та ДК 315 – 12,9 т/га. Проведення позакореневих підживлень забезпечувало зростання урожайності зерна середньостиглих гібридів на 0,9-1,3 т/га, в порівнянні з контрольним варіантом. Одноразове позакореневе сприяє зростанню врожайності

на 0,66 т/га, дворазове на 1,33 т/га.

Рівень рентабельності, в середньому за три роки, у гібридів середньостиглої групи становив: ДК 391 – 123,8%, ДК 440 – 125,4%, ДКС 4964 – 134,1% та ДК 315 – 133,4%. Проведення позакореневих підживлень забезпечує зростання рентабельності на 8,1-21,9%, відносно контролю. Одноразове позакореневе підживлення забезпечує зростання рівня рентабельності на 10,3%, а дворазове – 19,6%.

Дослідження економічної ефективності вирощування кукурудзи залежно від фракції насіння та глибини його загортання показало, що рівень рентабельності варіював у гібридів: ДКС 2960 – 90,6 %, ДКС 2971 – 86,6 %, ДКС 3472 – 117,7 %, ДКС 3795 – 105,8 %, ДК 315 – 130,8 % та ДКС 4082 – 131,9%. Використання дрібної фракції насіння забезпечило рівень рентабельності в межах 97,3%, середньої – 116,5% та великої – 117,9%. Також потрібно відмітити, що загортання насіння на 4-5 см мало рівень рентабельності – 111,0%, на глибину 7-8 см – 111,9% та на глибину 10-11 см – 108,8%.

## 3.2. Економічна оцінка вирощування гібридів кукурудзи для отримання біоетанолу

В. Рибка, Н. Ляшенко, М. Дудка [241] в своїх дослідженнях відмічають, що за урожайності зерна 3,98-6,39 т/га рівень рентабельності зернової кукурудзи становить 53,0-147,0%.

Відомо, що переробка зерна кукурудзи на біоетанол вимагає додаткових затрат на переробку, але потрібно враховувати і вартість спирту та побічних продуктів (барда, виділений біогаз під час зброджування).

В процесі виробництва біоетанолу ми використовували зерно із стандартною вологістю 14%, тому в загальній сумі затрат враховувались витрати на доведення до даного рівня вологості (табл. 34 та 35).

**34. Економічна оцінка вирощування гібридів кукурудзи на біоетанол залежно від позакореневих підживлень** (середнє за 2011-2013 рр.)

| Гібрид (А) | Позакореневе підживлення (В) | Кількість обробок (С) | Вихід біоетанолу, л /га | Вартість продукції, грн/га | Умовно чистий прибуток, грн/га | Рівень рентабельності, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Харківський 195МВ | Контроль (підживлення водою) | - | 3451 | 62463,1 | 31069,1 | 99,0 |
| | Біомаг | I* | 3857 | 69805,7 | 37619,7 | 116,9 |
| | | II* | 4007 | 72532,7 | 40192,7 | 124,3 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 3989 | 72206,9 | 39888,9 | 123,4 |
| | | II* | 4300 | 77830,0 | 44786,0 | 135,5 |
| | Росток кукурудза | I* | 3918 | 70915,8 | 38729,8 | 120,3 |
| | | II* | 4181 | 75682,1 | 43122,1 | 132,4 |
| | Вимпел | I* | 3885 | 70324,5 | 38138,5 | 118,5 |
| | | II* | 4060 | 73492,0 | 41130,0 | 127,1 |

*Продовження таблиці 34*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DKC 2960 | Контроль (підживлення водою) | - | 3639 | 65865,9 | 33855,9 | 105,8 |
| | Біомаг | I* | 3883 | 70276,3 | 38002,3 | 117,7 |
| | | II* | 4302 | 77860,2 | 44310,2 | 132,1 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 4286 | 77570,6 | 44064,6 | 131,5 |
| | | II* | 4684 | 84774,4 | 50718,4 | 148,9 |
| | Росток кукурудза | I* | 4226 | 76490,6 | 42984,6 | 128,3 |
| | | II* | 4513 | 81685,3 | 47783,3 | 140,9 |
| | Вимпел | I* | 3915 | 70855,5 | 38515,5 | 119,1 |
| | | II* | 4183 | 75712,3 | 42602,3 | 128,7 |
| DKC 2949 | Контроль (підживлення водою) | - | 3226 | 58396,6 | 27222,6 | 87,3 |
| | Біомаг | I* | 3338 | 60423,8 | 29183,8 | 93,4 |
| | | II* | 3608 | 65298,8 | 33618,8 | 106,1 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 3650 | 66071,0 | 34391,0 | 108,6 |
| | | II* | 3907 | 70716,7 | 38530,7 | 119,7 |
| | Росток кукурудза | I* | 3577 | 64743,7 | 33107,7 | 104,7 |
| | | II* | 3776 | 68339,6 | 36307,6 | 113,3 |
| | Вимпел | I* | 3341 | 60472,1 | 29122,1 | 92,9 |
| | | II* | 3544 | 64152,4 | 32450,4 | 102,4 |
| DKC 2971 | Контроль (підживлення водою) | - | 3501 | 63368,1 | 31798,1 | 100,7 |
| | Біомаг | I* | 3656 | 66173,6 | 34383,6 | 108,2 |
| | | II* | 4089 | 74010,9 | 41560,9 | 128,1 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 4028 | 72906,8 | 40588,8 | 125,6 |
| | | II* | 4305 | 77920,5 | 45206,5 | 138,2 |
| | Росток кукурудза | I* | 3846 | 69612,6 | 37492,6 | 116,7 |
| | | II* | 4148 | 75078,8 | 42628,8 | 131,4 |
| | Вимпел | I* | 3765 | 68152,5 | 36032,5 | 112,2 |
| | | II* | 3939 | 71295,9 | 38977,9 | 120,6 |
| DKC 3472 | Контроль (підживлення водою) | - | 4253 | 76979,3 | 43429,3 | 129,4 |
| | Біомаг | I* | 4568 | 82680,8 | 48668,8 | 143,1 |
| | | II* | 5046 | 91326,6 | 56654,6 | 163,4 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 4763 | 86210,3 | 52088,3 | 152,7 |
| | | II* | 5056 | 91507,6 | 56967,6 | 164,9 |
| | Росток кукурудза | I* | 4828 | 87386,8 | 52890,8 | 153,3 |
| | | II* | 5242 | 94880,2 | 60120,2 | 173,0 |
| | Вимпел | I* | 4597 | 83205,7 | 49149,7 | 144,3 |
| | | II* | 4828 | 87380,8 | 52884,8 | 153,3 |
| DKC 3420 | Контроль (підживлення водою) | - | 4150 | 75121,0 | 42671,0 | 131,5 |
| | Біомаг | I* | 4393 | 79519,3 | 45969,3 | 137,0 |
| | | II* | 4906 | 88792,6 | 54362,6 | 157,9 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 4578 | 82867,8 | 49163,8 | 145,9 |
| | | II* | 5075 | 91863,5 | 57367,5 | 166,3 |
| | Росток кукурудза | I* | 4611 | 83465,1 | 49607,1 | 146,5 |
| | | II* | 4905 | 88780,5 | 54658,5 | 160,2 |
| | Вимпел | I* | 4268 | 77250,8 | 44118,8 | 133,2 |
| | | II* | 4409 | 79802,9 | 46252,9 | 137,9 |
| Переяславський 230СВ | Контроль (підживлення водою) | - | 3845 | 69594,5 | 37408,5 | 116,2 |
| | Біомаг | I* | 3829 | 69304,9 | 37184,9 | 115,8 |
| | | II* | 4339 | 78529,9 | 44979,9 | 134,1 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 4335 | 78457,5 | 44896,5 | 133,8 |
| | | II* | 4890 | 88515,0 | 54041,0 | 156,8 |
| | Росток кукурудза | I* | 4304 | 77896,4 | 44346,4 | 132,2 |
| | | II* | 4583 | 82958,3 | 49056,3 | 144,7 |

*Продовження таблиці 34*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Переяславський 230СВ | Вимпел | I* | 4036 | 73045,6 | 40595,6 | 125,1 |
| | | II* | 4259 | 77087,9 | 43977,9 | 132,8 |
| DKC 3871 | Контроль (підживлення водою) | - | 3871 | 70065,1 | 38495,1 | 121,9 |
| | Біомаг | I* | 4170 | 75471,0 | 42779,0 | 130,9 |
| | | II* | 4358 | 78885,8 | 45731,8 | 137,9 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 4341 | 78572,1 | 45418,1 | 137,0 |
| | | II* | 4820 | 87236,0 | 53268,0 | 156,8 |
| | Росток кукурудза | I* | 4215 | 76297,5 | 43253,5 | 130,9 |
| | | II* | 4659 | 84333,9 | 50343,9 | 148,1 |
| | Вимпел | I* | 4140 | 74928,0 | 41928,0 | 127,1 |
| | | II* | 4342 | 78590,2 | 45040,2 | 134,2 |
| DK 391 | Контроль (підживлення водою) | - | 4495 | 81353,5 | 47583,5 | 140,9 |
| | Біомаг | I* | 4858 | 87935,8 | 53505,8 | 155,4 |
| | | II* | 4980 | 90144,0 | 55604,0 | 161,0 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 4922 | 89082,2 | 54586,2 | 158,2 |
| | | II* | 5319 | 96267,9 | 61507,9 | 177,0 |
| | Росток кукурудза | I* | 4778 | 86481,8 | 52337,8 | 153,3 |
| | | II* | 5105 | 92406,5 | 57866,5 | 167,5 |
| | Вимпел | I* | 4614 | 83513,4 | 49523,4 | 145,7 |
| | | II* | 4803 | 86940,3 | 52510,3 | 152,5 |
| DK 440 | Контроль (підживлення водою) | - | 4538 | 82143,8 | 48241,8 | 142,3 |
| | Біомаг | I* | 4657 | 84297,7 | 50263,7 | 147,7 |
| | | II* | 4993 | 90367,3 | 55849,3 | 161,8 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 5003 | 90554,3 | 56058,3 | 162,5 |
| | | II* | 5295 | 95845,5 | 61107,5 | 175,9 |
| | Росток кукурудза | I* | 4955 | 89691,5 | 55173,5 | 159,8 |
| | | II* | 5307 | 96050,7 | 61180,7 | 175,5 |
| | Вимпел | I* | 4718 | 85389,8 | 51267,8 | 150,2 |
| | | II* | 4972 | 89987,2 | 55469,2 | 160,7 |
| DKC 4964 | Контроль (підживлення водою) | - | 4857 | 87911,7 | 53855,7 | 158,1 |
| | Біомаг | I* | 5094 | 92195,4 | 57633,4 | 166,8 |
| | | II* | 5302 | 95966,2 | 61228,2 | 176,3 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 5376 | 97299,6 | 62561,6 | 180,1 |
| | | II* | 5806 | 105082,6 | 69904,6 | 198,7 |
| | Росток кукурудза | I* | 5410 | 97921,0 | 63161,0 | 181,7 |
| | | II* | 5806 | 105094,6 | 69454,6 | 194,9 |
| | Вимпел | I* | 5070 | 91767,0 | 57249,0 | 165,9 |
| | | II* | 5312 | 96153,2 | 61415,2 | 176,8 |
| DK 315 | Контроль (підживлення водою) | - | 4828 | 87380,8 | 52950,8 | 153,8 |
| | Біомаг | I* | 4930 | 89239,0 | 54743,0 | 158,7 |
| | | II* | 5115 | 92587,5 | 57981,5 | 167,5 |
| | Еколист Моно Цинк | I* | 5248 | 94994,8 | 60322,8 | 174,0 |
| | | II* | 5804 | 105046,4 | 69296,4 | 193,8 |
| | Росток кукурудза | I* | 5265 | 95290,5 | 60552,5 | 174,3 |
| | | II* | 5717 | 103477,7 | 67837,7 | 190,3 |
| | Вимпел | I* | 4969 | 89938,9 | 55420,9 | 160,6 |
| | | II* | 5265 | 95302,5 | 60542,5 | 174,2 |

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
*II*- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи*

Проведеними розрахунками визначено, що вирощування кукурудзи для отримання біоетанолу є більш економічно вигідним порівняно із вирощуванням

її на зернові цілі. Рівень рентабельності при цьому зростає на 18,4-51,3%.

### 35. Економічна оцінка вирощування гібридів кукурудзи на біоетанол залежно від глибини загортання та розмірів насіння

(середнє за 2014-2016 рр.)

| Група стиглості (А) | Гібрид (В) | Фракція насіння (С) | Глибина загортання насіння (D) | Вихід біоетанолу л/га | Вартість продукції, грн | Умовно чистий прибуток, грн | Рівень рентабельності % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Ранньостиглі гібриди | DKC 2960 | M* (187 г) | 4-5 см | 3041 | 55048,1 | 24556,1 | 80,5 |
| | | | 7-8 см | 3048 | 55168,8 | 24676,8 | 80,9 |
| | | | 10-11 см | 2836 | 51337,6 | 21087,6 | 69,7 |
| | | S** (238 г) | 4-5 см | 3391 | 61383,1 | 30187,1 | 96,8 |
| | | | 7-8 см | 3421 | 61926,1 | 30730,1 | 98,5 |
| | | | 10-11 см | 3358 | 60779,8 | 29605,8 | 95,0 |
| | | V*** (277 г) | 4-5 см | 3395 | 61443,5 | 30203,5 | 96,7 |
| | | | 7-8 см | 3383 | 61238,3 | 30042,3 | 96,3 |
| | | | 10-11 см | 3478 | 62951,8 | 31601,8 | 100,8 |
| | DKC 2971 | M* (194 г) | 4-5 см | 3052 | 55241,2 | 24683,2 | 80,8 |
| | | | 7-8 см | 3000 | 54300,0 | 23896,0 | 78,6 |
| | | | 10-11 см | 2774 | 50209,4 | 20003,4 | 66,2 |
| | | S** (256 г) | 4-5 см | 3295 | 59639,5 | 28553,5 | 91,9 |
| | | | 7-8 см | 3278 | 59331,8 | 28245,8 | 90,9 |
| | | | 10-11 см | 3263 | 59054,3 | 28034,3 | 90,4 |
| | | V*** (279 г) | 4-5 см | 3345 | 60550,5 | 29354,5 | 94,1 |
| | | | 7-8 см | 3343 | 60508,3 | 29334,3 | 94,1 |
| | | | 10-11 см | 3300 | 59736,0 | 28650,0 | 92,2 |
| Середньоранні гібриди | DKC 3472 | M* (249 г) | 4-5 см | 3684 | 66680,4 | 35044,4 | 110,8 |
| | | | 7-8 см | 3620 | 65522,0 | 34062,0 | 108,3 |
| | | | 10-11 см | 3517 | 63663,7 | 32423,7 | 103,8 |
| | | S** (326 г) | 4-5 см | 3989 | 72194,9 | 40008,9 | 124,3 |
| | | | 7-8 см | 3975 | 71947,5 | 39893,5 | 124,5 |
| | | | 10-11 см | 3975 | 71947,5 | 39827,5 | 124,0 |
| | | V*** (385 г) | 4-5 см | 3918 | 70915,8 | 38795,8 | 120,8 |
| | | | 7-8 см | 3958 | 71639,8 | 39519,8 | 123,0 |
| | | | 10-11 см | 3888 | 70372,8 | 38318,8 | 119,5 |
| Середньоранні гібриди | DKC 3795 | M* (166 г) | 4-5 см | 3377 | 61117,7 | 29943,7 | 96,1 |
| | | | 7-8 см | 3328 | 60242,8 | 29222,8 | 94,2 |
| | | M* (166 г) | 10-11 см | 3166 | 57304,6 | 26504,6 | 86,1 |
| | | S** (207 г) | 4-5 см | 3745 | 67790,5 | 36110,5 | 114,0 |
| | | | 7-8 см | 3570 | 64611,0 | 33261,0 | 106,1 |

*Продовження таблиці 35*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Середньоранні гібриди | DKC 3795 | S** (207 г) | 10-11 см | 3636 | 65811,6 | 34417,6 | 109,6 |
| | | V*** (287 г) | 4-5 см | 3806 | 68888,6 | 37098,6 | 116,7 |
| | | | 7-8 см | 3713 | 67211,3 | 35751,3 | 113,6 |
| | | | 10-11 см | 3775 | 68327,5 | 36691,5 | 116,0 |
| Середньостиглі гібриди | DK 315 | M* (223 г) | 4-5 см | 3890 | 70409,0 | 38399,0 | 120,0 |
| | | | 7-8 см | 3875 | 70137,5 | 38127,5 | 119,1 |
| | | | 10-11 см | 3714 | 67217,4 | 35581,4 | 112,5 |
| | | S** (294 г) | 4-5 см | 4160 | 75302,0 | 42984,0 | 133,0 |
| | | | 7-8 см | 4260 | 77112,0 | 44750,0 | 138,3 |
| | | | 10-11 см | 4234 | 76635,4 | 44273,4 | 136,8 |
| | | V*** (327 г) | 4-5 см | 4267 | 77226,7 | 44776,7 | 138,0 |
| | | | 7-8 см | 4366 | 79030,6 | 46426,6 | 142,4 |
| | | | 10-11 см | 4260 | 77100,0 | 44650,0 | 137,6 |
| | DKC 4082 | M* (172 г) | 4-5 см | 3836 | 69431,6 | 37421,6 | 116,9 |
| | | | 7-8 см | 3819 | 69129,9 | 37229,9 | 116,7 |
| | | | 10-11 см | 3688 | 66758,8 | 35122,8 | 111,0 |
| | | S** (227 г) | 4-5 см | 4195 | 75929,5 | 43589,5 | 134,8 |
| | | | 7-8 см | 4447 | 80496,7 | 47452,7 | 143,6 |
| | | | 10-11 см | 4453 | 80593,3 | 47549,3 | 143,9 |
| | | V*** (278 г) | 4-5 см | 4149 | 75102,9 | 42762,9 | 132,2 |
| | | | 7-8 см | 4410 | 79815,0 | 47211,0 | 144,8 |
| | | | 10-11 см | 4382 | 79308,2 | 46704,2 | 143,2 |

Через це цим можна стверджувати, що за зростання врожайності переробка зерна кукурудзи для отримання біоетанолу більш вигідна з точки зору рівня рентабельності ніж вирощування кукурудзи на зернофуражні цілі.

В США за словами директора компанії NWG Ukraine Миколи Горбачьова, від 70 до 140 млн. т кукурудзи іде на біоетанольне виробництво, це приблизно третина врожаю даної культури [242].

# ГЛАВА 4
# ВИРОБНИЦТВО БІОГАЗУ ТА РОЛЬ КУКУРУДЗЯНОГО СИЛОСУ

Одним з найбільших викликів, що стоять перед суспільствами зараз і в майбутньому, є скорочення викидів парникових газів і, таким чином, запобігання зміні клімату. Тому важливо замінити викопне паливо на поновлювані джерела, такі як біогаз [243].

Використання біогазових установок в Україні є перспективним для розв'язання проблем утилізації відходів, поліпшення екологічної ситуації, підвищення родючості ґрунтів, зменшення енергозалежності та розвитку сільських територій. Дослідженням перспектив виробництва і використання біопалив у сільському господарстві для забезпечення енергетичної незалежності галузі та країни займалась ціла плеяда вітчизняних і зарубіжних вчених [1, 2].

Калетнік Г.М. комплексно розглядав поняття енергетичної незалежності з позицій забезпечення продовольчої та екологічної безпеки країни. А також розкрив роль агропромислового комплексу України у вирішенні проблем енергетичної та екологічної безпеки держави. Ним було здійснено розрахунки потреб у земельних ресурсах для вирішення окреслених проблем. Науковою школою під керівництвом академіка Калетніка Г.М. розроблено наукові засади диверсифікації розвитку виробництва альтернативних джерел енергії у всіх сферах господарського життя України, науково-технічне забезпечення енергетичної автономізації агропромислового виробництва на основі ефективного використання поновлюваних джерел енергії [1, 21, 244].

Ємчик Т.В. у своїх працях досліджує стратегічні питання енергетичної політики й ролі біоенергетики в забезпеченні енергетичної незалежності України. Освоєння нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії розглядається як важливий фактор підвищення енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу на довкілля, який може забезпечити енергетичну незалежність не лише України, а й Європи [1, 38].

Поліщук В.М. у своїх працях запропонував концепцію розвитку сільських територій із впровадженням комплексних екобезпечних технологій виробництва і використання біопалив [245]. Шкарівська Л.І., Давидюк Г.В., Клименко І.І., Довбаш Н.І. провели комлексну оцінку перспектив застосування відходів біогазових установок для удобрення сільськогосподарських культур [246].

На виробництво біогазу йдуть відходи сільськогосподарських підприємств, тваринницьких комплексів, птахоферм, підприємств харчової та переробної промисловості, загалом різні види відходів рослинного і тваринного походження. Насамперед, це стосується відходів, схильних до процесу біодеградації. Сьогодні біогаз виробляють, в основному, з побічних продуктів рослинного і тваринного походження: силосної маси, бурякового

жому, рідкого гною, курячого посліду з підстилкою тощо [1].

Проте недостатньо висвітленими залишаються питання прогнозів щодо перспектив розвитку виробництва біогазу в аграрному секторі – як джерела (шляху) підвищення енергетичної незалежності та родючості грунтів.

***Біогаз*** **–** горючий газ, що утворюється при анаеробному метановому зброджуванні біомаси та складається переважно з метану ($CH_4$) (55-75%), двоокису вуглецю ($CO_2$) (25-45%) і домішок сірководню (біля 1%), аміаку, оксидів азоту та інших (менше 1%) [247]. Об'ємна теплота згорання біогазу складає біля 22 МДж [248]. Він може також очищуватися та збагачуватися до біометану та подаватися до робочої газотранспортної мережі. Виробництво біогазу дає змогу запобігти викидам метану в атмосферу, який впливає на парниковий ефект у 21 разів сильніше, ніж $CO_2$, і знаходиться в атмосфері 12 років. Захват метану – кращий короткостроковий спосіб запобігання глобальному потеплінню, а використання біогазу для отримання електроенергії та тепла є найбільш ефективним засобом боротьби з глобальним потеплінням [249].

Частка природного газу в Україні є досить високою (43%), що майже вдвічі вище, ніж у Європейському Союзі. До того ж частка відновлюваних джерел енергії в Україні становить близько 2%, що в 6 разів нижче, ніж у Європейському Союзі [211, 250].

Незважаючи на нинішній низький рівень розвитку відновлюваної енергетики, в Україні є передумови для майбутнього розвитку цього напряму. У 2010 році вся біоенергетика забезпечувала 1,1 млрд м³ газу на рік, а у 2014-му ця цифра зросла до 3 млрд м³. Якщо такий темп зростання триватиме й далі, у 2025 році Україна зможе отримувати 5,4 млрд м³ газу на рік. З кінця 2014-го по січень 2018 року потужності біогазових установок, що генерують електроенергію за «зеленим» тарифом, виросли майже втричі: з 14 до 40 МВт. Особливо динамічно галузь розвивалася 2017 року: з 21 МВт станом на кінець 2016-го до 35 МВт – в кінці 2017-го. Крім того, тільки в січні 2018 року за «зеленим» тарифом додатково запрацювали 4,8 МВт біогазових комплексів [250].

Україна – одна з найбільших країн Європи і має не аби який аграрний сектор з не аби яким тваринництвом та птахівництвом, які являють собою основу технологій по виробництву біогазу. Використання рослинної біомаси для виробництва біогазу також перспективне, але на сьогодні в Україні та незначна кількість установок, що вже впроваджена, базується на використанні відходів життєдіяльності тварин (крупної рогатої худоби і свиней) та птиці. Біогаз – це найвідмінніше з усіх нетрадиційних джерел вкладення капіталу.

Біогаз, отриманий з біомаси, використовується як паливо, не шкідливе для оточуючого середовища, оскільки не спричиняє додаткову емісію парникового газу $CO_2$ і зменшує кількість органічних відходів. На відміну від енергії вітру і сонячного випромінювання, біогаз можна отримувати незалежно від кліматичних і погодних умов [1, 2].

Біогаз як продукт біоперетравлення, що має високий вміст метану,

може бути перетворений на: електроенергію, яка, в свою чергу, реалізується за «зеленим тарифом»; тепло (для власних потреб підприємства або на продаж); гарячу воду, а також використовувати органічні відходи біогазової установки (дигестат) як добриво (рис. 21) [1, 251, 252].

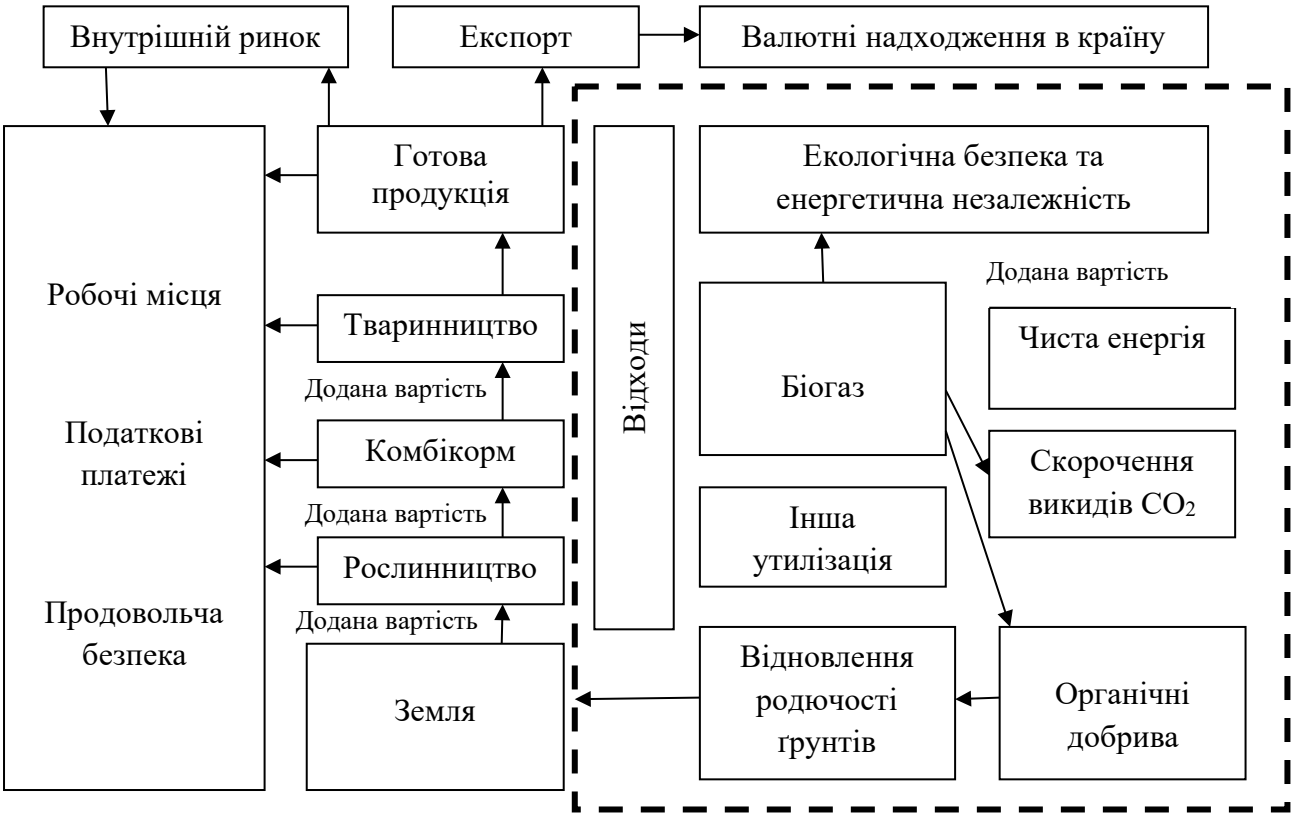


***Рис. 21.*** **Механізм виробництва біогазу в АПК задля підвищення енергетичної, екологічної незалежності та родючості ґрунтів**

Провівши розрахунок виходу біогазу з різної сировини на ТОВ «Теофіпольська енергетична компанія» у 2020 р., нами розраховано, що компанія може отримувати прогнозований вихід біогазу 9262 м$^3$ з 1 га кукурудзи та 2033 м$^3$ з 1 га соломи злакових, який може витрачатись для задоволення власних потреб на виробництві, що дозволяє забезпечити енергетичну незалежність та автономізацію виробництва. Також, при реалізації підприємством виробленої електроенергії за зеленим тарифом (прогнозований вихід електроенергії 20228 кВт з 1 га кукурудзи та 4441 кВт з 1 га з соломи злакових) можна отримати прибуток у розмірі 62225 і 17958 грн. (з ПДВ) відповідно з 1 га кукурудзи та соломи злакових (табл. 36).

Слід зазначити, що найбільш поширеною помилкою є уявлення про біогазові станції, як про джерела поновлюваних енергоресурсів. Дійсно, в процесі переробки утворюється біогаз, що дозволяє виключити витрати енергоресурсів на власні потреби установки (тепло, електроенергія, заправка автомобіля біометаном) і отримати певний прибуток, і все-таки головним призначенням біогазової станції є екологічно безпечна утилізація та переробка відходів, тому основним напрямком діяльності підприємств, що експлуатують біогазові установки, є надання послуг у сфері рециклінгу

відходів [8, 18, 19].

**36. Розрахунок виходу біогазу з різної сировини на ТОВ «Теофіпольська енергетична компанія» у 2020 р.**

| Показник | Кукурудза | | | Солома злакових | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | min | max | факт. | min | max | факт. |
| Урожайність, т/га | 40 | 50 | 45 | 3,9 | 4 | 4 |
| Вміст сухої речовини, % | 28 | 35 | 32 | 82 | 86 | 85 |
| Вихід сухої речовини, т/га | 11,2 | 17,5 | 14,4 | 3,2 | 3,4 | 3,4 |
| Вміст органічної сухої речовини, % | 96 | | | 92 | | |
| Вихід біогазу, $м^3$ з 1 т. органічної сухої речовини | 670 | | | 650 | | |
| Вміст метану, % | 52 | | | 52 | | |
| Прогнозований вихід біогазу, $м^3$ з 1 га | 7204 | 11256 | 9262 | 1914 | 2033 | 2033 |
| Прогнозований вихід електроенергії з 1 га, кВт. | 15734 | 24583 | 20228 | 4180 | 4441 | 4441 |
| Розмір зеленого тарифу євро/кВт (з ПДВ) | 0,14868 | | | 0,14868 | | |
| Поточний курс грн./євро | 30 | | | 30 | | |
| Собівартість заготівлі, грн./га | 26000 | 28000 | 28000 | 1550 | 1600 | 1600 |
| Прогнозований валовий прибуток грн./га (з ПДВ)* | 44180 | 81650 | 62225 | 17094 | 17958 | 17958 |

*Джерело: розраховано автором*

** без врахування перевезення сировини з складів (сховищ), амортизації, ремонтів, зарплати, електроенергії власних потреб*

Перші систематичні дослідження біогазу у світі розпочав італійський натураліст Алессандро Вольта, який серед іншого займався також дослідженнями електричного струму і в честь прізвища якого названо одиницю виміру електричної напруги «Вольт». Вольта вдалося вловити в 1770 р болотний газ у відкладеннях озер на півночі Італії, після чого він зайнявся проведенням дослідів зі спалювання цього газу. Англійський фізик Фарадей експериментував також з болотним газом і ідентифікував його як вуглеводень. Тільки в 1821 р досліднику Авогадро вдалося встановити хімічну формулу метану ($CH_4$). Відомий французький бактеріолог Пастер в 1884 р проводив випробування з біогазом, який він виділяв з твердого і рідкого. Він вперше запропонував використовувати гній з паризьких стаєнь для виробництва газу на освітлення вулиць [40].

У Європі біогаз використовується в основному для виробництва тепла та електроенергії. Частина виробленого тепла використовується у біогазовій установці як процес опалення, а решта тепла розподіляється через опалення районів систем для споживачів. Вироблена електроенергія продається в мережу. В деяких країнах, таких як Швеція, вироблений біогаз підвищується до біометану який використовується як паливо для транспортування [17, 18].

Для прикладу наведемо вихід біогазу та його якість (вміст метану) з тонни сировини, м. куб.: коров'ячий гній – 60; свинячий гній – 65; послід пташиний – 130; відходи бійні – 300; жири – 1300; барда спиртова – 70; зерно

– 500; силос кукурудзи, трави, водорості – 400; молочна сироватка – 60; буряковий і фруктовий жом – 110; гліцерин технічний – 500; дробина пивна – 180 [247, 253]. На разі існує багато субстратів рослинного походження, які можуть бути ефективно використані для виробництва біогазу (кукурудза, цукровий буряк, цукрове сорго, злакові та бобові трави). Енергетичні культури мають вищий вихід метану, ніж відходи тваринництва. Значний вплив на потенціал урожайності біомаси й виходу біогазу мають не лише генетичні характеристики рослин, а й технологія їх вирощування. Час збирання врожаю та фаза стиглості культур відіграють важливу роль у формуванні якості силосу та максимальному виході метану.

Вихід біогазу також залежить від вмісту сухої речовини і виду використованої сировини [249]. Для переробки відходів із застосуванням біогазових технологій необхідно, щоб вміст сухої речовини в субстраті становив 5-15% [254]. Якщо цей показник нижче 5%, то процеси будуть відбуватися повільніше, що чинитиме істотний негативний вплив на рентабельність. 15% вмісту сухої речовини є верхньою межею, за якою субстрат ще можна перекачувати насосами, змішувати [255]. Деякі субстрати зброджуються дуже повільно, бо молекулярна структура їх біомаси погано доступна для мікроорганізмів і їх ферментів, наприклад, через їхню високу кристалічну структуру або через малу площу поверхні [256].

На разі пелети відходять в забуття через великі експлуатаційні витрати на заміну робочого інструменту – фільєрної головки, ресурс якої в пресах занадто малий. На зміну приходять брикети сухого пресування і гранули мокрого формування та сушіння з суміші торфу, мулів та іншої органіки, а найбільш популярними стають котельні установки на дерев'яній щепі потужністю до 5 МВт. Виготовлення паливних гранул або, навіть, брикетів із соломи виявилось недоцільним оскільки без в'яжучих компонент брикети розсипаються, а для виготовлення гранул солому необхідно подрібнювати до 5-6 міліметрів, що технологічно складно і енерговитрато. Застосування ж в'яжучих при виготовленні паливних гранул і брикетів вже не тільки в Європі, а навіть в Україні за екологічними показниками не допускається. На сьогодні найбільш раціональним є спалювання соломи тюками по 150 кг в спеціально для цього розроблених котлах, що випускаються Кузнєцовським заводом Рівненської області. Котли випускаються на потужність від 300 до 800 кВт. За допомогою тракторних вил тюки в такий котел завантажуються в кількості від 1 до 5-ти, де в режимі тліючого горіння гріють теплоносій на протязі 8-10 годин.

Виробництво енергії з біогазу не шкідливе для оточуючого середовища, оскільки не сприяє додатковій емісії парникового газу $CO_2$ і зменшує кількість органічних відходів. На відміну від енергії вітру і сонячних променів, біогаз можна отримувати незалежно від кліматичних і погодних умов, а на відміну від викопних джерел енергії – біогаз у всьому світі має величезний і до того ж відновлюваний потенціал. За допомогою біогазу до 2025 року Європа могла б покрити 15% своєї потреби в енергії, а Європейський Союз міг би зменшити імпорт природного газу більше, ніж на

половину.

Україна має досить потужний сировинний потенціал для виробництва біогазу та дигестату, який за сучасних ринкових умов може дозволити замінити 4-7% річного виробництва електроенергії в Україні [253]. Біогаз можна виробляти з широкого спектра органічних субстратів як тваринного, так і рослинного походження, про що було сказано попередньо [8, 211].

Більшість біогазових комплексів, як базову сировину використовують гнойові відходи тваринництва, хоча останнім часом почали розвиватися проєкти виробництва біогазу із відходів цукрової промисловості. В Україні існує досвід використання спеціально вирощеної рослинної сировини (силосу кукурудзи та сорго) для виробництва біогазу шляхом сумісного метанового бродіння з пташиним послідом [250].

Важливість силосу кукурудзи для виробництва біогазу та підвищення ефективності біогазових установок полягає не лише у сприятливих біологічних особливостей культури, але і у наявності такої властивості як ремонтантність.

Ремонтантність (Stay green) кукурудзи є важливою ознакою, якою володіють більшість сучасних гібридів кукурудзи [257]. Ремонтантність кукурудзи (**stay-green**) – це здатність зберігати вегетативними частинами рослин зелене забарвлення і підвищену вологість після настання повної стиглості насіння, що суттєво знижує ризик пошкодження хворобами та мікотоксинами [75, 257-259].

Ремонтантність є важливим резервом підвищення продуктивності всієї рослини, так як розкривається двостороннє її використання на зерно та силос [75, 257]. Так, після збирання ремонтантної кукурудзи на зерно можна використовувати зелену і соковиту листостеблову масу на силос або зелений корм [257].

Ремонтантні гібриди кукурудзи також характеризуються більшою продуктивністю (за рахунок притоку поживних речовин у качан без зміни строків дозрівання), кращою якістю зерна та вегетативних органів, відрізняються від звичайних форм високою стійкістю до пошкоджень шкідниками та вилягання завдяки високій тургорності клітин зеленого стебла [75, 257, 260].

Ремонтантні рослини зберігають на високому рівні швидкість перебігу біохімічних процесів у стеблі, мають велику кількість живих клітин паренхіми стебла і характеризуються високою міцністю стебла (стійкістю до вилягання) та підвищеною стійкістю до стеблових гнилей [13, 260]. При цьому підвищується продуктивність кукурудзи за рахунок продовження процесу фотосинтезу, стійкість до вилягання та фузаріозу стебла [75, 258].

Stay green підтримує, насамперед, уповільнене зростання вмісту сухих речовин у всій рослині та впливає на темпи вологовіддачі зерна кукурудзи [75, 259]. Загальновідомим є той факт, що такі фактори, як інтенсивність листоутворення, загальна площа листової поверхні та її фотосинтетична здатність, мають важливе значення, оскільки 90-95% сухої речовини формується з органічних речовин, які утворюються на листках [257].

Оптимальний вміст сухих речовин у рослині для силосування має становити 30-35%. Силос має достатню енергетичну цінність, якщо зерно під час силосування вже досягло молочно-воскової стиглості. Додатковою перевагою від **«stay-green»**є подовження строків збирання врожаю та висока якість силосованої зеленої рослинної маси [258].

Із відходів тваринництва значного поширення набуває **пташиний послід** – це продукт обміну речовин колоїдної консистенції, сіро-зеленого кольору, грудкувато-пористої структури, що виділяється з організму птахів у вигляді суміші сечі і калу. Основний напрямок використання посліду – удобрення сільськогосподарських культур [261]. Внесення посліду в ґрунт впродовж всього року неможливо, тому впродовж кількох місяців його накопичують у послідосховищах. При всіх існуючих способах зберігання посліду з нього втрачається азот, оскільки кінцевим продуктом азотистого обміну у птахів є сечова кислота, яка складає близько 60% від загального змісту азотистих речовин у посліді. Сечова кислота під дією уробактерій і ферменту уреази, що виділяється ними, розщеплюється до аміаку і вуглекислоти. Цей процес йде як у присутності кисню повітря, так і без нього і прискорюється при контакті посліду з водою, що призводить до втрат азоту в вигляді аміаку [7, 254, 255].

Вихід посліду залежить від виду птиці, її віку, раціону та способу утримання [18]. У сучасному птахівництві в основному застосовують кліткову і підлогову систему утримання. При підлоговій системі отримують суміш посліду з підстилкою (у вигляді тирси, соломи). Важливу роль відіграє також спосіб видалення посліду (гідрозмив, скребковий механізм тощо). На вміст сухої речовини в посліді, швидкість розкладання органічних речовин в процесі накопичення або зберігання помітний вплив чинить випаровування вологи. Послід курей містить пір’я, які схильні до формування плаваючої кірки, в той же час, внаслідок особливостей годівлі, він містить велику кількість крейди і піску, тому слід врахувати також випадання осаду [255].

Переробка в реакторі БГУ чистого курячого посліду являє собою складну задачу, досі серійно не вирішувану європейськими виробниками біогазових установок, через високу концентрацію аміаку і сірководню [7, 8, 19]. Завдяки діяльності мікроорганізмів, поживні речовини корму піддаються складним перетворенням (ферментації), в результаті яких утворюються прості розчинні сполуки: аміак, амінокислоти, летючі жирні кислоти, які використовуються організмом тварини як енергетичний матеріал. Основну масу органічної речовини раціону жуйних представлено вуглеводами (до 80%). Це такі високомолекулярні з’єднання, як клітковина, крохмаль, геміцелюлоза та ін. Вони перетравлюються в основному в рубці, де розщеплюються до 95% цукрів і крохмалю і до 50% перетравності клітковини корму. Лише незначна кількість розчинних вуглеводів і до 50% спожитої клітковини переходять в нижні відділи травного тракту, де продовжується їх перетравлення [254].

Для виробництва біогазу з енергетичних культур, кукурудза як сировина має найбільш вагоме значення через високий потенціал

урожайності силосної маси. Вирощування й зберігання силосної кукурудзи технічно розвинене і широко оптимізовано. Як субстрат для виробництва біогазу вирощують спеціальні енергетичні гібриди кукурудзи з урожайністю сухої маси 18-25 т/га. Це орієнтовно становить 5300-9000 м³/га метану залежно від гібрида, умов вирощування та фази збирання кукурудзи. Крім того, виробництво біогазу з кукурудзи відзначається також найвищим рівнем скорочення викидів парникових газів і високою економією пального [256].

Водночас широке використання кукурудзи як монокультури для виробництва біогазу негативно впливає на навколишнє середовище з боку втрати біорізноманіття, зменшення виробництва харчових продуктів і кормів, збільшення інтенсивності розвитку шкідливих організмів і використання елементів живлення [250].

Силос також може використовуватись як субстрат для виробництва біогазу, із однієї тони листостебельної маси кукурудзи можна отримати 180-220 м$^3$ біогазу, або з 1 га – 7-10 тис. м$^3$ біогазу [2, 13].

На думку P. Weiland та інших учених [262], кукурудза – це більш однорідний матеріал, ферментація якого у біогазовій установці становить 90%, а різних видів трав лише 50%. Дослідженнями I. Lewandowski [263] встановлено, що правильно проведена ферментація 1 кг сухої маси може забезпечити отримання близько 0,4 м$^3$ біогазу з теплотворною здатністю 16,8-23,0 МДж, а після відділення $CO_2$ його теплотворна здатність зростає до 35,7 МДж [41]. За даними H Oechsner і A Lemmer [264], з 1 тони біомаси трав можливо отримати 100 м$^3$ біогазу, а з 1 тонни кукурудзи, зібраної у фазу воскової стиглості, 180 м$^3$.

Рослинні залишки мають різну енергетичну вагу, яку можна оцінити як вихід біогазу з 1 тонни підготовленої маси. Найбільший вихід мають цукрові буряки (гичка) – 426, стебла кукурудзи – 420, бадилля картоплі – 350, солома (пшениці і ячменю) – 342, гичка і стебла овочів – 300, стебла ріпаку – 280, стебла соняшнику 180 м3 біогазу з 1 тонни [265].

Через це для виробництва біогазу з енергетичних культур кукурудза як сировина має найбільше значення. Кукурудза як $C_4$-рослина має найвищий врожайний потенціал. Вирощування і зберігання силосної кукурудзи технічно розвинене і широко оптимізоване [266-268].

Широке використання кукурудзи як монокультури для виробництва біогазу негативно впливає на навколишнє середовище з точки зору втрати біорізноманіття, зменшення виробництва продуктів харчування і кормів, збільшення інтенсивності розвитку шкідливих організмів та використання елементів живлення [269].

В умовах Фінляндії найбільший вихід метану був отриманий у кукурудзи (4000-9200 м$^3$ / га), а на другому місці була волошка лугова (2700-6100 м$^3$ / га). Питомий вихід метану з традиційних і нових енергетичних культур варіювалися від 170 лн × кг-1 СОР. Найвищі питомі виходи метану були отримані у кукурудзи, тоді як нові енергетичні культури мали менші показники. Згідно з цими дослідженнями грястиця збірна, костриця лучна і тимофіївка лучна підходять для виробництва біогазу без істотної різниці між

ними за питомим виходом метану та виходом метану з 1 гектару [253, 270].

За даними німецьких дослідників у гібридів кукурудзи, які збиралися у фазу воскової стиглості зерна, з вмістом сухої речовини 30-42% середній вихід метану був 0,40 м$^3$ / кг субстрату. Гібриди DK 604 і Doge, які були зібрані у фазу молочно-воскової стиглості, при вмісті сухої речовини 22,2 і 19,8% забезпечували на 6,5 і 16% нижчий вихід метану [28, 271].

Зі збільшенням групи стиглості гібридів кукурудзи відмічено зменшення питомого виходу метану. Зі збільшенням вмісту сухої речовини більше 22% вихід метану становить приблизно 370 лн.×кг-1 СОР. При вмісті сухої речовини більше35% питомий вихід метану знижується. Оптимальний питомий вихід метану спостерігався за вмісту сухої речовини від 30 до 35% [41, 266].

За даними латвійських вчених [272], урожайність сухої маси кукурудзи змінюється від 12 до 16 т / га. Вихід біогазу з досліджуваних зразків становить 476-570 л × кг-1 СОР. Середній вміст метану був в межах 49,6-59,3% [41].

Урожайність зеленої маси сорго цукрового і кукурудзи залежить і від гідротермічних умов вегетаційних періодів досліджуваних років [2, 41]. Розрахунковий вихід біогазу та метану з силосної маси сорго цукрового і кукурудзи та їх сумішей на 1 га посівної площі становить у сорго цукрового 7,0-8,4 і 4,1-4,9 тис. м$^3$ / га, кукурудзи – 5,7-6,5 і 3,3-3,7 тис. м$^3$ / га при сумісному вирощуванні – 9,1-10,2 і 5,3-5,9 тис. м$^3$ / га [41].

**37. Вміст сухої речовини, азоту, фосфору, калію і вуглецю в силосній масі кукурудзи і сорго цукрового у фазу воскової стиглості зерна, %**

| Сорт, гібрид | Суха речовина | Вміст | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | P | K | C |
| Силосне 42 (сорго цукрове) | 22,3 | 1,09 | 0,32 | 1,11 | 38,06 |
| Довіста (сорго цукрове) | 23,4 | 1,14 | 0,39 | 1,14 | 38,59 |
| Моніка 350МВ | 30,7 | 1,38 | 0,44 | 0,88 | 39,33 |
| Бистриця 400МВ | 32,2 | 1,41 | 0,43 | 0,97 | 39,80 |

Згідно даних досліджень Ilona Sárvári Horváth, Meisam Tabatabaei, Keikhosro Karimi, Rajeev Kumar [243] та М.Б. Грабовського [41] за рахунок вищого вмісту сухої речовини питомий вихід біогазу з одиниці внесеної силосної маси кукурудзи був вищим на 33,7-50,6% в порівнянні з сорго цукровим та на 9,2-13,0% у порівнянні з сумішшю даних культур.

Силосування у буртах здійснюють для збереження рослинної маси, а для зниження втрат органічної речовини ущільнюють, додаючи спеціальні ферментні препарати й накриваючи плівкою, за тривалого зберігання відбувається втрата частини органічної речовини. Однак, як результат ферментної дії, збільшується частка низькомолекулярних органічних сполук, тому і зростає ступінь розкладання силосу впродовж бродіння в реакторі. Так, для силосування кукурудзи вміст сухої речовини має становити 30-40%.

За вмісту сухої речовини менше як 20% погіршуються властивості силосу, утворюється значна кількість фільтрату й суттєво знижується потенціал утворення біогазу [41].

Необхідно ще раз відмітити, що біогаз може бути отриманий із різних джерел органічних відходів або як побічний продукт від промислових процесів. Крім виробництва енергії, деградація органічних відходів через анаеробне зброджування дає інші переваги, такі як запобігання виходу запаху і зменшення патогенів. Більш того, перебродженні залишки органічних речовин можуть бути використані як добрива для використання поживні речовини повертаються до полів. Однак кількість органічних матеріалів, доступних в даний час для виробництва біогазу, обмежена. Тому нові субстрати, а також нові ефективні технології необхідні для полегшення зростання промисловості біогазу по всьому світу. Отже, впродовж останніх десятиліть були зроблені основні зрушення щодо використання лігноцелюлози біомаси, розвиток високошвидкісних систем, а також застосування мембранних технологій в анаеробному зброджуванні, щоб подолати зазначені недоліки. Деградація органічного матеріалу вимагає синхронізації дії різних груп мікроорганізмів з різними метаболічними здібностями. Останні розробки в галузі молекулярної біології надають дослідницькій спільноті цінний інструмент для кращого розуміння цього комплексу, мікробіологічну систему, яка, у свою чергу, може допомогти оптимізувати та контролювати процес ефективним чином у майбутньому.

Виробництво біогазу через анаеробне зброджування (АЗ) є екологічний дружній процес, що використовує зростаючі кількості органічних відходів світу. Широкий спектр потоків відходів, включаючи промислові та комунальні стічні води, сільськогосподарські, комунальні та харчові промислові відходи, а також рослинні залишки, можуть бути оброблені цією технологією. Він пропонує значні переваги перед багатьма іншими процесами обробки відходів. Основний продукт такої обробки, тобто біогаз, є відновлюваним енергетичним ресурсом, тоді як побічний продукт, тобто залишок котлоагрегату, може бути використаний як добриво через його високий вміст поживних речовин, доступний рослинам [41, 243].

Виробництво біогазу в Україні підпорядковується наступній нормативно-правовій базі:

Закон № 601-VI «Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу» 20, що був прийнятий 25 вересня 2008 року Верховною Радою.

Закон України «**Про альтернативні види рідкого та газового палива**» від 14 січня 2000 року N 1391-XIV з поправками до Закону України від 21 травня 2009 року № 1391-VI.

Закон України «**Про альтернативні джерела енергії**» від 20 лютого 2003 року, № 555-IV з поправками до Закону України від 25 вересня 2008 року № 601-VI.

**Наказ Кабінету Міністрів** від 15 березня 2006 року № 145-р затвердив Енергетичну стратегію України до 2030 року 19, яка ставить завдання

скоротити споживання природного газу в країні і збільшити використання відновлюваних ресурсів у виробництві енергетики.

Закон «**Про зміну деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу**» від 25 вересня 2008 року № 601-VI.

Закон України «**Про електроенергетику**» від 16 жовтня 1997 року, №575/97.

# ГЛАВА 5
# ХАРАКТЕРИСТИКА КУКУРУДЗЯНОГО СИЛОСУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИГЕСТАТУ

Енергія з відновлюваних ресурсів є наразі однією з найбільш обговорюваних тем в Європі і в усьому світі. У той час як виробництво біоетанолу та біодизелю викликають більше суперечок, а витрати на технології для їх виробництва є високими, зростання кількості заводів із виробництва біогазу в ЄС. Біогаз утворюється з бактерій в процесі біо-деградації органічного матеріалу в анаеробних (без доступу повітря) умовах. Цей тип біогазу складається, головним чином, з метану та двоокису вуглецю. Чим вищий вміст таких речовин, як жири і крохмаль, які легко розпадаються на ферментну масу, тим більший вихід газу [253, 273].

Біогаз є продуктом обміну речовин бактерій, що утворюється внаслідок розкладання ними органічного субстрату. В процесі розкладання бере участь багато різних груп бактерій [40]. Побічним продуктом біогазової технології є виробництво з перебродженого шламу високоефективних знезаражених добрив, які повертають в грунт поживні речовини і лігнін як основу утворення гумусу та забезпечують виробництво екологічно чистої продукції [211, 261, 274-277].

За виробленими обсягами товарної продукції біогазових станцій на першому місці виступає ефлюент [19, 254], об'ємна продуктивність якого дорівнює обємному завантаженню перероблюваного субстрату, при цьому унікальне поєднання його мікробіологічного та мікроелементного складу дозволяє отримувати на його основі цінні продукти переробки [8].

Під час 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 [243, 278-280]. Перша група – **гідролізні**, друга – **кислото-утворюючі**, третя – **метаноутворюючі бактерії**. В якості сировини, для отримання дигестату, в процесі виробництва біогазу можуть використовуватися як органічні агропромислові або побутові відходи, так і рослинна сировина – силос кукурудзи, трав'яний силос, зерно та силос злакових культур [243, 247, 281-282].

На сьогоднішній день науці відомо біля 10 різних видів methanococcus і methanobacterium, розміром всього лише 1/1000 мм, здатних жити в різному середовищі. В процесі розщеплення продукти розкладу (обміну речовин) кожної групи бактерій є поживними речовинами для наступної групи бактерій. Пофазні розщеплення органіки відбувається не з однаковою швидкістю. Різні групи бактерій працюють з різною швидкістю. У той час як аеробні бактерії при достатньому харчуванні подвоюють свою масу впродовж 20 хв. - 10:00. (Час генерації), анаеробні бактерії значно повільніше. Фаза розкладання оцтової кислоти проходить найбільш повільно. Бактеріям необхідно багато днів для розщеплення поживних речовин і тим

самим подвоєння своєї маси. Серед метанових бактерій також є кілька повільних видів, в першу чергу чисті культури вимагають для цього 3-5 днів. Всі інші розщеплюють оцтову кислоту на метан на протязі від декількох годин до трьох днів. Швидше за всіх працюють кислото-утворюючі бактерії, що формують перші перетворення органіки вже на протязі від декількох годин до 2 днів. В ідеальному випадку між фазами розщеплення встановлюється динамічна рівновага в концентрації речовин, а саме між надходженням поживних речовин і їх розкладанням. Найбільш часто помилкою є перегодовування бактерій швидкорозщеплючимся субстратом, що призводить до накопичення кислот через кислото-утворюючі бактерій. У зв'язку з цим може наступити дуже різке падіння рівня pH, якого не переживуть інші бактерії. Крім того, надмірна концентрація виробленої речовини призводить до затримки росту відповідної групи бактерій. Динамічна рівновага також визначається швидкістю розщеплення субстрату. Цукор і крохмаль, наприклад, через свою просту структуру розщеплюються дуже швидко і вимагають лише короткого часу перебування в ферментаторі. Чим складніша структура субстрату, тим довше триває розщеплення. Целюлоза і геміцелюлоза мають широко розгалужену структуру і розкладаються повільно. Лігнін, задерев'яніла речовина у рослин, кількість якого зростає з віком рослини, розкладається бактеріями дуже погано, оскільки він має стійкість навіть до кислот [40].

***Рис. 22.*** **Дигестат як основа сталого органічного виробництва**
*Джерело: [283, с. 6]*

Біогаз утворюється в результаті метанового бродіння органічних речовин. Але газ – це лише 10% від загальної біомаси, з якої він виробляється. А з решти 90% біомаси виходить той самий дигестат. Дигестат – залишок виробництва біогазу з органічної маси [1].

Ця субстанція близька за хімічним складом до компосту, отже, може застосовуватися як додаткове добриво для підвищення родючості ґрунтів. Дигестат буває рідким і твердим. Рідкий дигестат вносять у ґрунт, а тверда фракція дигестату може бути висушеною, гранульованою і її зручно поєднувати з іншими відходами. Також його зручно поєднувати з іншими відходами або органічними продуктами, як, наприклад, деревними стружками, тирсою. Дигестат покращує стан сільськогосподарських культур, надаючи додаткові поживні речовини й допомагаючи підтримувати необхідне зволоження ґрунту. Якщо мінеральні добрива засвоюються лише на 35-50%, то біодобрива – практично на 99% (рис. 22) [1, 21, 246, 283].

У результаті проведеного агрохімічного аналізу дигестату з біогазових установок ТОВ «Теофіпольська енергетична компанія» встановлено, що він містить: азоту – 2570 мг/дм³ у рідкій фракції і 9200 мг/дм³ у твердій; фосфору – 5,3 і 1201,2 мг/кг відповідно та калій – 1963 і 3163 мг/кг (табл. 38) [1].

**38. Склад дигестату з біогазових установок ТОВ «Теофіпольська енергетична компанія»**

| Показники | Рідка фракція, 1 м$^3$ | Тверда фракція, 1 т. |
|---|---|---|
| Масова частка сухих речовин % | 4,2 | 20,1 |
| Масова частка золи в перерахунку на абсолютно суху речовину % | - | 9,9 |
| Масова концентрація загального азоту, мг/дм³ | 2570 | 9200 |
| Вміст фосфору мг/кг | 5,3* | 1201,2 |
| Обмінна кислотність од. pH | 7,97 | 7,98 |
| Активна кислотність од. pH | 7,97 | 7,92 |
| Масова концентрація кальцію мг/кг | 655 | 2102,3 |
| Масова концентрація натрію мг/кг | 154 | 0,3 |
| Масова концентрація магнію мг/кг | 464 | 952 |
| Масова концентрація цинку мг/кг | 5,3 | 7,5 |
| Масова концентрація нікелю мг/кг | <0,002 | <0,002 |
| Масова концентрація міді мг/кг | 1,3 | 1,7 |
| Масова концентрація заліза мг/кг | 96,3 | 181 |
| Масова концентрація калію мг/кг | 1963 | 3163 |
| Масова концентрація марганцю мг/кг | 12,8 | 18,4 |
| Масова концентрація кадмію мг/кг | 0,02 | <0,04 |
| Масова концентрація свинцю мг/кг | 0,05 | 0,06 |

*Джерело: розраховано автором*
** можлива похибка аналізу*

У результаті досліджень при внесенні рідкої фракції дигестату з біогазових установок в якості основного добрива на ТОВ «Органік», ТОВ «Теофіпольська енергетична компанія», Відокремленого підрозділу «Біогаз

Ладижин» ТОВ «Вінницька птахофабрика» та ПрАТ «Оріль-Лідер», встановлено, що за результатами збору урожаю силосу приріст зеленої маси в порівняні з полями, де не застосовувалось таке добриво, склав 15-30% [1].

Окрім зростання урожайності кукурудзи та озимої пшениці, на полях при застосуванні дигестату, також значно зменшились витрати на придбання добрив. Наприклад, за підрахунками експерименту на ТОВ «Органік», на 3798,67 грн./га.

У результаті дослідження також було виявлено, що внесення органічного добрива, окрім збільшення урожайності, здатне позитивно впливати на відновлення структури ґрунту, адже за 1 рік його внесення кислотність ґрунту змінилась від рівня слабокислого (5,4 pH) до рівня близького до нейтрального (6 pH).

Отже, використання дигестату біогазової установки (тверда і рідка фракції) в якості органічних добрив на полях господарства дозволить майже повністю відмовитись від використання мінеральних добрив, а урожай сільськогосподарських культур буде належати до категорії «Eco» і продаватиметься за вищою ціною. Також рідкий дигестат можна продавати населенню для підживлення дерев і рослин, однак для цього повинен бути прийнятий стандарт на дигестат як органічне добриво.

Дигестія суміші кукурудзяного зерна та качана, кукурудзяного качана або лише зернової кукурудзи без качана дає на 43-70% менше виходу метану з гектара, від якого залежить вихід біогазу. Таким чином, біогаз слід виробляти з цілих рослин кукурудзи [41, 253, 266].

На думку А. Кузнецової, К. Куценко [253] виробництво біогазу з гною свиней та ВРХ є більш прибутковим, ніж з кукурудзяного силосу.

Згідно досліджень, проведених у європейських наукових установах, вміст сухої речовини у різних гібридів кукурудзи змінюється в межах від 25,1 до 37,0%, вміст сухої органічної речовини становить 95,0-96,5% від сухої речовини, летких жирних кислот – 2,0-4,7 г × кг, співвідношення C:N – 8,8-33,2 [41, 284]. Збільшення тривалості вегетаційного періоду кукурудзи з 97 до 151 днів призводить до зростання співвідношення C:N з 24,2-37,0 до 45,1-52,1. При цьому питомий вихід $CH_4$ знижується з 313-366 до 268-287 лн.$CH_4$ × кг СОР-1 (сухої органічної речовини), але сумарний вихід метану з 1 т силосу збільшується у 1,9-2,5 рази [41, 266, 285].

Процес АЗ сильно залежить від характеристик вихідної сировини, та активності мікроорганізмів, що беруть участь у різних стадії деградації (Batstone et al., [281]). Перетворення органічних речовин в біогаз можна розділити на три стадії: гідроліз, кислотне утворення, і виробництво метану. На цих різних стадіях, однак, проводяться паралельно, різні групи бактерій співпрацюють, утворюючи анаеробні харчовий ланцюг, де продукти однієї групи будуть субстратами іншої групи. Процес протікає ефективно, якщо швидкість деградацій різні етапи знаходяться в рівновазі (Yong et al., [278]).

Процес деградації може бути діляться на чотири фази: гідроліз, ацидогенез, ацетогенез та метаногенез; і в кожній окремій фазі різні групи факультативних або обов’язкові анаеробні мікроорганізми [282, 286-288].

В кожній з яких участь беруть багато різних груп бактерій [289-291]:

- на першому етапі аеробні бактерії перебудовують високомолекулярні органічні субстанції (білок, вуглеводи, жири, целюлозу) за допомогою ензимів на низькомолекулярні сполуки, такі як цукор, амінокислоти, жирні кислоти і воду. Ензими, виділені гідролізними бактеріями, прикріплюються до зовнішньої стінки бактерій (так звані екзоферменти) і при цьому розщеплюють органічні складові субстрату на малі водорозчинні молекули. Полімери (многомолекулярние освіти) перетворюються в одномірний (окремі молекули). Цей процес, який отримав назву **гідроліз**, має повільний плин і залежить позаклітинних ензимів як наприклад целюлоза, амілази, протеази і ліпази. На процес впливає рівень pH (4,5-6,0) і час перебування в резервуарі [7, 40, 254, 255, 292].

- далі розщепленням займаються кислото-утворюючі бактерії. Окремі молекули проникають в клітини бактерій, де вони продовжують розкладатися. У цьому етапі частково беруть участь анаеробні бактерії, які використовують залишки кисню і утворюють тим самим необхідні для метанових бактерій анаеробні умови. При рівні pH 6-7,5 виробляються в першу чергу нестійкі жирні кислоти (карбонові кислоти - оцтова, мурашина, масляна, пропіонова кислоти), низькомолекулярні алкоголі - етанол і гази - двоокис вуглецю, вуглець, сірководень і аміак. Цей етап називають **фазою окислення** (рівень pH знижується) [40, 282].

– після цього кислото-утворюючі бактерії з органічних кислот утворюють вихідні продукти для формування метану, а саме: оцтову кислоту, двоокис вуглецю і вуглець. Такі бактерії, що знижують кількість вуглецю є дуже чутливими до температури [40, 282].

– на останньому етапі утворюється метан, двоокис вуглецю і вода, як продукт життєдіяльності метанових бактерій 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 (тобто 3 етап розщеплення) є фактором, що визначає швидкість утворення метану. Метанові бактерії виключно анаеробні. Оптимальний рівень pH становить 7, при чому амплітуда температурних коливань може бути в межах 6,6-8 [40].

Швидкість розщеплення субстратів має прямий вплив на технічно необхідний час для бродіння. Таким чином, вже при плануванні біогазової установки варто чітко визначити, який субстрат або які субстрати будуть використовуватися для бродіння. Однак не тільки технічно необхідний час для бродіння визначає час перебування в ферментаторі, значення мають також економічні показники. Якщо ми хочемо переробити дуже задерев'янілих матеріал, то для цього варто передбачити дуже великий обсяг ферментатора, щоб отримати з нього метан. З економічної точки зору це не має сенсу. Час бродіння, таким чином, визначається динамікою анаеробного розщеплення і швидкістю розщеплення певного субстрату [40].

Процес виконується термофільній, або мезофільні умови, використовуючи гідравлічні часи утримання (HRT) 12-25 ГЗТ зазвичай обернено пропорційна температурі процесу. Як правило, субстрати і,

зокрема, тваринні побічні продукти, які є для відправки в варовий котел спочатку проходять контрольовану попередню санітарію фази, щоб інактивувати патогени і порушувати їх цикли поширення. Після процес АЗ, перетравлений залишок переносять в ємності для зберігання, які зазвичай покривають газонепроникною мембраною для відновлення залишився газ і запобігти витоку метану в атмосферу. Перебродженний залишок володіє високим вмістом поживних речовин, і тому він може ефективно застосовуватись на поля як добриво [243].

Виробництво біогазу за допомогою АЗ має значні переваги перед іншими форми біоенергетичного виробництва. Вона була визначена як одна з найбільш енергоефективні та екологічно вигідні технології біоенергетики виробництво (Deublein and Steinhauser, [293]). Програми із нарощування виробництва біопалива стартували багато років назад, мають істотну фінансову підтримку із сторони багатьох держав, а також приносять виробникам великі прибутки. Тому відказатися від даного напрямку означає найти інше застосування багато мільонного об'єму зерна, до цього суспільство ще не готово [242].

Щоб оцінити рентабельність виробництва біогазу ми розрізняємо три види сировини (свинячий гній та гній ВРХ, пташиний послід, і кукурудзяний силос) та три рівні потужності заводів (зі встановленою електричною потужністю у 0,5, 1 та 3 МВтел) [253].

Для аналізу витрат і доходів від виробництва біогазу, ми розділяємо витрати на 2 групи:

1) **витрати на виробництво** (закупівля устаткування і земельної ділянки; витрати на персонал, електроенергію, водопостачання);

2) **операційні витрати і витрати на сировину**,та щорічні витрати на експлуатацію, і ремонт обладнання. Доходи можна отримати від продажу електроенергії (яка виробляється з біогазу і продається за зеленим тарифом) та від продажу або власного використання біодобрив [242, 253].

Обчислюють також внутрішню **норму рентабельності** (IRR), **термін окупності** (PP) і **чисту теперішню вартість** (NPV) [253].

Для отримання дигестату можуть використовуватись будь-які органічні відходи, придатні для виробництва біогазу: гній; пташиний послід [7, 8, 19, 261, 294]; зерно, меляса, після спиртова і пивна дробина, буряковий жом, фекальні стоки; відходи рибного та забійного цеху (кров, жир, нутрощі), трава, побутові відходи органічного походження, відходи молокозаводів – солона та солодка молочна сироватка, відходи від виробництва біоетанолу, 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, відходи виробництва чіпсів – очищення, шкурки, гнилі бульби [247]; макуха, силос, барда, цукровий буряк, гичка, клітковина, крохмаль і патока від виробництва, флотаційний шлам (осад), зневоднений флотаційний шлам (осад) з міських заводів, що займаються очищенням стічних вод, водорості та інше [211, 253, 265, 295].

Дослідження, щодо використання різних органічних решток та тваринних відходів в якості субстрактів проводилися багатьма вченими [296-300]. На разі 86% біогазового потенціалу сконцентровано в сільськогосподарській сировині і лише 8% в промислових і комунальних відходах [40].

Властивості дигестату будуть визначатися сировиною, яка використовується для виробництва біогазу в біогазовій станції. Біомаса характеризується такими фізико-хімічними показниками, як: вологість, вміст сухої речовини (СР), вміст органічної сухої речовини (оСР), кислотність (pH), вміст білків, вуглеводів та жирів. В 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 добавки [247, 282]. Від цих показників залежить час зброджування, кількість одержуваного біогазу та його склад і властивості майбутнього біодобрива «дигестату».

Надзвичайно придатною сировиною для заводів з виробництва біогазу є гній ВРХ, свинячий гній та курячий послід, оскільки основна бактерія, що виробляє метан, вже міститься в шлунку тварин [7, 253-255].

Відомо понад 50 видів метаногенів, які поділяють на три класи – Methanobacteria, Methanococci і Methanopyri. Всі вони входять до типу Euryarchaeota. **Метаногени** – археї. Археї (лат. *Archaea*, від грец. Αρχαία «старі», також **архебактерії** *Archaebacteria*) одна з груп живих організмів, до якої належать мікроскопічні одноклітинні – прокаріоти, що дуже відрізняються низкою фізіолого-біохімічних ознак від справжніх бактерій (еубактерій). Хоча досі є невизначеність в точному філогенезі цих груп, археї, еукаріоти і бактерії є фундаментальними групами в так званій системі трьох доменів. Археїв спочатку було виявлено в екстремальних середовищах, але потім їх було знайдено в усіх типах екосистем. Архебактерії суттєво відрізняються від інших мікроорганізмів за складом і послідовністю нуклеотидів у рибосом них і транспортних РНК [40, 253]. Однак, специфічне виробництво газу нижче, а вміст метану становить близько 60-65% через попереднє бродіння в шлунку [253, 301].

В анаеробному процесі розщеплення близько 50% беруть участь бактерій аеробними або факультативно аеробними вимогами або добре переносить кисень. Світло і не є для бактерій смертельним, воно уповільнює процес анаеробного зброджування. Тому на практиці використовують світлонепроникні кришки [40, 289, 291, 302-305]. Біогаз утворюється в наслідок розкладу органічної речовини (надалі скорочено - органіка) бактеріями. Різні групи бактерій розкладають органічні компонент, що складаються переважно з води, білка, жиру, вуглеводів і мінеральних речовин на їх первинні складові – вуглекислий газ, мінерали та воду. Як продукт обміну речовин при цьому утворюється суміш газів, що отримала назву біогаз. Горючий метан ($CH_4$) становить від 5 до 85% і є основним компонентом біогазу, а значить і основним енерговмістним компонентом. Такий природний процес розкладання можливий лише в анаеробних умовах, тобто тільки за відсутності доступу кисню. Цей процес розкладання називають також гниттям - його можна спостерігати в болтах, озерах, трясовинах і т.д. Якщо в такому середовищі присутня кисень, то

органіку розкладають інші бактерії; в такому випадку процес буде називатися компостуванням [40, 277].

Однак, специфічне виробництво газу нижче, а вміст метану становить близько 60-65% через попереднє бродіння в шлунку [301].

Згідно добових норм виходу екскрементів ВРХ, свиней та курей. Для того, щоб забезпечити сировиною біогазовий завод із встановленою електричною потужністю 0,5 МВтел, необхідно принаймні 2 тис. (дійних) корів, або 25 тис. постійного поголів'я свиней, або 250 тис. курей-несучок (або 500 тис. бройлерів). Беручи до уваги, що 1 м$^3$ біогазу в середньому може бути трансформований у 1,5-3 кВт/год електроенергії, на основі оціненого потенціалу Україна може виробити 6,28-12,57 млрд. кВт/год електроенергії на рік. Це становить 3-7% від поточного українського виробництва електроенергії [253, 277].

Відбулось скорочення викидів метану (-78,1% до 1990 р.) зі зміною чисельності поголів'я худоби, структури розподілу гною, зменшенням посівної площі рису. Зміна викидів оксиду азоту пов'язана зі змінами кількості внесених добрив, площ під певними культурами та їх продуктивністю [1]. Загалом викиди парникових газів в АПК знизилися на 53,3% в порівнянні з 1990 р., водночас, потягом останніх п'яти років, спостерігається тенденція до їх зростання в Україні майже синхронно зі зростанням обсягів продукції рослинництва і тваринництва (рис. 23) [25-27, 306].

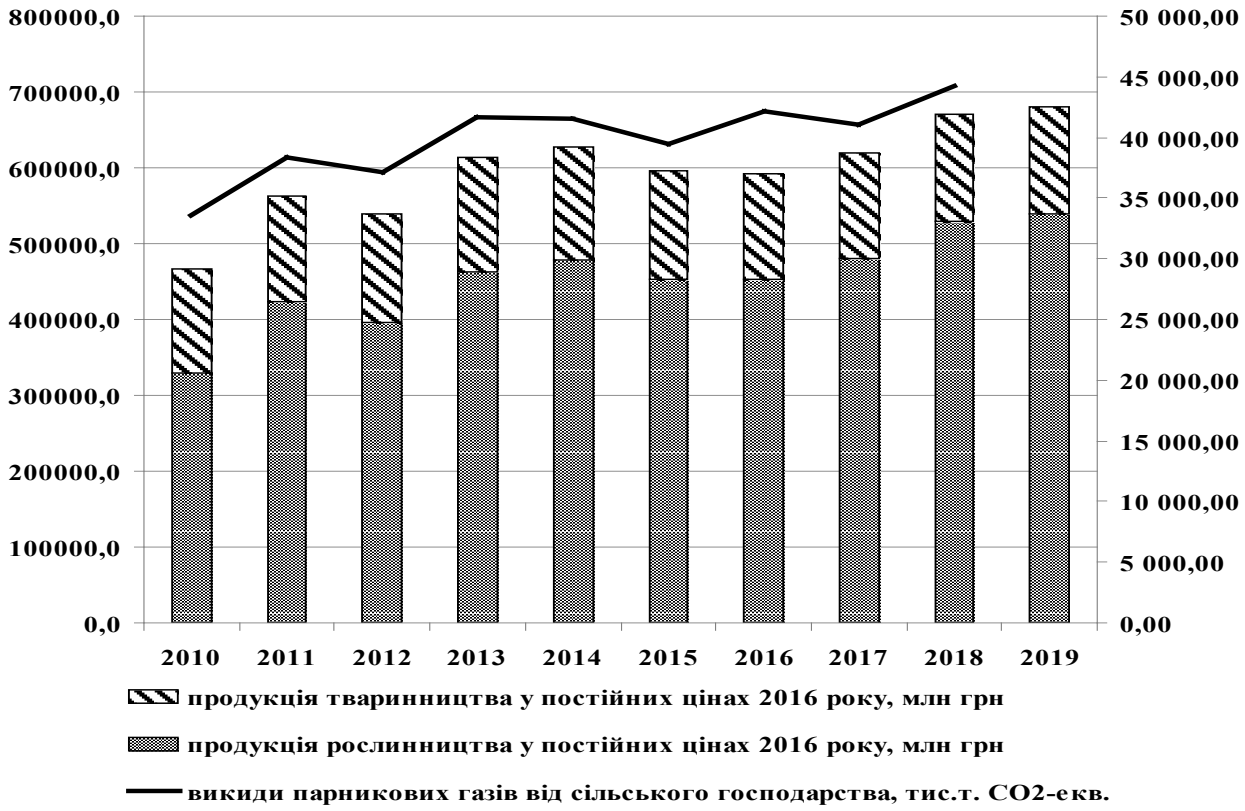


***Рис. 23.*** **Обсяг виробленої продукції АПК та викидах парникових газів від її виробництва в Україні у 2010-2019 рр.**

*Джерело: дані Державної служби статистики України [25], Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [27], United National Climate Change [26]*

У сільському господарстві зростання викидів парникових газів впродовж останніх років зумовлені необґрунтовано високим рівнем сільськогосподарського освоєння території та незбалансованим співвідношенням між земельними угіддями і науково обґрунтованими принципами землекористування та основ землеробства, у тому числі недотриманням сівозмін, зменшенням обсягу внесення органічних добрив, використанням викопних видів палива тощо [1].

Якщо ферментатор знову заповнити субстратом, то після проходження окремих фаз процесу розщеплення біогаз утворюється повільно. Кількість виробленого щодня біогазу зростає до того моменту, поки не буде досягнуто максимуму. На момент досягнення кульмінаційного моменту субстрат, який легко розкладається, буде перероблений і бактеріям залишаться лише речовини, які важко перетравлювати. Цим самим кількість щодня газу, що виробляється буде знижуватися до тих пір, поки не буде розщеплений весь доступний матеріал або поки субстрат не можна буде розщеплювати далі. Такий процес утворення біогазу схожий на так званий періодичний метод [40].

У воді виділення метану видно за бульбашками газу, що піднімається на поверхню. Залежно від місця проходження, мова може йти про болотний газ, гнильний газ, газ стічних вод, гірничий газ, сміттєвий газ, або, як його прийнято називати в сільському господарстві, про біогаз. За великим рахунком з будь-якої органіки в умовах відсутності кисню можна добути біогаз. Бактерії повинні лише мати достатню кількість часу, щоб впоратися з матеріалом, який складно розкладається, яким можуть бути, наприклад здерев'янілі рослини [40, 253].

Метанові бактерії можуть жити і розмножуватися, коли субстрати в достатній мірі розчинені у воді (в складі мінімум 50% води). На відміну від аеробних бактерій, дріжджів і грибів вони не можуть існувати в твердій фазі. Тому для так званих технологій твердих процесів є необхідність в зволоженні матеріалу, хоча спочатку несуттєво, чи є субстрат спочатку вологим або став таким шляхом зрошення або змішування [40, 253, 277]. Однак метан теж має свої недоліки: при попаданні в повітря він дуже повільно окислюється на двоокис вуглеводу і воду під впливом сонячних променів, озону і так званих радикалів (молекули $HO^-$, швидко вступають в реакцію).

Метан після двоокису вуглеводу (на 50% викликає парниковий ефект) є найбільш поширеним забруднювачем повітря і на 20% викликає явище парникового ефекту. Крім того, при окисленні він споживає озон і цим самим робить свій внесок у збільшення озонової діри в стратосфері [40, 307].

Енергетичні рівняння показують, що одна тонна рослинної біомаси (солома або зерно) має енергетичну цінність, яку можна прирівняти до тонни деревини та приблизно до півтонни викопного палива. У Європейському союзі 500 000 га (тобто 3,5% всієї кукурудзи Європи) переробляються на етанол, 900000 га (6% площ) слугують метанізації, що являє собою 10 млн. т заміни нафтового еквіваленту, 1 млн. га кукурудзи переробляється крохмальною промисловістю, 40% виробництва якої призначені для харчового використання. Біологічні види палива (біодизель, біоетанол) демонструють енергетичні

показники та показники кількості викидів парникових газів більш позитивні, ніж викопні види палива (дизель, бензин) [28, 265].

Теоретично всі органічні речовини можна хоча б частково розкласти як аеробним, так і анаеробним шляхом. Принциповим правилом є те, що тверді, зі складною структурою матеріали – такі як деревина і солома – краще підходять для аеробних умов, тобто компостування, в той час як рідкі матеріали – гній, відходи продуктів харчування, жири тощо, краще розкладаються в анаеробних умовах (бродіння) [7, 254, 292]. Вибір методу (бродіння або компостування), яким їх краще всього переробляти, залежить, в першу чергу, від вмісту сухої речовини [265].

Існують і інші думки, щодо можливості отримання альтернативних джерел енергії із основної продукції кукурудзи. Так, зокрема, ФАО негативно ставиться до використання зерна кукурудзи для отримання біопалива. Використання кукурудзи для отримання етанолу в США сприяє росту світових цін на зерно [242].

Складна економічна ситуація в Україні та зростання цін на енергоносії, значну частку яких Україна імпортує, спонукають до пошуку альтернативних джерел їх отримання. Основним з них є продукція рослинництва; зокрема олії ріпаку і соняшнику використовують для отримання біодизеля, біомасу та рослинні рештки кукурудзи – біогазу (біометану), зерно кукурудзи, пшениці, тритикале, коренеплоди буряків цукрових, цукрову тростину, деревну стружку – для отримання біоетанолу [6, 61, 62].

Кукурудзяний силос є найкращим субстратом у процесі метанізації, оскільки кукурудзу не тільки легко збирати та зберігати, вона ще постачає найбільшу кількість енергії через високу продуктивність біомаси – 22-26 тис. кВт-год, трав'яний силос – від 1 до 15 тис., зернові – 12-15 тис. кВт-год [28]. Не весь вуглець з кукурудзяного субстрату перетворюється на метан. Залишок вуглецю опиняється в осаді, який можна використати як добриво на полях. У цьому осаді також містяться майже всі мінерали з субстрату - фосфор, калій та азот, які, розкидані у твердій формі, зменшують викиди, пов'язані із втратами через випаровування.

У постачанні первинної енергії на частку відновлюваної енергетики припадає 13 % у світовому масштабі. З них на біомасу припадає 10 %, або 258 млн т н е на рік, тобто у світі біомаса забезпечує найбільшу частку постачання енергії з відновних джерел. В Україні частка біомаси в первинному енергопостачанні становить лише 1,4 %, або 1695 тис т н е. [308, 309].

В Україні виробництво біогазу з відходів тваринництва розвивається надзвичайно низькими темпами. В 2014 році діяло шість біогазових установок, що використовують гній або послід, а в 2019 році – 18.

В 2014 році Україні поголів'я тварин становить 2,5 млн. голів великої рогатої худоби (ВРХ), 7,9 млн. свиней та 230,3 млн. птиці. У перерахунку на відходи, це становитиме до 15 млн. $м^3$ гною ВРХ, 166 млн $м^3$ гною свиней та 1725 млн $м^3$ посліду птахів. З цих відходів можливо отримувати від 2831 $Нм^3$ до 4711 $Нм^3$ біогазу на рік, або від 1779 млн $Нм^3$ до 2862 млн $Нм^3$ біометану на рік. [309]. В 2019 році поголів'я великої рогатої худоби (ВРХ) в Україні становило

3,729 млн. голів, 6,137 млн. свиней та 210,4 млн. птиці [310].

**39. Потенціал отримання біогазу з відходів тваринництва в Україні**

| Вид тварин | Поголів'я, млн. голів | Вихід гною, або посліду, $м^{3/}$тваринно-місце/рік | Вихід біогазу, $Нм^3$/т субстрату | | Вміст метану,% | Вихід біогазу, $Нм^3$/рік | | Вихід біометану, $Нм^3$/рік |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Діапазон вимірів* | середнє | | min | max | min |
| ВРХ | 2,5 | 7,5-21,0 | 20-30 | 25 | 60 | 485 | 1360 | 279 |
| Свині | 7,9 | 1,2-6,0 | 20-35 | 28 | 65 | 251 | 1256 | 153 |
| Птиця | 230,3 | 7,5(х100тварино-місце в рік) | 130-270 | 140 | 64 | 2095 | 2095 | 1347 |

*- *залежно від характеристики відходів та процесу переробки*

Тваринницькі комплекси та птахофабрики можна розглядати в першу чергу як виробників відходів, оскільки обсяги гною і посліду в сотні і тисячі разів перевищують обсяги основної продукції [8, 18].

Гній та послід також містять **патогени**, бактерії, стійкі до антибіотиків, і тому можуть стати причиною поширенням хвороб. Близько половини всіх антибіотиків у світі використовуються саме в тваринництві для запобігання хворобам. Надмірне використання антибіотиків на фермах призводить до виникнення та поширення вірусів та бактерій, стійких до антибіотиків. Через гній або послід вони потрапляють до навколишнього середовища і спричиняють захворювання тварин та людей. Наприклад, у відходах промислових ферм може міститися метицелін-резистентний стафілокок – смертельно небезпечна бактерія, стійка до антибіотиків. Метицелін-резистентний стафілокок є збудником таких захворювань, як сепсис, пневмонія [199, 243, 288, 311].

Гній та послід є також джерелом **викидів аміаку, метану** та інших газів у повітря. При зберіганні у лагунах відкритого типу або внесенні на поля у великій кількості місцеве населення, що проживає поряд з промисловими фермами, потерпає від неприємного специфічного запаху. В Україні такі складові запаху, як метилмеркаптан, диметиламін, диметилсульфід не нормуються. Нормуються лише основні сполуки, такі, як метан, аміак, діоксид азоту, але і сучасні межі санітарно-захисних зон зазвичай недостатні, щоб запобігти експозиції місцевого населення до запаху, який спричинює зниження самопочуття, імунітету, алергічні реакції, респіраторні захворювання [40, 265, 288, 309, 311].

Окрім неприємного запаху, що розповсюджується на кілометри, викиди від промислових ферм є шкідливими для довкілля та спричиняють у **зміну клімату**. Відповідно до оцінок Всесвітньої організації з продовольства та сільського господарства, тваринництво відповідає за 18% від усіх викидів парникових газів людства15 – це більше, ніж викиди від транспорту. Гній та послід спричинюють викиди 7 % загального обсягу від викидів закису азоту, який є одним із найнебезпечніших парникових газів [213, 214, 243, 309].

Промислове тваринництво через утворення великої кількості гною та посліду є одним із основних джерел **викидів аміаку**. Наприклад, у країнах ЄС (ЄС-27) тваринництво відповідає за 51% всіх викидів аміаку. Викиди

аміаку небезпечні, оскільки аміак може викликати закиснення ґрунтів та евтрофіацію [8, 18, 19, 309].

Анаеробне зброджування гною або посліду дасть змогу зменшити ризик забруднення ґрунтів та води, зменшити викиди в атмосферу та вплив на зміни клімату. При ньому 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. Значно зменшується ризик забруднення ґрунтів та води азотом, фосфором та іншими поживними речовинами, та, відповідно, загроз для питного водопостачання та водно-болотних угідь, зменшується експозиція до запаху місцевого населення. Залишки від бродіння (*дигестат*) містять значну кількість легкодоступного для рослин азоту, крім того – фосфор, калій, сірку та мікроелементи [289, 290, 309, 312, 313].

В 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 тільки 30% азотних речовин за рахунок мінеральних добрив, а калій та фосфор покриваються в пропорції 1:1. За рахунок застосування залишків бродіння зменшується шкідливий вплив попереднього циклу на навколишнє середовище, як у зв'язку з парниковими викидами, так і в плані використання мінеральної сировини [40, 211, 309].

Крім отримання чистої енергії, біогаз дозволяє замінювати мінеральні добрива на органічні – збільшується врожайність та екологічність продукції. Для виробника сільськогосподарської продукції це й спосіб додаткових надходжень [265].

Гній та послід ідеально підходять як субстрат, який легко змішується з іншою сировиною. Наприклад, часто використовуються відходи сільгоспвиробництва, біогенні відходи харчової промисловості. Таким чином, можна створювати програми для конкретного місця розташування, що дають змогу раціонально використати наявні ресурси [253, 255, 275, 309, 314].

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 і температурного середовища 15-25°С для психофільних, 30-40°С для мезофільних і 50-70°С для термофільних бактерій. Коливання температури на протязі доби не повинні перевищувати двох градусів для психрофільного режиму зброджування, одного градуса – для мезофільного і 0,5 градусів – для термофільного режимів [254, 295, 314-316].

Тривалість бродіння сировини при психрофільному температурному режимі складає від 30-40 і більше діб, при мезофільному режимі – в межах 10-20 діб, при термофільному – в межах 5-10 діб [248, 302, 317-321]. Для анаеробного зброджування, в більшості випадків, у процесі отримання дигестату використовують мезофільний режим, при ньому температурний режим становить 34-35 °С [316, 322-328].

Метанові бактерії виконують свою життєдіяльність в межах температури 0-70ºС. Якщо температура вище вони починають гинути, за винятком кількох

штамів, які можуть жити при температурі середовища до 90ºС. При мінусовій температурі вони виживають, але припиняють свою життєдіяльність. У літературі як нижню межу температури вказують 3-4ºС [40, 245, 302, 317-321].

Не дивлячись на те, що процес розкладання целюлози в термофільних умовах проходить в 14 разів інтенсивніше, ніж у мезофільних, а кількість біогазу, що отримується, на 25-30 % вище, термофільні процеси мають меншу стабільність, ніж мезофільні, а допустимі коливання температури значно знижуються [319, 324, 328].

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% в літній період і 85% – в зимовий. Для досягнення необхідної вологості сировина розбавляється водою [243, 248, 329]. Таким чином, для бродіння твердих субстратів (помилково іноді називають сухим бродінням) існує потреба в воді [40].

**40. Кількість води для досягнення необхідної вологості на 100 кг гною,** [205]

| Необхідна вологість | Початкова вологість сировини | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 60% | 65% | 70% | 75% | 80% | 85% | 90% |
| 85% | 166 літрів | 133 літрів | 100 літрів | 67 літрів | 33,5 літрів | - | - |
| 92% | 400 літрів | 337 літрів | 275 літрів | 213 літрів | 150 літрів | 87,5 літрів | 25 літрів |

Чим вище відсоток вмісту сухої речовини в ко-субстраті (метантені), тим більше робочого часу необхідно буде витратити на його переробку в резервуарі попереднього зберігання [321].

Застосування біоорганічного добрива (дигестат) забезпечує підвищення врожайності на 10-50%, покращує якість отриманої продукції та підвищує родючість ґрунту [248, 313].

Використання гною як моно- субстрату для виробництва біогазу, а й відповідно дигестату, в більшості випадків з економічної точки зору є недоцільним та потребує додавання рослинних субстратів [41, 253, 330]. Крім силосу кукурудзи, використовують також силос цукрового і трав'янистого сорго, цукрові буряки, конюшину, свічграс, тритікале та ряд інших [41, 274, 277, 284], соняшник, міскантус, просо, коноплі [41, 331], солома, бадилля [7, 18, 211, 274, 277], листя [332]. Крім того, додавання в послід торфу, тирси, лігніну або соломи помітно знижує втрати азоту [255, 275].

Складність використання деякої рослинної біомаси в якості субстратів для біогазових установок обумовлена як фізико-механічними так і хімічними її властивостями. Рослинні рештки мають низьку питому щільність та розгалужену капіляру структуру, вкриту гідрофобними компонентами (воски, лігнін), що призводить до утворення в біореакторі щільних плаваючих шарів. Наявність останніх значно погіршує протікання процесу

шумування, та в окремих випадках призводить до аварій. Крім того хімічна стійкість рослинної біомаси до біологічної дії бактерій значно погіршує умови та степінь кінцевої деструкції такого субстрату, що в цілому погіршує метаногенез процесу [332].

Компонентний склад органічної речовини та здатність її до біологічного розпаду є ключовими факторами, що визначають потенціал виходу метану з силосу кукурудзи та якість дигестату [253, 333]. У свою чергу компонентний склад органічної речовини кукурудзи залежить від ряду факторів: місця вирощування, кліматичних умов, гібриду кукурудзи, тривалості вегетаційного періоду, технології вирощування, способу силосування кукурудзи [253, 285].

В природі анаеробний процес розкладання із виділенням метану називають також **гниттям** – його можна спостерігати в болтах, озерах, трясовинах і т.д. Якщо в такому середовищі присутній кисень, то органіку розкладають інші бактерії; в такому випадку процес буде називатися **компостуванням.** Іншими природними процесами розкладання є наприклад горіння, перетравлення або бродіння. Енергія, що вивільняється внаслідок анаеробного процесу не втрачається як тепло при компостуванні, внаслідок життєдіяльності метанових бактерій вона перетворюється в молекули метану [40, 277, 331].

Процеси гниття відомі дуже давно, вони вже відбувалися навіть тоді, коли наша атмосфера мала зовсім інший склад. Метанові бактерії належать до найдавніших і найбільш пристосованим живим істотам на планеті Земля. Процеси гниття мають широке поширення: в товщі морів, річок і озер («блукаючий вогник») вони відбуваються так само, як і в трясовині, болотах, шарах ґрунту, куди не проникає кисень, на звалищах сміття, в буртах гною, лагунах, відстійниках гною, на ділянках вирощування рису і в калі жуйних парнокопитних тварин (вони виробляють близько 200 л метану в день) [40].

Досить важливими для бактерій є нікель, кобальт, молібден, вольфрам і залізо особливо для формування ензимів. Процес утворення біогазу може відбуватися з широким спектром поживних речовин з низькою або високою їх концентрацією. Цей факт підтверджує також досвід з практики, що через певний період часу бактерії звикають навіть до несприятливих умов існування. Багато мікроелементів утворюють із сіркою стійкі сульфіди і тому може виникати їх дефіцит. Нестачу заліза як і для рослин можна визначити світлішання субстрату. Дорогий аналіз на дефіцит мікроелементів варто робити тільки тоді, коли всі інші фактори (сповільнення через аміак, сірку, надлишкову кислотність, нестачу субстрату, техніку) вже перевірені і виключені як негативно впливаючі на процес чинники [5, 253].

Інтенсивність бродіння можна підвищити механічним розщепленням і руйнуванням структури твердих органічних компонентів або механічної деструкцією [305, 307], що приводить до збільшення активної поверхні, яка обробляється метанотвірними мікроорганізмами, руйнування клітин і вивільнення здатної до бродіння внутрішньоклітинної рідини, що містить легкорозчинні органічні речовини [294].

Зокрема, за розрахунками Біоенергетичної Асоціації України,

економічний потенціал відходів тваринництва у 5 разів нижчий за економічний потенціал соломи зернових культур, або у 4,5 разів нижчий за відходи переробки кукурудзи [309].

**41. Енергетичний потенціал біомаси в Україні за різними розрахунками**

| Вид біомаси | Теоретичний потенціал, млн.. т. у. п. (за розрахунками БАУ) | Економічний потенціал, млн.. т. у. п. /рік (за розрахунками БАУ) | Економічний потенціал, млн.. т. у. п. /рік (за розрахунками НЕЦУ) |
|---|---|---|---|
| Солома зернових культур | 30,6 | 4,54 | 5,6 |
| Відходи виробництва кукурудзи на зерно | 40,2 | 4,39 | 2,4 |
| Відходи виробництва соняшника | 21,0 | 1,72 | 2,3 |
| Біомаса з деревини | 4,2 | 1,77 | 2,0 |
| Рідкі палива (біодизель, біоетанол) | - | 2,2 | 2,2 |
| Біогаз із гною (або посліду) | 1,6 млрд $м^3$ метану | 0,97 | 1,6 |
| Біогаз із полігонів ТПВ | 0,6 млрд $м^3$ метану | 0,26 | 0,3 |
| Біогаз із стічних вод | 1,0 млрд $м^3$ метану | 0,27 | 0,2 |
| Торф | - | 0,4 | 0,6 |

*БАУ Аналітична записка №9 сумарний стан та перспективи розвитку біоенергетики України 2014*

Вихід біогазу та метану за методами проводять на основі якісних показників зеленої маси сорго цукрового і кукурудзи за методом запропонованими T. Amon та іншими [266] та A.M. Buswell, H.F. Mueller [334]. У розрахунках прийнято, що вихід метану становить 58% від отриманого біогазу.

Існує цілий ряд субстанцій, які можуть уповільнити або й зовсім припинити обмін речовин і розвиток мікроорганізмів при анаеробному зброджуванні:

• деякі речовини пошкоджують оболонку клітин або структуру бактерій (пральні порошки і т. д), інші речовини руйнують ензими обміну речовин клітини (важкі метали і т. д.);

• антибіотики, хіміотерапевтичні і дезінфікуючі засоби можуть стримувати процес бродіння і привести до його повної зупинки, особливо при їх високої концентрації, це може статися, якщо все поголів'я або приміщення почали дезінфікувати;

• стримуючий вплив робить також накопичення органічних кислот (карбонові кислоти, жирні кислоти), які утворюються при анаеробному розкладанні органіки [40].

**Пригнічуючий ефект мають також вторинні компоненти:** сполуки сірки (серед іншого в теплицях для вирощування капусти, лукапорея і ріпчастої цибулі); ефірні масла (шкірка цитрусових, часник); кислота

щавлева (наприклад в різних видах конюшини); ціаніди, таніни і т. п. [40, 253].

**42. Співільнюючий і токсичний вплив важких металів на необхідну концентрацію біогазу**

| Назва металу | Пригнічуюча дія [1)] мг/л | Токсична дія, мг/л | Необхідна концентрація [2)] мг/л | Допустима концентрація [3)]мг/л |
|---|---|---|---|---|
| Мідь (Cu) | 40-250 | 170-300 | | |
| Кадмій (Cd) | 150-600 | 20-600 | | 0,12 |
| Цинк (Zn) | 150-600 | 250-600 | | 32 |
| Нікель (Ni) | 10-300 | 30-1000 | 0,006-0,5 | 4 |
| Свинець (Pb) | 300-340 | 340 | 0,02-200 | 12 |
| Хром III (Cr) | 120-300 | 260-500 | 0,005-50 | 8 |
| Хром VI (Cr) | 100-110 | 200-420 | | |
| Кобальт (Ko) | | | 0,003-0,06 | |
| Молібден (Mob) | | | 0,005-0,05 | |
| Селен (Se) | | | 0,008 | |
| Марганець (Mn) | | | 0,005-50 | |
| Ртуть (Hg) | | | | 0,08 |
| Залізо ($Fe^{2+}$) | | | 1-10 | |

*Примітка: [1)] Böhnke et., 1993; [2)] Krieg/Sahm/Schmack [3)] відповідно BioabfallVO, розраховано для 8% сухої речовини, на прикладі гною*

Розвиток ринку органічних добрив, в тому числі з переробленої в біогазових реакторах маси, в перспективі буде сприяти розвитку ринку екологічно чистої продукції сільського господарства в Україні та підвищенню конкурентоспроможності з аналогічним ринком в країнах ЄС [211].

## 5.1. Екологічні проблеми з відходами тваринництва, які вирішуються за рахунок виробництва біогазу

Тваринницькі ферми є джерелом таких викидів небезпечних речовин і речовин-забруднювачів: аміак, концентрація якого призводить до кислотних дощів і формування аерозолів, небезпечних для здоров'я; парникові гази (тваринництво продукує близько 18 % від усіх видів парникових газів людства, зокрема, метан від цієї галузі становлять близько 16 % річних викидів у світі, оксиду азоту – 17 % від загального обсягу; та багато інших речовин і сполук).

Наразі в Україні утворення великої кількості відходів на промислових фермах – це екологічна проблема, яка потребує вирішення. Переробка відходів тваринництва з утворенням біогазу дасть змогу частково розв'язати екологічні проблеми, а також отримати переваги у вигляді децентралізованого виробництва відновлюваної енергії або виробництва палива. Анаеробне зброджування гною та посліду дає змогу запобігти

суттєвим екологічним проблемам, які виникають, якщо великі кількості гною та посліду утилізуються традиційними методами [7, 19, 294, 335-336].

### 43. Групування підприємств за кількістю сільськогосподарських тварин на 1 січня 2019 року*

| Показник | Кількість підприємств | | Кількість тварин | |
|---|---|---|---|---|
| | одиниць | у % до загальної кількості | тис.голів | у % до загальної кількості |
| **Велика рогата худоба** | | | | |
| Підприємства, усього | 2296 | 100,0 | 1138,1 | 100,0 |
| до 50 | 633 | 27,6 | 12,3 | 1,1 |
| 50-99 | 210 | 9,1 | 15,0 | 1,3 |
| 100-499 | 741 | 32,3 | 202,9 | 17,8 |
| 500-999 | 394 | 17,1 | 274,7 | 24,1 |
| 1000-1499 | 144 | 6,3 | 177,0 | 15,6 |
| більше 1500 | 174 | 7,6 | 456,2 | 40,1 |
| **Свині** | | | | |
| Підприємства – усього | 1729 | 100,0 | 3395,6 | 100,0 |
| до 100 | 382 | 22,1 | 8,6 | 0,3 |
| 100 – 199 | 206 | 11,9 | 14,9 | 0,4 |
| 200 – 499 | 539 | 31,2 | 134,0 | 3,9 |
| 500 – 999 | 195 | 11,3 | 141,8 | 4,2 |
| 1000 – 4999 | 283 | 16,3 | 640,8 | 18,9 |
| 5000 – 9999 | 50 | 2,9 | 348,6 | 10,3 |
| більше 10000 | 74 | 4,3 | 2106,9 | 62,0 |
| **Вівці та кози** | | | | |
| Підприємства – усього | 688 | 100,0 | 182,3 | 100,0 |
| до 50 | 243 | 35,3 | 5,5 | 3,0 |
| 50 – 99 | 112 | 16,3 | 7,9 | 4,4 |
| 100 – 199 | 132 | 19,2 | 18,4 | 10,1 |
| 200 – 499 | 113 | 16,4 | 34,7 | 19,0 |
| більше 500 | 88 | 12,8 | 115,8 | 63,5 |
| **Птиця** | | | | |
| Підприємства – усього | 449 | 100,0 | 118812,9 | 100,0 |
| до 4999 | 187 | 41,6 | 186,6 | 0,2 |
| 5000 –49999 | 113 | 25,2 | 2378,9 | 2,0 |
| 50000 – 99999 | 25 | 5,6 | 1800,7 | 1,5 |
| 100000 – 499999 | 87 | 19,4 | 21150,1 | 17,8 |
| більше 500000 | 37 | 8,2 | 93296,6 | 78,5 |

**Джерело: Державна служба статистики України*

Розвиток тваринництва є ріоритетним завданням аграрного сектору у найближчі роки. При цьому розведення худоби у населення, як це переважно відбувається сьогодні, не вважається оптимальною формою бізнесу для

галузі тваринництва. Водночас відбувається бурхливий розвиток так званих агрохолдингів – великих виробників, що контролюють фактично повний цикл виробництва, з потужними фінансовими та природними ресурсами. Такі підприємства переважно займаються розведенням свиней та птиці – тих напрямів тваринництва, що потребують порівняно невеликого часу і трудових затрат для отримання прибутку. Саме такі великі підприємства, в більшості, і отримують інвестиції та державну підтримку, а не дрібні та середні сільськогосподарські підприємства. На підприємствах інтенсивного тваринництва на обмеженій території водночас можуть утримувати сотні і тисячі тварин та мільйони птиці. Що, без належного управління, несе серйозні ризики для якості води, повітря, ґрунтів, біорізноманіття та здоров'я людей.

Сьогодні, наприклад, ринок курятини в Україні є перенасиченим виробництвом переважно однієї компанії «Миронівський хлібопродукт», що виробляє понад півмільйона тон м'яса на рік. Майже чверть своєї продукції компанія експортує. Це робить компанію найбільшим виробником птиці в Європі. Такі промислові ферми споживають величезну кількість природних ресурсів і продукують викиди та відходи у значно більших масштабах, ніж можливо утилізувати локально.

Діяльність крупних виробників та їх економічні показники сьогодні відсувають на другий план вирішення наслідків для довкілля і суспільства. Якщо говорити про великомасштабне сільськогосподарське виробництво, то всі його види призводять до специфічного забруднення. Також якщо оцінювати весь ланцюг виробництва та транспортування, промислове (інтенсивне) тваринництво є найбільш проблематичним.

У районах, де щільність поголів'я тварин є високою і збереглися великотоварні підприємства, доцільно організовувати біоенергетичні кластери із виробництва біогазу. Ці кластери повинні об'єднувати потужні біогазові енергетичні комплекси, електростанції на базі когенераційних установок та станції з очистки біогазу для виробництва газоподібного палива.

Для вирішення екологічних і соціальних проблем інтенсивного тваринництва Україні треба наблизити свою нормативно-правову базу до законодавства ЄС, спираючись на досвід держав-членів ЄС.

Враховуючи проблеми з відходами тваринництва, поводження з ними вимагає жорсткого регулювання, особливо для промислових ферм. Наприклад, у країнах Європейського Союзу Директива 2010/75/ЄС щодо промислового забруднення регулює екологічні вимоги для ферм потужністю більше 40 000 курей, 2000 свиней та 750 свиноматок. Вимоги, які висувають перед промисловими фермами щодо поводження з відходами та запобігання забрудненню унеможливлюють збір та накопичення відходів у відкритих лагунах в обсягах, характерних для України. Тому підприємства шукають альтернативні шляхи утилізації. За цих умов найбільш анаеробна переробка відходів тваринництва (окремо або в поєднанні з іншими субстратами) може розглядатися як найкраща з наявних технологій, адже переробка відходів

тваринництва на біогазових заводах дає змогу частково зменшити екологічні проблеми та має суттєві економічні переваги у вигляді виробництва відновлюваної енергії.

**44. Потенціал отримання біогазу з відходів тваринництва в Україні, на 01.01.2019 р.***

| Показник | Поголів'я, млн.голів | Вихід гною або посліду, $м^3$/тварино-місце/рік | Вихід біогазу, $Нм^3$/т субстрату | | Вміст метану, % | Вихід біогазу, $Нм^3$/рік | | Вихід біометану, $Нм^3$/рік |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Діапазон вимірів* | Середнє | | min | max | min |
| Велика рогата худоба | 3,5 | 7,5-21,0 | 20-30 | 25 | 60 | 525 | 2205 | 315 |
| Свині | 6,2 | 1,2-6,0 | 20-35 | 28 | 65 | 148,8 | 1302 | 96,7 |
| Птиця | 243,7 | 7,5 (х100 тварино-місце на рік) | 130-270 | 140 | 64 | 2379 | 4941 | 1522,6 |

**Джерело: Державна служба статистики України*

В Україні є незадіяний потенціал для виробництва власної енергії з відновлюваних джерел – переробка відходів тваринництва (гною тварин та посліду птиці) з утворенням біогазу, який потім можливо використовувати для виробництва електроенергії, тепла або палива – аналогів природного газу (зокрема, для транспорту). Виробництво енергії з біогазу не шкідливе для оточуючого середовища, оскільки не спричиняє додаткову емісію парникового газу $CO_2$ і зменшує кількість органічних відходів. На відміну від енергії вітру і сонячного випромінювання, біогаз можна отримувати незалежно від кліматичних і погодних умов.

Переробка відходів тваринництва з утворенням біогазу дасть змогу не лише розв'язати екологічні проблеми утворення великої кількості відходів на промислових фермах, а також отримати переваги у вигляді децентралізованого виробництва відновлюваної енергії.

На відміну від викопних джерел енергії біогаз в Україні має відновлюваний потенціал – 3,2 млрд. куб. м., який залишається невикористаним [252]. На виробництво біогазу йдуть відходи рослинництва, тваринницьких комплексів, птахоферм, підприємств харчової та переробної промисловості. Насамперед це стосується відходів, схильних до процесу біодеградації. Біогаз як продукт біодеградації, що має високий вміст метану, може бути перетворений на: тепло, гарячу воду та електроенергію, яка, в свою чергу, реалізується за «зеленим тарифом».

Наприклад, навесні 2012 р. «Миронівський хлібопродукт» почав роботи з будівництва першої біогазової станції на птахофабриці «Оріль-Лідер» у Дніпропетровській області. Уже в грудні 2012 року компанія ввела в експлуатацію перший ферментатор. У 2013 році була запущена біогазова станція, потужність якої склала 5 МВт/год (в еквіваленті: електропостачання для 15 000 квартир і теплове забезпечення 1500 квартир). У кінці 2014 р.

біогазова станція досягла своєї повної потужності – 5,5 МВт (10 ферментаторів з виробництва біогазу та 5 когенераційних блоків, які генерують електроенергію).

Це перша в Європі біогазова станція такої потужності й рівня технологій, яка працює на курячому посліді і відходах комплексу з вирощування курчат-бройлерів. Міжнародні організації підтвердили ефективність і актуальність проекту з точки зору стандартів екології і безпеки. Вартість проекту – $15 млн.

У березні 2017 року було анонсовано проект будівництва нового біогазового комплексу на Вінницькій птахофабриці, яке закінчиться у 2020 році. Проектна потужність складатиме 20 МВт. Він може стати найбільшим біогазовим комплексом у світі. Вартість 1 етапу будівництва – $27 млн.

У 2018 році компанією було реалізовано проекти:

– Біогазовий комплекс потужністю 12 МВт, ВП Біогаз Ладижин ТОВ «Вінницька птахофабрика» - 12 ферментаторів з виробництва біогазу, газотранспортна система, 6 когенераторів з генерації зеленої енергії.

– Дахова сонячна електростанція потужністю 4,5 МВ.

З 2018 року компанія є оператором з продажу електричної енергії, отримала ліцензію на продаж електроенергії та є членом енергоринку України.

Результати діяльності у 2018 році:

– утилізовано понад 100 тис. тон органічних відходів (курячий послід, шлам та ін.);

– згенеровано 45 млн. кВт «зеленої» електроенергії;

– заміщено 1 млн. 120 тис. $м^3$ газу;

– вироблено 30 тис. тон органічних добрив.

Основні компоненти, які переробляються на біогаз:

– пташиний послід – 180 т/добу (66 000 т/рік);

– флотаційний шлам (рідкий) – 40 т/добу (14 600 т/рік);

– відходи убойного цеху – 35 т/добу (13 000 т/рік);

– силосна маса сорго – 50 т/добу (18 000 т/рік);

– вода з очисних споруд – 350 м куб/добу (128 000 м куб/рік).

(Група компаній ПрАТ «Миронівський хлібопродукт»).

Сучасне європейське сільське господарство та біогазові технології вже стали нероздільними поняттями. За оціночними даними Європейської біогазової асоціації, близько у 50% європейських фермерських господарств встановлені біогазові установки. У Німеччині налічується близько 10 000 фермерських біогазових установок різної потужності. Частка біогазу у поставках первинної енергії у Данії вже доходить до 22% – фактично країна впритул підійшла до повного заміщення природного газу біогазом.

У 2016 році в Китаї функціонувало понад 30 мільйонів малих і середніх біогазових станцій, що використовують в якості сировини відходи тваринництва, в Індії – 10 мільйонів. Широко застосовуються невеликі сімейні установки в Непалі, В'єтнамі, Японії. В Італії з 1591 діючих

біогазових станцій 1466 розташовані на фермах і використовують відходи тваринництва. З 301 біостанції у Польщі – 75 використовують коров'ячий і свинячий гній. Така ж тенденція спостерігається у найбільших біогазових комплексах світу.

У цілому, в ЄС щорічно з біомаси отримують 14% загальної потреби у енергії. Європейський ринок біогазових установок оцінюється в $3 млрд, і, за прогнозами, він повинен вирости до $25 млрд уже до 2020 р. При цьому 75% біогазу виробляється з відходів сільського господарства, 17% – з органічних відходів приватних домогосподарств і ще 8% – каналізаційних очисних споруд.

**45. Топ-10 біогазових комплексів світу**

| Країна | Стадія функціонування | Потужність, МВт | Сировина для виробництва біогазу |
|---|---|---|---|
| Мексика (Мехіко-Сіті) | будується | 115 | харчові відходи |
| США (Варшав) | функціонує з 2017 році | 35 | свинячий гній і харчові відходи |
| Бразилія (Кайрос) | функціонує з 2016 році | 29,5 | харчові відходи |
| Данія (Корскро) | будується | 26 | відходи тваринництва |
| Німеччина (Густров) | функціонує з 2010 році | 22 | кукурудзяний силос (80%), солома, злаки (некондиція) |
| Німеччина (Пенкун) | функціонує з 2007 році | 20 | кукурудзяний силос (80%), рідкий гній |
| Німеччина (Шведт) | будується | 16,5 | Солома |
| Україна (Теофіполь) | функціонує з 2017 році | 15,6 | жом, гній, кукурудзяний силос |
| Швеція (Йордберга) | функціонує з 2015 році | 15 | бадилля буряка, некондиційна кукурудза та буряки, редька, гірчиця |
| Україна (Глобино) | функціонує з 2014 році | 14 | буряковий жом, гній, пожнивні залишки, соєвий гідрофуз |

**Джерело: таблиця сформована автором за даними Біоенергетичної асоціації України*

Біогазовий ж сектор України залишається нерозвинутим через низку факторів. В Україні частка біоенергетики близько 3%, але потенційно «зелена» електроенергія може задовольнити усі потреби населення. У квітні 2018 року загальна потужність вітчизняних біогазових установок, за інформацією Біоенергетичної асоціації України, сягала лише 40,6 МВт. При цьому, близько половини біогазових потужностей припадає на станції, встановлені на полігонах твердих побутових відходів, тобто міських звалищах.

На АПК і харчову промисловість – близько 20 МВт потужностей (табл. 46). І це при тому, що вже зараз за рахунок біогазових технологій аграрні підприємства можуть замістити близько 3,2-4,6 млрд куб. м природного газу на рік, що повністю покриває потреби українського сільського господарства [337].

Для вирішення екологічних і соціальних проблем інтенсивного тваринництва Україні треба наблизити свою нормативно-правову базу до законодавства ЄС, спираючись на досвід держав-членів ЄС.

**46. Біогазові станції України, які виробляють електричну енергію за «зеленим тарифом» у 2018 році***

| Підприємство | Область | Встановлена потужність, МВт | Виробництво електричної енергії у 2018 р. млн. кВт * год. |
|---|---|---|---|
| ПП «МПП «Латекс»» | Закарпатська | 0,6 | 0,782 |
| ТзОВ «Гудвеллі Україна» | Івано-Франківська | 1,166 | 6,642 |
| ТОВ «Екопрод» | Донецька | 1,487 | 6,703 |
| ТОВ «Рокитнянський цукровий завод» | Київська | 2,382 | 11,650 |
| ТОВ «Городище-Пустоварівська аграрна компанія» | Чернігівська | 2,406 | 2,304 |
| ТОВ «Комерцбудпласт» | Херсонська | 3,12 | 11,134 |
| ТОВ «Теофіпольська енергетична компанія» | Хмельницька | 5,109 | 31,672 |
| ПрАТ «Оріль-Лідер» | Дніпропетровська | 5,692 | 42,239 |

**Джерело: таблиця сформована автором за даними Біоенергетичної асоціації України*

Досвід ЄС показує, що у більшості європейських країн фермерські господарства встановлюють біогазові установки потужністю у 50-100 кВт, це вигідно і є масовим явищем. Причина такого парадоксу дуже проста – вона полягає у рівні стимулювання біогазового напряму (таблиця 47).

В Україні наразі немає жорстких вимог до того, як ферми будуть утилізувати відходи. Гній або послід може накопичуватися та зберігатися у спеціальних сховищах (з можливим подальшим компостуванням, або вельмикультивуванням частини фракції при розділенні на фракції), піддаватися анаеробній біологічній обробці для одержання біогазу, фізико-хімічній або механіко-біологічній обробці [248, 293, 309].

Кількість відходів агропромислового комплексу України сьогодні досягає 290 млн. т на рік (108 млн. т сухої речовини), причому більша частина цих відходів не утилізується. Це призводить до проблем окислення ґрунтів, відчуження сільськогосподарських земель (під зберігання гною), забруднення ґрунтових вод і викидів в атмосферу метану – парникового газу [8, 211, 338, 339].

На практиці, на більшості ферм використовується саме варіант накопичення та зберігання відходів – гній та послід накопичуються та зберігаються деякий час у лагунах (переважно відкритого типу). Після цього гній або послід вносяться на поля як органічне добриво. Таке поводження з відходами не є екологічною проблемою, якщо ферма мала або середня і обсяги утворення відходів невеликі, дотримані правила безпеки поводження з відходами та режим внесення відходів у ґрунти, за таких умов гній та послід є цінним органічним добривом. **Проблеми виникають**, коли порушуються правила поводження з відходами і коли такий метод застосовується на великих промислових фермах. Промислові ферми мають поголів'я у сотні тисяч голів тварин або мільйони голів птахів на рік і, відповідно, тисячі кубічних метрів відходів, які збирають у лагуни та зберігають від декількох місяців до року перед винесенням на поля. В Україні

близько 50% тваринницьких ферм – промислові [212, 277, 309, 340].

**47. Стимулювання розвитку виробництва біогазу у країнах ЄС***

| Стимул | Україна | Країни ЄС |
|---|---|---|
| Дешеві кредити на будівництво біогазових установок | Валютні банківські кредити для будівництва біогазових станцій, в основному, вітчизняні банки дають кредити під високі відсоткові ставки (понад 20% річних). | У більшості європейських країн фермерські господарства встановлюють БГУ потужністю у 50–100 кВт, це вигідно і є масовим явищем, тому що середня ставка за кредитами на біогазові й біометанові станції — 0,5% річних. Але на місцевому рівні вона може бути встановлена і нижче. |
| Високий «зелений» тариф на продаж електроенергії, виробленої з біогазу | В Україні найнижчий «зелений» тариф і він не поділений залежно від потужності установки.<br>«Зелений» тариф на електричну енергію з біогазу становить 12,38 євроцента/кВт*год. З 1 січня 2020 року згідно із законодавством очікується його зниження на 10%, а з 1 січня 2025 року – ще на 10%. | У європейських країнах діє «зелений» тариф на електрику з біогазу, встановлюють його у диференційованому вигляді - найвищий тариф видається для установок малої потужності.<br>**НІМЕЧЧИНА -** «зелений» тариф на електроенергію з біогазу в 0,134–0,237 євро за 1 кВт/год.<br>**АВСТРІЯ -** «зелений» тариф на електроенергію з біогазу у 0,156–0,186 євро за 1 кВт/год.<br>**ФРАНЦІЯ -** «зелений» тариф на електроенергію з біогазу - 0,15–0,175 євро за 1 кВт/год. |
| Премії за продаж біометану (тобто очищеного біогазу) у розподільчі мережі низького тиску. | В Україні відсутні премії за продаж очищеного біогазу. | У **НІМЕЧЧИНІ** діє технологічний бонус у 0,03 євро за 1 кВт/год у разі, якщо біогаз очищується.<br>В **АВСТРІЇ** технологічний бонус - 0,02 євро за 1 кВт/год.<br>**ІТАЛІЯ -** премія за біометан до ринкової ціни на природний газ у розмірі 0,796 євро за 1 куб. м<br>**ДАНІЯ -** премія за біометан до ринкової ціни на природний газ у розмірі 0,735 євро за 1 куб. м<br>**ВЕЛИКА БРИТАНІЯ -** премія до ринкової ціни на електроенергію (0,1-0,116 євро за 1 кВт/год) і премія за біометан (0,56 євро за 1 куб. м)<br>**ФРАНЦІЯ -** «зелений» тариф на електроенергію з біогазу - 0,15–0,175 євро за 1 кВт/год, тариф на біометан для аграрних підприємств - 0,85–1,25 євро за 1 куб. м<br>**НІДЕРЛАНДИ -** п’ять категорій тарифу на біометан - від 0,483 до 1,035 євро за 1 куб. м. |

**Джерело: таблиця сформована автором за даними Біоенергетичної асоціації України*

Оцінки виходу гною, посліду та біогазу дуже залежать 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). Гній або послід багатий на азот, фосфор та інші поживні речовини, які

при потраплянні у воду роблять її непридатною для питного водопостачання, завдають шкоди водно-болотним угіддям та водним екосистемам. Зокрема, перенасичення поживних речовин у воді спричиняє **евтрофікацію** – надлишок азоту, фосфору та інших поживних речовин, починають активно рости та розмножуватися водорості, відбувається «цвітіння» водоростей, які використовують кисень у воді. За відсутності кисню гине риба та інші мешканці водойм [309].

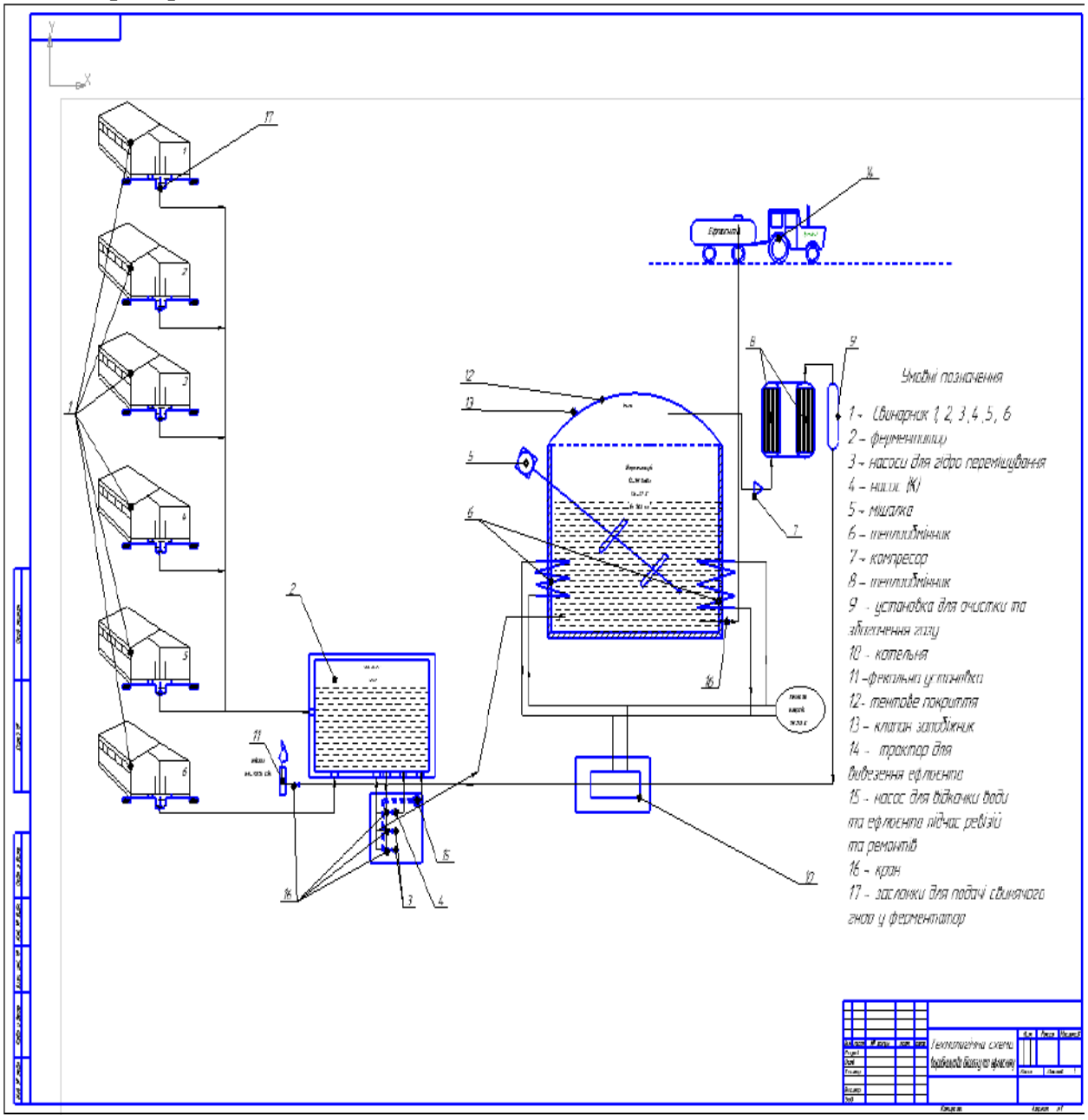


***Рис. 24.*** **Технологічна лінія виробництва біогазу та біоорганічного добрива Ефлюент**

Промислове тваринництво було визнано основним джерелом нітрогену, яке призвело до масштабних **цвітінь водоростей** у Південно-Китайському морі, включно з цвітінням 1998 року, коли загинуло близько 80% риби на 100 квадратних кілометрів прибережної зони Гонконгу та Південного Китаю.

При анаеробному зброджуванні відходів, 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. Значно зменшується ризик забруднення ґрунтів та води азотом, фосфором та іншими поживними речовинами, та, відповідно, загроз для питного водопостачання та водно-болотних угідь. При анаеробному зброджуванні відходів тваринництва запах є значно менш інтенсивним, зменшується експозиція до запаху місцевого населення. Залежно від технології переробки, залишки від процесу бродіння з біогазових установок можуть використовуватись в як добрива у сільському господарстві [253, 309].

ТОВ «Органік – Д» одна з перших компаній України, де втілюються аграрні та технологічні рішення у галузі культивації коренеплодів та інших культур на біоорганічному добриві. Площа господарства станом на 01.01.2021 року становить 340 га, із яких 60 га зрошувальні землі. На базі господарства діє біогазові станція потужністю 300 кіловат енергії, органічні рештки у вигляді свинячого гною для біостанції надає господарство партнер ТОВ «Субекон» на якому утримується близько 12 тис. голів свиней. На свинокомплексі використовується безпідстилковий спосіб утримання тварин. Рідкий свинячий гній отримується за рахунок інтенсивних технологій утримання тварин, де використовують щілинні підлоги та самопливна каналізаційна 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 (див. рис. 24).

Анаеробне зброджування гною проводиться на протязі 14 днів. Отримане біоорганічне добриво «Ефлюент» сертифіковане (ТУ У 20.1-38731462-001:2018) та запатентоване в Україні **(див. додаток Б)**.

Мікробіологічний склад [253] безпідстилкового свинячого гною, що використовується для отримання біоорганічного добрива Ефлюент наведений в таблиці 48.

**48. 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 |

Проходження свинячого гною через біогазову установку забезпечує зменшення кількості патогенних мікроорганізмів та збільшує кількість сапрофітних організмів, що істотно покращує мікробіологічний склад отримуваного біоорганічного добрива Ефлюент.

Аналізуючи видовий складу патогенних грибів перебродженого та неперебродженого гною (табл. 49) необхідно відмітити, що у перебродженому гної кількість патогенних грибів із роду *Fusarium* зменшилась 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%.

**49. Родове співвідношення патогенної мікофлори у 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 | Переброджений | 12,6 | 6,4 | 3,2 | 3,2 | 0 |
| 2 | Не переброджений | 79,2 | 66,7 | 9,5 | 0 | 57,2 |

Аналізуючи видовий склад сапротрофних грибів (табл. 50) 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).

**50. 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 | Переброджений | 181,2 | 93,6 | 87,1 | 6,5 |
| 2 | Не переброджений | 39,6 | 33,3 | 33,3 | 0 |

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%.

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 «Ефлюент».

Окрім мікробіологічного складу для отриманого добрива важливе значення має агрохімічний склад (табл. 51). Біоорганічне добриво Ефлюент характеризується лужною реакцією ($pH_{сольове}$ 8,5), високою кількістю вологи, яка у масовій частці становить 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 по діючій речовині на 1 тону біоорганічного добрива Ефлюент 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. Тому використання даного добрива дозволить забезпечити рослини, як макро- так і мікроелементами.

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.

**51. Результати агрохімічного аналізу біоорганічного добрива 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. | Калію 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 |

Залишки від бродіння містять значну кількість легкодоступного для рослин азоту, крім того – фосфор, калій, сірку та мікроелементи. Використання БГУ забезпечує можливість скорочення парникових викидів порівняно з викопними енергоносіями у 2-8 разів [309].

У разі порівнянні 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 підприємствам в енергоємному процесі. Виробництво однієї тонни азотного добрива відповідає енергетичній цінності близько двох тон нафти. За рахунок використання залишків

бродіння як замінника добрив відбувається заощадження парникових викидів до 16,24 кг $CO_2$ екв./т сухої маси порівняно з мінеральними добривами. За використання залишків бродіння як добрив порівняно зі звичайними органічними і мінеральними добривами, парникові викиди зменшуються приблизно на 67% [211, 309].

## 5.2. Економічні переваги використання біогазових установок

Гній та послід – побічні відходи тваринництва, які можуть завдавати шкоди довкіллю та здоров'ю людей. З іншого боку, гній та послід – це біомаса, яку можна використовувати для виробництва відновлюваної енергії. Відходи тваринництва утворюються постійно, тваринницькі ферми розташовані по всій території України, незалежно від кліматичних та геоландшафтних особливостей. Отже, використання відходів тваринництва для виробництва біогазу можливе по всій території України. Завдяки постійно доступній сировині – гною та посліду, – біогаз, а отже електроенергія і тепло, можуть вироблятися впродовж усього року, незалежно від погодних умов. Таким чином, можна створювати програми для конкретного місця розташування, що дають змогу раціонально використати наявні ресурси [309].

При визначенні необхідної потужності біогазоенергетичної установки (БГЕУ) в першу чергу враховували об'єми добового виходу гною на фермі та коливання його кількості впродовж року. Метанові бактерії можуть жити і розмножуватися, коли субстрати в достатній мірі розчинені у воді (в складі мінімум 50% води). На відміну від аеробних бактерій, дріжджів і грибів вони не можуть існувати в твердій фазі. Тому для так званих технологій твердих процесів є необхідність в зволоженні матеріалу, хоча спочатку несуттєво, чи є субстрат спочатку вологим або став таким шляхом зрошення або змішування [40].

**52. Кількість отриманого біогазу при анаеробному бродінні, м³**

| Показник | Метантенки | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | | II | | III | | IV | |
| Компоненти сировини | зелена маса кукурудзи | гній свиней | зелена маса кукурудзи | гній свиней | зелена маса кукурудзи | гній ВРХ | зелена маса кукурудзи | гній ВРХ |
| Маса сировини при завантаженні, кг | 15 | 5 | 10 | 10 | 15 | 5 | 10 | 10 |
| Кількість біогазу, м | 4,95 | | 3,70 | | 4,88 | | 3,55 | |

Виробництво біогазових установок, яке опирається на місцеві матеріали і спеціалістів, збільшує доходи в державний бюджет і зменшує безробіття.

При розрахунках прийнято, що в біогазі, одержаному від переробки гною обох видів тварин, вміст метану становить 65%, енергетична цінність 1 м$^3$ біогазу – 2 кВт електроенергії та 3 КВт тепла, використання електроенергії самою БГЕУ при переробці 20, 40 і 80 т гною ВРХ дорівнює відповідно 80, 160 і 500 кВт, а

свиней – 60, 120, і 400 кВт.

Економічна ефективність будь-якого підприємства є заключним етапом його діяльності (табл. 53). Економічні параметри біогазоенергетики визначаються витратами інвестиційними, на експлуатацію і технічне обслуговування, практично безкоштовною сировиною і прибутком, що отримується від продажу біогазу або електроенергії і тепла. До того ж відходи можливо використовувати як біодобриво та кормові біодобавки.

**53. Ефективність виробництва біогазу з гною великої рогатої худоби та свиней**

| Вид сировини | Об'єм переробки, т | Вихід біогазу з 1 т сировини, $м^3$ | Валовий вихід біогазу, тис. $м^3$ |
|---|---|---|---|
| Гній свиней | 1000 | 60 | 60 |
| Гній ВРХ | 1000 | 50 | 50 |

За даними Євросоюзу собівартість біогазу – 20 євро за 1000 $м^3$; реалізаційна вартість біогазу прирівняна до природного у декілька раз нижча.

Виробництво біогазу з органічних відходів для ферм різних типорозмірів і напрямів спеціалізації є економічно доцільним, дає можливість забезпечити енергетичні потреби господарства і отримати прибуток від переробки на біогаз 1 тис. т гною свиней та великої рогатої худоби.

Кількість утворюваного біогазу для процесу, який нормально проходить при температурі 35-37°С і середньому часі утримання сировини в реакторі впродовж 10 днів, знаходиться в межах 30-70 $м^3$ біогазу на тонну сировини на добу [248].

Необхідно відмітити, що чим вища температура, тим швидше відбувається розкладання і тим інтенсивніше виробляється газ, скорочується час розкладання. Але при зростанні температури знижується вміст метану в біогазі. Це пов'язано з тим, що при високих температурах розчинена в субстраті двоокис вуглецю інтенсивніше переходить в газоподібну фазу (в біогаз), а відносний вміст метану скорочується [40].

Якщо відома вага добового свіжого гною, то добовий вихід біогазу буде приблизно наступним: 1 тонна гною ВРХ – 40-50 $м^3$ біогазу, 1 тонна гною свиней – 70-80 $м^3$ біогазу, 1 тонна пташиного посліду – 60-70 $м^3$ біогазу [248].

Маса, яка завантажується, може містити тверді частинки достатньо великих розмірів, наприклад, підстилковий матеріал (солому, тирсу), стебла рослин, а також сторонні предмети. Для того, щоб труби не забивались, їх діаметр повинен бути не менше 300 мм.

Інший спосіб завантаження – пневматичний, коли підготовлена сировина завантажується в реактор під тиском біогазу.

Найпоширенішою схемою підігріву сировини є система опалення і водонагріваючого котла, який працює на біогазі, електриці і твердому паливі. В якості нагріваючих елементів застосовують теплообмінники у вигляді змійовиків, секцій радіаторів або паралельно зварених труб, де теплоносієм

служить гаряча вода температурою біля 60˚С. Вища температура підвищує ризик налипання зважених частинок на поверхні теплообмінника [40, 253].

Перемішування сировини в реакторі підвищує ефективність роботи БГУ, запобігає осадженню твердих частинок на теплообмінники і дно реактора. Перешкоджає утворенню кірки на поверхні. Перемішування може бути постійним або періодичним в залежності від режиму роботи реактора. Система відбору біогазу містить розподільчі газові трубопроводи із замочною арматурою, збірник конденсату, запобіжний клапан, накопичувач газу (**газгольдер**) і споживачі газу (кухонні плити, нагрівачі води, двигуни внутрішнього згорання і ін.).

**54. Середньодобовий вихід екскрементів від однієї голови, кг**

| Види тварин (птиці) | Всього екскрементів | Утому числі | |
|---|---|---|---|
| | | кал | сеча |
| Бички | 40 | 30 | 10 |
| Корови | 55 | 35 | 20 |
| Молодняк ВРХ на відгодівлі віком, міс.: | | | |
| до 4 | 7,5 | 5 | 2,5 |
| 4-6 | 14 | 10 | 4 |
| 6-12 | 26 | 14 | 12 |
| старше 12 | 27 | 20 | 7 |
| Коні | 19-26 | 15-20 | 4-6 |
| Вівці і кози | 2,1-3,5 | 1,5-2,5 | 0,6-1,0 |
| Свиноматки з поросятами | 22 | 12 | 10 |
| Те ж, без поросят | 17 | 9 | 8 |
| Кнури | 15 | 9 | 6 |
| Свині на відгодівлі | 7,5-17 | 5-9 | 2,5-8 |
| Кури | 0,25 | | |
| Бройлери | 0,3 | | |
| Індики | 0,43 | | |
| Качки | 0,55 | | |
| Гуси | 0,6 | | |

Для відведення накопиченої вологи в трубопроводах служить збірник конденсату, який встановлюється в найнижчій точці газовідводу з реактора. Біогаз, який утворюється в реакторі, містить велику кількість водяних парів, які можуть конденсуватися на стінках трубопроводів, що призводить до їх закупорювання.

При встановленні найпростішої біогазової установки рекомендується дотримуватися наступного порядку: 1) визначення щодобового об’єму гною, який накопичується в господарстві; 2) визначення необхідного об’єму ректора; 3) вибір місця розташування установки; 4) заготовка матеріалів для реактора; 5) монтаж завантажувальної і вивантажувальної труб; 6) підготовка котловану для встановлення реактора; 7) встановлення реактора; 8) монтаж завантажувального бункера; 9) монтаж газовідводу; 10) встановлення покришки

люку; 11) перевірка реактора на герметичність; 12) пофарбування і теплоізоляція установки; 13) запуск біогазової установки [40].

Підготовчі роботи для будівництва біогазової установки передбачає в**ибір місця розташування установки** залежить від декількох факторів – наявності вільних ділянок, віддаленості від житлових приміщень, місць зберігання відходів та розташування місць утримання тварин. В залежності від глибини залягання ґрунтових вод, зручності завантаження та вивантаження сировини реактор може мати наземне, частково або повністю заглиблене положення.

По можливості рекомендується **підземне розміщення**, так як воно дозволяє зменшити капіталовкладення та виключає використання додаткового обладнання для завантаження сировини. Значно покращується якість терморегулювання, а також з'являється можливість використовувати дешеві теплоізоляційні матеріали – глину і солому.

Термоізоляційні матеріали повинні мати добрі ізолюючі властивості, бути дешевими і доступними. Матеріалами, які підходять, є солома, глина, шлак, сухий гній. Утеплення відбувається постійно, спочатку засипають шар соломи, потім глини, і так до верхньої частини реактора, потім досипають глину зі шлаком товщиною не менше 300 мм. З метою уникнення контакту ізоляції і землі використовують поліетиленову плівку.

Реактор може бути виготовлений як з металу так і з будівельних матеріалів, таких як: цегла, цемент, камінь. У будь-якому випадку реактор повинен бути герметичним і корозійностійким. Насамперед, монтується завантажувальна і вивантажувальна труби. Їх розташовують на протилежних сторонах реактора для того, щоб свіжа сировина не потрапила під вивантаження. Для цього використовуються труби діаметром не менше 150 мм. Завантажувальна труба приєднується до бункера завантаження, який може бути з металу або бетону. Після цього реактор може бути встановлений на фундаменті та бути теплоізольованим.

Газова система споруджується тільки після того, як встановлений реактор і завершено загальний монтаж. Трубопровід для подачі газу до споживача має бути захищеним від пошкоджень. Відвід газу відбувається у верхній частині реактора. Для газовідводу використовуються сталеві труби діаметром не менше 25 мм.

В період експлуатації БГУ велике значення мають добова доза завантаження свіжого гною і періодичність її внесення. Доза завантаження – величина непостійна і залежить від виду сировини, температури бродіння і концентрації сухої речовини.

Для установок, які працюють у термофільному режимі, добова доза завантаження може досягати 20% повного об'єму завантажувальної сировини.

Для психрофільного режиму роботи установки доза завантажувальної сировини повинна бути не більше 2% при добовому додаванні нової сировини. Якщо використовується метод порційного завантаження, то реактор завантажується відразу на 2/3 і сировина перероблюється без додавання свіжого гною впродовж 40 і більше днів [253].

У той час, як гідролізуючі і кислотоутворюючі бактерії в кислому

середовищі з рівнем pH 4,5-6,3 досягають оптимуму своєї активності, бактерії, що утворюють оцтову кислоту і метан можуть жити тільки при нейтральному або слаболужному рівні pH 6,8-8. Якщо рівень pH перевищує оптимальний, то бактерії повільніше виконують свою життєдіяльність, що уповільнює утворення біогазу. Для одноступінчатих технологій слід витримувати рівень pH для метаноутворення (оптимум 7). На рівень pH можна впливати кількістю субстрату і його видом [40].

Субстрати, які швидко окислюються призводять до різкого падіння рівня pH; тому їх слід додавати тільки в обмеженій кількості і поступово. Субстрати відрізняються між собою в їх здатності амортизувати рівень pH. Якщо концентрація H + зростає, то субстрати можуть її вирівняти в обмеженій кількості і прив'язати до себе вільні іони. Завдяки цьому рівень pH в загальному залишається стабільним [40, 253].

Своєчасне управління процесом виходячи лише з вимірів рівня pH, є неможливим. Більш ефективним є: вимірювання буферних властивостей; $HCO_3$ + H + <-> $H_2CO_3$; іон $CO_2$ + іон водню; <-> вугільна кислота; $NH_3$ + H + <-> $NH_4$; амоній + іон водню <-> амоній. Якщо карбонатний буфер активізується в дуже кислому середовищі, то при високому рівні pH буде задіяний амонійний буфер. У гної буферні речовини представлені у великій кількості. Таким чином гній може вирівнювати великі коливання рівня pH і добре вловлює надмірну кислотність. Такий важливий буферний потенціал відсутній у відновлюваної сировини. Загалом тут встановлюється більш високий рівень pH, так що буфер амонію відіграє важливу роль. У стабільних процесах бродіння рівень pH регулюється самостійно [2, 40].

Бактерії, які для формування своїх клітин вимагають поживних речовин, вітамінів, розчинних сполук азоту, мінеральних речовин і мікроелементів. Ці речовини в потрібній кількості містяться в рідкому і твердому гної. Достатня їх кількість міститься також в сіні, кукурудзі (свіжій або консервованій), залишках їжі, харчових відходах, нутрощах тварин, барді і молочних продуктах – всі ці продукти можуть бродити в чистому вигляді без додавання інших субстратів [40].

В якості орієнтовного значення для змішування субстратів можна взяти такі співвідношення поживних речовин: C: N: P = 75: 5: 1 або 125: 5: 1; C: N = 10: 1 або 30: 1; N: P = 5: 1. Співвідношення C : N показує загальне співвідношення вуглеводів із загальним вмістом азоту. На один відсоток фосфору припадають 5 відсотків азоту і 75-125 відсотків вуглецю [255, 341]. 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 бактерій потребують невелику кількість важких металів і мікроелементів. У той же час важкі метали можуть мати стримуючий або навіть токсичний вплив [332].

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 [313, 325].

**55. Мінімальні фізико-хімічні вимоги до мутагенезу**

| **Фактори середовища** | **Значення** |
|---|---|
| Рівень pH | 6,5-8,0 |
| Вміст солей (провідність) | 2,5-25 mS/см |
| Температура | 8-55°C |
| **Елементи** | **Концентрація** |
| Кисень | <1 ppm |
| Водень | 6 Pa |
| Загальний вуглець | 0,2-50 гр/л ХПК |
| Натрій | 45-200 ppm |
| Калій | 75-250 ppm |
| Магній | 10-40 ppm |
| Сірка | 50-100 ppm |
| Залізо | 10-200 ppm |
| Нікель | 0,5-30 ppm |
| Кобальт | 0,5-20 ppm |
| Молібден, вольфрам, селен | 0,1-0,35 ppm |
| Цинк | 0-3 ppm |
| **Хімічний вміст** | |
| Фосфати | 50-150 ppm |
| Співвідношення кількості | 2000 : 15 : 5 : 3 |
| C : N : P : S | (процес в цілому) |

Жуйні тварини є класичним прикладом прояву симбіозу між тваринним організмом і мікрофлорою, яка живе в передшлунках. У рубці жуйних температура трохи вище, ніж в прямій кишці, що багато в чому залежить не тільки від інтенсивності кровопостачання, але й від анаеробного бродіння в рубці, і становить 38-42 °C. 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 [255]. Також за довгого кишкового тракту і сильного подрібнення легко перетравлюваних речовин, споживається значна кількість сирої клітковини. Однак цей недолік в деякій мірі компенсується високим вмістом сухої речовини [7, 254, 255].

У свиней коефіцієнт перетравлення корму набагато нижче, що обумовлено однокамерним шлунком і коротким кишечником. Тому вихід біогазу з гною свиней істотно вище, ніж з гною великого рогатої худоби і за того, що містить безліч поживних речовин, які нерозкладані й не використані 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. Тому послід дає найвищі показники виходу газу. Однак, 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) [254, 255].

Суміш гною худоби, свиней та курячого посліду допомагає уникнути труднощів, які супутні монобродінню фекалій окремих видів тварин. Таким чином, успішно працюють окремі біогазові установки. Внаслідок спеціалізації в сільському господарстві багато біогазових установок завантажуються гноєм одного виду тварин; в основному це худоба (молочні корови, мясні бички, молодняк худоби). Менша кількість установок працює на гної відгодівельних свиней і лише незначна кількість - на пташиному посліді [255]. Тобто біогазова установка в даний час є характерним елементом сучасного, безвідходного виробництва в багатьох галузях сільського господарства та харчової промисловості [247].

Перспективність виробництва дигестату полягає в тому, що велика частина органічних відходів припадає на агропромисловий комплекс, тому розвиток біогазової енергетики є найбільш перспективним і бачиться саме в цьому секторі економіки [243, 247].

**Велика площа поверхні сировини.** Чим більша площа взаємодії для бактерій і чим більше клітковини у субстраті, тим легше і швидше бактеріям розкладати субстрат. Крім того, його простіше перемішувати, змішувати і підігрівати без освіти плаваючою кірки або осаду. Подрібнене сировину має вплив на кількість виробленого газу через тривалість періоду бродіння. Чим коротший період бродіння, тим краще повинен бути подрібнений матеріал [247].

З метою уникнення надлишкового живлення бактерій, найкраще рівномірно подавати субстрат в ферментатор через короткі інтервали часу. Чим легше розкладається матеріал, тим частіше слід подавати субстрат. В субстратах з високою плинністю маленькі бульбашки повітря піднімаються на поверхню самостійно. На разі використовують субстрат із 18% сухої речовини і більше, тому затримується виведення газу, субстрат починає здуватися як дріжджове тісто і навіть може підняти кришку ферментатора. Таким чином перемішування важливо не тільки, щоб уникнути кірки і осаду, а й для виведення виробленого газу. Чим густіше субстрат, тим частіше треба його заважати. На практиці відомо багато установок, стабільно працюють з великою концентрацією кислот виробляючи велику кількість газу. У таких випадках важливим є повільне і поступове пристосування до нового середовища [30].

Крім того відбудеться негативна зміна співвідношення оцтової кислоти до пропіонової кислоти. Якщо рівень перевищує 3000 мг / л, а для пропіонової кислоти 300 мг / л, то згідно Веллінгеру відбудеться порушення процесу. Накопичення кислот призводить до цілого ряду реакцій, починаючи з того, що великі концентрації кислот стримують самі бактерії таким чином, що знижується рівень pH, що і викликає затримку розвитку метанових бактерій до повної зупинки процесу розкладання. Протидіяти цьому можна

лише повним скороченням подачі субстрату. Також одноразова подача один раз в день, як це було прийнято раніше, веде до сильного накопичення органічних кислот, які проте розкладаються впродовж дня. З практики годування жуйних тварин відомо, що для перетравлення їжі співвідношення оцтова кислота-пропіонова кислота має становити 3:1. Як правило цього досягають коли вміст сирої клітковини в раціоні сухої маси досягає 18-20%. Якщо це співвідношення не досягається, то у жуйних тварин починається рубцевий ацидоз, а в біогазових установках затримка розвитку бактерій і надмірне окислення. Ці дані можна вважати основними. Але все одно бактерії можуть пристосуватися до концентрації кислот.

При розкладанні **сірковмісних субстратів** (переважно білки) утворюється високотоксичний практично для всіх живих істот сірководень ($H_2S$). Вже при концентрації нижче 10000-чной його можна ідентифікувати через неприємний запах тухлих яєць, якщо ж концентрація перевищує вищеназвану, то запах зникає, але газ залишається високотоксичним. Чим нижче рівень pH, тим вище відсоток $H_2S$ в субстраті і біогазі, і тим більш токсичний потенціал. Якщо вміст $H_2S$ в газі перевищує 2000 ppm або 50 мг $H_2S$ в розчині, то варто очікувати затримки розвитку бактерій. Ризик тим менше, чим вищий вміст розщеплюються вуглецевих сполук в субстраті (ефект розведення). У сірковмісних субстратах можуть з'являтися штами бактерій, які використовують водень для формування сірководню. Вони будуть конкурувати з метановими бактеріями за водень. Таким чином зменшується метаноутвореня і утворюється сірководень який стримує розвиток метанових бактерій [40].

Внаслідок анаеробного розкладання азотовмісних субстратів (багаті на протеїн субстрати якими наприклад є конюшина або пташиний послід) утворюється амоній ($NH_4$). Близько 50-60% від загального вмісту азоту зберігається в перебродженому субстраті у вигляді амонійного азоту. Він в свою чергу перебуває в співвідношенні (дисоціації) з аміаком ($NH_3$ + H + = $NH_4$), який є сильною отрутою для нервів і клітин [2, 10, 40].

У цьому випадку зміни на користь отруйного амонію залежать від рівня pH і температури субстрату. Якщо рівень pH високий і температура висока, то баланс змінюється в сторону амонію. Якщо pH = 7, то співвідношення амонію-аміаку 99:1. При підвищенні рівня pH = 9, співвідношення також змінюється 70:30. Кройс (1986) в лабораторних умовах довів, що починаючи з концентрації $NH_4$ 3 г / л слід враховувати початкову затримку. Як уже згадувалося раніше бактерії звикають до певних концентрацій, так що існують установки, які оптимально працюють при утриманні в субстраті 5 г Аммонію-N і до 1,15 г аміаку-N, і у яких не спостерігається затримок. Крім цього через додавання вуглеводів в формі волокнистовмістних матеріалів доповнюється співвідношенням C / N і таким чином протидіють сповільненню. Також зменшення щоденної подачі субстрату має ефект розчинення і зменшує тим самим навантаження. Зниження температури в ферментаторі також призводить до зниження токсичності [40].

**56. Вплив сірководню ($H_2S$)**

| Концентрація і повітрі в ppm (parts per million) 1 ppm=0,0001% | Вплив |
|---|---|
| 0,03-0,15%<br>15-75 | Сприйняття органами чуття, запах зіпсованих яєць<br>Дратування очей і дихальних шляхів, нудота, рвота, головна біль, втрата свідомості |
| Δ150-330<br>0,015-0,03% | Параліч нервів відчуття |
| >375<br>Δ0,038% | Смерть від отруєння (після багатьох годин) |
| >750<br>Δ0,075% | Втрата свідомості і смерть від зупинки дихання на протязі 30-40 хвилин |
| від 1000<br>Δ0,1% | Швидка смерть від зупинки дихання впродовж декількох хвилин |

Токсичність **важких металів** залежить від їх розчинності у воді, яка в свою чергу залежить від рівня pH. Важкі метали діють на ензими клітинного обміну речовин і можуть негативно впливати на життєдіяльність бактерій. При цьому немає чіткої межі між пригнічуючим і токсичним впливом. Це знову пов'язано з високою пристосованістю бактерій. Іони важких металів стають недієздатними, коли вони утворюють важко розчинні сульфіди металів з $H_2S$ і випадають в осад як тверда речовина [40].

Застосовуючи цілеспрямовано і в обмеженій кількості **субстратів що легко розкладаються** (відходів зернових, свіжої гірчиця або цукрового буряку) спостерігається ефект швидкого розкладання, за якого не утворюються товста плаваюча кірка (до 0,5 м). Цей ефект можна пояснити тим, що додавання даних субстратів призводить до збільшення маси бактерій, яка потім зможе краще і швидше розкласти більш важкий матеріал. Особливості застосування таких добавок полягають в тому, щоб не перебільшити живлення, викликавши тим самим переокислення, тобто повністю протилежний ефект. За раціону в 4 т силосної кукурудзи, 4,8 т кукурудзи і 3 т трав'яного силосу доцільно буде додати 0,5 т відходів зернових. Сьогодні реалізуються добавки для біогазових установок, які згідно з інформацією виробників стабілізують процес, прискорюють час бродіння і підвищують ступінь розкладу, а також значно підвищують виробництво газу. Наприклад ензими (напр. целюлоза) або термічна ультразвукова обробка (розігрів до 70 °C) може допомогти розчинити важкорозчинні структури і цим самим зробити їх доступнішими для бактерій. Додавання силікатів або глиняних мінералів підвищує поверхню розселення бактерій і таким самим підвищує ступінь розкладу. Також додавання мікроелементів, в разі їх нестачі, може привести до підвищення активності життєдіяльності бактерій. Зростання ступеня розкладання або газовиробництва вказується різними виробниками від 10 до 25% [40, 254].

Кожен **субстрат**, корм, продукти харчування, біовідходи або органічні відходи, складаються з груп речовин (білки вуглеводи, жири і т.п.). При оцінці субстрату слід врахувати, що тільки з сухої маси, і в цьому випадку, тільки з її органічної частини можна отримати метан. Тому вміст органічної сухої маси в співвідношенні із загальною масою є першим критерієм для вибору складових суміші субстратів, кількість отриманого газу з 1 тонни зерна в кілька разів вище ніж при використанні силосу з цілої рослини або барди, які містять значно більшу кількість води, з якої не можна утворити газу [40] (табл. 57).

**57. Вміст води в різних субстратах**

| Речовина | Вміст вологи у % |
|---|---|
| Барда | 90-94 |
| Сухий фураж, зернові | 12-15 |
| Зелений корм, корні, бульби | 75-85 |
| Промисловий корм | 10-15 |
| Силос | 80 |
| Суха зелена маса | 5-12 |
| Сінаж | 60-70 |

Неорганічний компонент, або сира зола, складається з піску, землі, каміння, металевої стружки від переробних машин, що потрапляють в зібраний урожай і гній, або в органічні відходи. Такі складові небажані для процесу отримання біогазу, оскільки з них не можна отримати біогаз і, крім того, вони призводять до технічних проблем зокрема за їх осіданні. Органічна речовина складається з протеїну, жирів, а також легко і важко розчинних вуглеводів [13, 253].

Жири є різновидом триатомного спирту і гліцерину, до якого прикріплюються від однієї до трьох однакових або різних жирних кислот (карбонових кислот). Їх називають відповідно моно-, ди- або тригліцеридами. Жири є постійними сумішами різних тригліцеридів і розкладаються на жирні кислоти і гліцерин. Занадто велика кількість жиру призводить до накопичення органічних кислот, тому знижується рівень pH і сповільнюється утворення оцтової кислоти і метану [40].

Протеїни (білок) є складно-молекулярні та складаються з амінокислот. Вони, як і вуглеводи та жири, складаються з вуглецю C, водню H, кисню O, але крім цього містять азот, сірку, фосфор. Протеїни розкладаються на пептиди, потім – амінокислоти, і під кінець на органічні кислоти. Для розкладання білка і жиру склад раціону не має значення в порівнянні з розкладанням вуглеводів [40, 253].

У групі **вуглеводів** розрізняють легкорозчинні і важкорозчинні вуглеводи з дуже розгалуженою і складною структурою, які важко перетравлюються: моносахариди: цукор, глюкоза, фруктоза; олігосахариди (до 10 моносахаридів): сахароза (цукор сирець), лактоза (молочний цукор), мальтоза (солодовий цукор); полісахариди (з великою молекулярною масою): крохмаль, глікоген, целюлоза, інулін; гетерополісахариди (змішані вуглеводи

зі складною структурою): гемицеллюлоза, пектини, лігнін – не є вуглеводом, але зараховується аналітиками в групу вуглеводів, він являє собою одерев'янілу речовину рослин і стійкий до розкладницької дії бактерій і кислот. Прийнято вважати, що лігнін не перетравлюється [2, 40].

Вуглеводи розщеплюються бактеріями на простий цукор і розкладаються до низьких жирних кислот (оцтова, масляна, пропіонова). Кількість кислот, що утворилися і відсоток вмісту кожної окремої кислоти залежить від складу вуглеводу. З процесу травлення у жуйних парнокопитних (їх шлунок являє собою не що інше як біогазову установку з дуже коротким періодом бродіння). Ми знаємо, що багаті на крохмаль і цукор субстрати ведуть до зростання вмісту пропіонової та масляної кислоти, в той час як целюлоза, також багатий на клітковину субстрат, змінює склад жирних кислот в напрямку домінування оцтової кислоти. Крім того склад вуглеводів визначає рівень pH і кількість живих мікроорганізмів. Якщо їжа містить багато крохмалю і цукру, рівень pH зменшується, поступаючись кислотному середовищі, кількість бактерій швидко збільшується. Це призводить до ще більш швидкому розкладання вуглеводів і можливого переокисленя ферментатора [40].

**58. Хімічний склад різних субстратів**

| **Продукти харчування, корми, рідкий та твердий гній, відходи органічного походження** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Вода** | **Сухий субстракт** | | | | |
| | **Неорганічна речовина, чиста зола** | **Органічна речовина, живі організми** | | | |
| | | Протеїн, сирий протеїн (амінокислоти, кисломіади, прості пептиди, бетаїн і т.д.) | Жири (тригліцериди, стерини, віск, хлорофіл, каротини, органічні кислоти) | Важкорозчинні вуглеводи (сира клітковина, целюлоза, пентозами, лігнін, суберин, кутин) | Легкорозчинні вуглеводи, які не містять азоту (цукор, крохмал, глікоген, геміцелюлоза, пектини, розчинні складові целюлози, лігнін) |

Максимальна кількість метану в біогазі отримується із протеїнів – 71%; жири також дають газ високої якості з вмістом метану 68%. Найгірші результати у вуглеводів – лише 50% метану в газі. Хоча вуглеводи в цілому виробляють на 90 літрів більше біогазу ніж протеїни, через малий вміст метану, вихід обмежується лише 400 літрами метану на кг органічного сухої речовини [8, 40, 255].

**Сирий жир** виробляє до 850 літрів метану з кілограма сухого органічного речовини – найвищий вихід метану, в той час як сирий протеїн дає 490 літрів метану з кілограма органічного сухої речовини. Якщо виходити виключно з виходу газу, перевагу варто віддавати сумішам

субстратів з високим вмістом жирів і протеїнів.

### 59. Вплив вмісту вуглеводів на бактерії, рівень pH, швидкість розкладу і вмісту жирних кислот

| Відносний вміст в раціоні | | | |
|---|---|---|---|
| Показники | Містять целюлозу | Містять крохмаль | Містять цукор |
| Вміст мікроорганізмів | Відносно низький | Відносно високий | Відносно низький |
| Рівень pH | Високий (6,5) | Низький (5,7) | Дуже низький (5,1) |
| Розкладання | повільне | швидке | дуже швидке |
| **Жирні кислоти** | | | |
| Оцтова кислота | високий | низький | низький |
| Пропіонова кислота | низький | середньо-високий | високий |
| Масляна кислота | низький | середньо-високий | високий |

Середній час бродіння з 1985 р зріс з 35 до 51 днів. Ці дані отримані після впровадження федеративної програми з вимірювання тривалості бродіння на біогазових установках, хоча в 2004 р показники були ще вищими. Згідно з цими дослідженням 55% установок працюють в середньому з періодом бродіння від 60 до 120 днів [40, 253].

### 60. Контрольні дані виходу газу з органічних добрив, отриманих у фермерських господарствах (місцеві добрива)

| Субстрат | СР, % | З них оСР, % | Біогаз, In/кг | Вміст метану | Метан, In/оСР | N | $P_2O_5$, кг/т твердого гною | $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Рідкий гній корів із залишками корму | 8 | 80 | 370 | 55% | 204 | 3,5 | 1,7 | 6,3 |
| Рідкий гній корів без залишків корму | 8 | 80 | 280 | 55% | 154 | 3,3 | 1,6 | 5,9 |
| Свинячий гній | 6 | 80 | 400 | 60% | 240 | 3,6 | 2,5 | 2,4 |
| Твердий гній корів | 25 | 80 | 450 | 55% | 248 | 4,0 | 3,2 | 8,8 |
| Пташиний послід, сухий без соломи | 45 | 75 | 500 | 65% | 325 | 18,4 | 14,3 | 13,5 |
| Кінський гній, без соломи | 28 | 75 | 300 | 55% | 164 | | | |

Для субстрату у вигляді рідкого гною попередньо діють такі **терміни бродіння:**

20-25 °C процесуальна температура, 60-80 днів бродіння

30-35 °C процесуальна температура, 30-50 днів бродіння

45-55 °C процесуальна температура, 15-25 днів бродіння.

Для енергетичних рослин час бродіння в ферментаторі має складати як мінімум 42 доби. Субстрати, що отримують з відходів переробки агропромисловості, як правило мають більш короткий період бродіння від 20 до 35 днів. Повне розкладання до стану мінералізації теоретично можливе тільки тоді, коли субстрат не містить лігніну [8, 40, 255].

Завжди діє правило, що чим густіше субстрат або суміш, тим менше вона схильна до розшарування. Гомогенна суміш з невеликим розміром складових частинок і високим вмістом СР, якою наприклад є гній великої рогатої худоби перемішаний з рослинними косубстратами, має невелику схильність до розшарування. Підвищену схильність до розшарування має текучий рідкий гній свиней і рідкий курячий послід, картопляний сік і стічна вода в поєднанні з рослинними косубстратами, як наприклад не подрібнені свіжа солома, скошена трава і т. д. [7, 18, 40, 255].

Сьогодні існують біогазові установки призначені для невеликих фермерських господарств, із об'ємом реактора від 3 до 10 $м^3$, розрахований на переробку 50-200 кг гною на добу [248].

## 5.3. Збільшення врожайності за рахунок застосування біоорганічних добрив (дигестату)

Розораність сільськогосподарських угідь в Україні є однією із найвищих у світі і досягає 78,1%. У 2018-2019 рр. розораність сільськогосподарських угідь в окремих областях України сягала 80-90 % (Вінницька – 85,7, Донецька – 81, Запорізька – 84,8, Кіровоградська – 86,8, Луганська – 66,4, Миколаївська – 84,5, Одеська – 79,7, Тернопільська – 81,4, Херсонська – 90,2, Черкаська – 87,6 %). У той час, як обсяг розораності сільськогосподарських угідь США становить 38,9%, Китаю – 21,5%, Великобританії – 35,3%, Австрії – 47,5%, у Нідерландах відсоток розораності становить 55%. Водночас у цих країнах рівень ВВП значно вищий і частка АПК у ВВП становить від 1 до 3%, у той час як в Україні – понад 12%. Це свідчить про те, що Україна поступово перетворюється з промислово-аграрної країни у аграрну країну з чіткими ознаками сировинного типу (табл. 61) [1, 25, 342-344].

Інтенсивне сільськогосподарське використання земель впливає на зменшення родючості ґрунтів у зв'язку з їхнім переущільненням, руйнуванням структури, водопроникністю та аераційною здатністю із усіма екологічними наслідками [1].

Деградація земель та опустелювання є одним із найбільш серйозних викликів для сталого розвитку країни, які спричиняють істотні проблеми екологічного і соціально-економічного характеру.

Наймасштабнішими деградаційними процесами є водна та вітрова ерозія ґрунтів (близько 57 відсотків території країни), підтоплення земель (приблизно 12 відсотків), підкислення (майже 18 відсотків), засолення та осолонцювання ґрунтів (більш як 6 відсотків). За різними критеріями забрудненими є близько 20 відсотків українських земель [1, 2].

Проблеми деградації земель та опустелювання загострюються через порушення сівозмін, розбалансованість виробництва продукції тваринництва і рослинництва, значне зниження поголів'я великої рогатої худоби,

концентрацію посівів експортно-орієнтованих сільськогосподарських культур у вертикально-інтегрованих агроструктурах, що призводить до мінералізації ґрунтів, а також через швидкі темпи зміни клімату; що супроводжуються підвищенням середньорічних температур, повторюваності та інтенсивності екстремальних погодних явищ, у тому числі посух, які охоплюють раз у 2-3 роки від 10 до 30 відсотків території країни, а раз у 10-12 років – від 50 до 70 відсотків її загальної площі [1].

**61. Розораність сільськогосподарських угідь і частка АПК у ВВП країн світу у 2018-2019 рр.**

| Країна | Розораність сільськогосподарських угідь, % | ВВП у 2018 р., млн.дол.США | Частка АПК у ВВП у 2018 р., % | Частка АПК у ВВП у 2019 р., % |
|---|---|---|---|---|
| Україна | 78,0 | 9238,1 | 12,0 | 10,5 |
| Польща | 75,1 | 32063,3 | 2,6 | 2,5 |
| Німеччина | 71,0 | 53673,4 | 0,8 | 0,9 |
| Франція | 63,1 | 45835,1 | 1,9 | 1,8 |
| Нідерланди | 55,0 | 56817,7 | 1,8 | 1,9 |
| Австрія | 47,5 | 56256,7 | 1,3 | 1,3 |
| Великобританія | 35,3 | 46857,4 | 0,7 | 0,7 |
| Канада | 68,6 | 48044,3 | - | - |
| США | 38,9 | 62981,3 | - | - |
| Китай | 21,5 | - | - | - |
| Росія | 56,4 | - | - | - |

*Джерело: розраховано автором за даними United Nations Economic Commission for Europe [342] та Державної служби статистики України [25]*

Деградація земель та опустелювання також призводять до втрат біорізноманіття, погіршення стану або зникнення водних об'єктів, загострення проблем водозабезпечення населення і галузей економіки та, як наслідок, погіршення умов життя людей [1, 345, 346].

За попередніми оцінками, визначеними Інститутом землеустрою НААН, в Україні близько 6,5 млн. га земель – це орнонепридатні землі, які стали такими через втручання людини. У перспективі їх варто було б вивести із сільськогосподарського обігу, що тягне за собою наслідки для сільськогосподарського виробництва [1, 344].

За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), українські родючі чорноземи зазнають серйозних ерозійних процесів після багатьох років інтенсивного користування. Кислотність, засоленість та лужність ґрунтів збільшилась через надмірне використання мінеральних добрив та застарілі технології. У 2019 році понад 13 млн.га земель пошкоджено в результаті водної ерозії, а 6 млн.га - у результаті вітрової. За оцінками спеціалістів, площі земель, що пошкоджені ерозією, збільшилися від 70 тис. до 100 тис.га у рік впродовж останнього десятиліття. Крім того, територія зрошуваних земель зменшилася приблизно на 15% впродовж останніх 15 років, а втрати водних ресурсів зросли через неефективне управління [1].

Внаслідок виконання проєкту «Інтегроване управління природними ресурсами деградованих земель лісостепової та степової зон України», який проводився Продовольчою та сільськогосподарською організацією ООН (ФАО) та Глобальним екологічним фондом (ГЕФ) щодо відновлення деградованих ландшафтів у степовій та лісостеповій зонах України, у 2019 році створено базу даних, що містить інформацію про 500 практикуючих фермерів на території понад 1 млн.га орної землі в степовій та лісостеповій зонах. Щоб зрозуміти фактичну ситуацію із деградацією земель, проєкт сприяв реалізації підходу з оцінки сільського господарства на основі опитування 305 практикуючих фермерів по всій Україні: у степовій зоні, лісостеповій зоні та зоні мішаних лісів. Згідно проєкту, види деградації грунтів, виявлені респондентами на їхніх господарствах у відсотковому співвідношенні: водна ерозія – 28%, пилові бурі – 23%, переущільнення – 18%, втрата гумусу – 3%, засоленні – 13% та інші – 15% [1, 347].

Залежно від ступеня вираженості деградаційних процесів, урожай сільськогосподарських культур знижується на 10-30%. Збитки тільки через недобір сільськогосподарської продукції становлять до 35 млрд. грн. на рік. Еколого-економічні збитки від деградації оцінюються у близько 40 млрд. грн. Водночас погіршується і якість сільськогосподарської продукції, що впливає на продовольчу безпеку країни [1].

Внаслідок деградації земель впродовж 1986-2015 років вміст гумусу зменшився на 0,19% і становить 3,17%. За цей період втрати гумусу в орному шарі становили 5500 кг/га. Щороку з урожаєм сільськогосподарських культур із кожного гектара безповоротно відчужуються 77-135 кг поживних речовин (азот, фосфор, калій) [1, 343-345].

Для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунтах та їх розкислення нагальним завданням є зміна системи внесення добрив із переорієнтацією на збільшення частки органічних добрив. Обсяги внесення органічних добрив на 1 га в 2019 році в порівнянні з 1990 зменшились у 22 рази. Зменшення поголів’я відносно рівня 1990 року: ВРХ – в 7,5 разів, свині – в 3,3 рази, кози та вівці – в 7 разів (табл. 62) [1, 25].

Однією із найбільш істотних діагностичних ознак деградації ґрунту є зменшення в ньому органічної речовини та її основної складової – гумусу (основного показника родючості). Першочергова залежність продуктивного потенціалу від умісту гумусу в ґрунті визначає необхідність застосування таких агротехнічних заходів, спрямованих на відтворення його вмісту:

- збільшення надходження до ґрунту органічних речовин;
- поліпшення умов гуміфікації рослинних решток і гною;
- зменшення втрат гумусу внаслідок його мінералізації та ерозії ґрунтів.

Роль гною у землеробстві загальновідома, і його роль як основного елемента правильної системи удобрення не знижувалась і тоді, коли вносились порівняно великі дози мінеральних добрив. Завдяки їм, традиційно, задовольнялось від 30 до 50 % потреб рослин у живленні. Прикладом цього є розвинені країни Європи - Німеччина, Велика Британія, Нідерланди, які поряд із внесенням значної кількості мінеральних добрив

(350-800 кг/га д.р.) вносять на гектар орної землі і високі норми органічних добрив 26-75 т.

**62. Стан підтримання вмісту органічної речовини (гумусу) у грунтах України у 1990-2019 рр.**

| Показник | Роки | | | | | | Відхилення, +/- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1990 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | |
| Поголів'я великої рогатої худоби, млн.голів | 25,2 | 3,9 | 3,8 | 3,7 | 3,5 | 3,3 | -21,9 |
| Поголів'я свиней, млн.голів | 19,9 | 7,4 | 7,1 | 6,7 | 6,1 | 6,0 | -13,9 |
| Поголів'я овець та кіз, млн.голів | 9,0 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | -7,7 |
| Поголів'я птиці, млн. голів | 255,1 | 213,3 | 204,0 | 201,7 | 204,8 | 211,7 | -43,4 |
| Обсяг внесених органічних добрив, млн. т. | 260,7 | 9,7 | 9,2 | 9,3 | 11,6 | 11,4 | -249,3 |
| Внесення органічних добрив на одиницю площі сільськогосподарських угідь, кг/га | 6207,8 | 232,8 | 220,8 | 223,5 | 280,7 | 274,3 | -5933,5 |
| Площі, оброблені органічними добривами, млн.га | 5,5 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | -4,7 |
| Загальний обсяг внесених мінеральних добрив, млн. т N, $P_2O_5$ і $K_2O$ | 4,4 | 1,4 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,3 | -2,1 |
| Обсяг внесених мінеральних добрив на одиницю площі сільськогосподарських угідь, кг N, $P_2O_5$ і $K_2O$ / га | 105,1 | 34,1 | 41,7 | 48,9 | 56,5 | 56,3 | -48,8 |
| Площі, оброблені мінеральними добривами, млн.га | 26,4 | 14,5 | 15,7 | 16,5 | 16,1 | 16,4 | -10,0 |
| Вміст гумусу у грунті, % | 3,36 | 3,17 | - | - | - | - | - |

*Джерело: розраховано автором за даними Державної служби статистики України [25] та Інституту грунтознавства та агрохімії [*344*]*

До органічних добрив відносяться підстилковий гній, гноївка, торф, курячий послід, компости, зелене добриво (сидерати), післяжнивні рештки, фекалії, господарські відходи і т. д. Усі види органічних добрив мають у своєму складі: органічну речовину (вуглець), азот, фосфор, калій, кальцій, магній та ряд мікроелементів. До 90-х років минулого століття найпоширенішим видом органічних добрив був гній, адже в Україні швидкими темпами розвивалось тваринництво. Якщо під урожай 1990 р. в Україні було внесено 260726,8 тис. т. органічних добрив, то під урожай 2019 р. лише 11382,5 тис. т., або в 23 рази менше [1].

У таких областях як Херсонська, Луганська, Кіровоградська, Запорізька та Одеська об'єми виробництва і внесення гною скоротилось у 240-100 разів.

Однак, внесення органічних добрив на гектар ріллі внаслідок зменшення площ орних земель у сільськогосподарських підприємств, що звітується, скоротилось за цей період у 16 разів (рис. 25) [1, 344].

Обсяги використання органічних добрив та площі, оброблені ними, потрібно збільшувати з метою покращення екологічної безпеки та впровадження безвідходного виробництва сільськогосподарських підприємств [1].

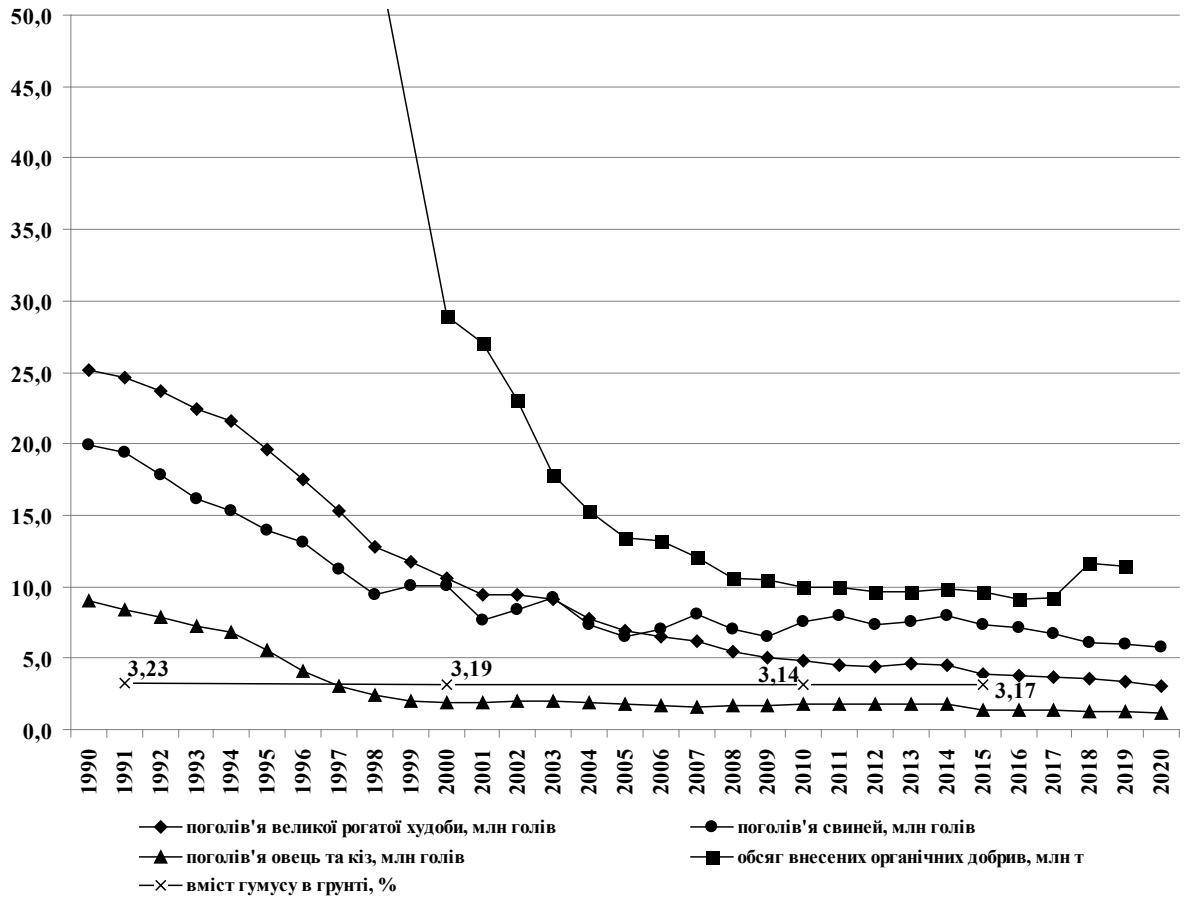


***Рис. 25.*** **Стан підтримання вмісту органічної речовини (гумусу) у грунтах України**

*Джерело: рисунок сформований автором за даними Державної служби статистики України [25] та Інституту грунтознавства та агрохімії [344]*

У світі розроблена концепція розвитку сільських територій із впровадженням комплексних екобезпечних технологій виробництва і використання біопалив, впровадження якої забезпечить відновлення родючості ґрунтів за рахунок встановлення балансу між галузями рослинництва і тваринництва, дозволить підвищити зайнятість сільського населення шляхом установки біогазових комплексів безпосередньо на підприємствах агропромислового комплексу та забезпечить енергетичну незалежність господарств і сільських громад шляхом впровадження комплексних екобезпечних технологій виробництва і використання біопалив

у агроформуваннях із існуючих ресурсів і відходів, вирішивши ряд економічних, енергетичних та екологічних проблем [1, 245].

Підвищення врожайності після застосування біодобрив (дигестат) коливається від 10 до 50%, проте точніший прогноз складний, тому що на врожайність впливають і багато інших чинників.

**63. Вплив дигестату на урожайність культур**

| Вид культур, які вирощуються | Звичайна врожайність, т/га | Збільшення врожайності, % | Додатковий урожай, т/га |
|---|---|---|---|
| Пшениця | 2,3-2,5 | 10 | 0,23-0,25 |
| Ячмінь | 1,8-2,0 | 10 | 0,18-0,20 |
| Кукурудза | 5,0-8,0 | 10 | 0,5-0,8 |
| Буряк цукровий | 20,0-40,0 | 10 | 2,0-4,0 |
| Картопля | 18,0-20,0 | 10 | 1,8-2,0 |
| Квасоля | 2,0-2,5 | 10 | 0,20-0,25 |
| Яблука | 25,0-30,0 | 10 | 2,5-3,0 |

Для прикладу, на удобрення 1 га поля необхідно 12 т звичайних мінеральних добрив, в той час як для удобрення такої ж площі витрачається лише 500 кг біодобрив за однакової врожайності.

Індивідуальні господарства можуть оцінювати вигоди для побудови біогазової установки на основі грошового доходу, який вони отримують від використання продуктів переробки у порівнянням з затратами на установку. Біодобриво – це продукт ферментації органічних речовин в анаеробних (без доступу повітря) умовах [247, 348].

Використання органічних добрив обумовлюється їх не високою 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 [10, 44, 349-350].

Тривале використання мінеральних добрив сприяє мінералізації органічної речовини та зменшенню гумусу, а як відомо [44] у гумусі містяться мікро- і макроелементи, фізіологічно активні речовини, крім того гумус як губка вбирає пестициди і важкі метали. Якщо оцінювати записи елементів живлення у ґрунті, можна відмітити, що у гумусі знаходиться близько 97-99% запасів азоту та 60% фосфору. Вміст гумусу визначає основні агрономічно-цінні властивості ґрунту, а за рахунок вмісту структуроутворюючих елементів кальцію та магнію – його водні та повітряні властивості [10, 44].

Одним із резервів підвищення вмісту гумусу є використання біоорганічних добрив із позитивними агрохімічним та мікробіологічним складом, які отримуються шляхом ферментації відходів тваринництва (свинячого гною) у біогазових установках [301, 350, 351].

В останні роки істотно збільшилась кількість зацікавлених процесами виробництва біогазу – це проявляється не лише в збільшеній кількості плануючих і будуючих біогазові установки, але й у великої кількості

фермерів, комунальних господарств, підприємств, політиків і приватних господарств. Для фермерів біогазові технології набувають все більшого значення із багатьох причин, але основну увагу потрібно акцентувати на двох основних: 1) виробництво біогазу для отримання енергетичної незалежності та більшої прибутковості виробництва; 2) побічні продукти (дигестат) біогазової технології, який можна використовувати як органічне добриво [40, 331, 352-355].

Стрімкий темп розвитку технічного прогресу, який спрямовано 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 [7, 8, 254, 356].

Особлива увага сьогодні приділяється вивченню взаємозв'язку результатів антропогенної діяльності і природних процесів біоти та ґрунтів на різних рівнях локалізації, зокрема при застосуванні біоорганічних добрив. В рамках концепції агроландшафту сформульовано поняття агрогеосистеми, яка служить об'єктом сільськогосподарської діяльності і одночасно середовищем існування культурних рослин, домашніх тварин та людини. В ній експлуатується унікальний природний процес, властивий зеленим рослинам, – фотосинтез, створює живу речовину з неорганічних речовин, енергетичною основою якого є сонячне випромінювання [8].

В природних геосистемах лише близько 10 % первинної біологічної продукції, створюваної зеленими рослинами, утилізується в трофічних (харчових) ланцюгах травоїдними і всеїдними тваринами, а інша рослинна маса після відмирання йде на розширене відтворення родючості ґрунту. В орних агрогеосистемах вилучення із зібраним урожаєм переважної частини біомаси призводить до різкого дисбалансу біогеохімічного кругообігу. Як наслідок, відбувається збіднення ґрунтів гумусом, поживними елементами, руйнується структура орного горизонту. Ґрунт втрачає свою родючість, стає податливим до ерозійних процесів. Виникає необхідність відновлення родючості ґрунтів за рахунок внесення органічних і мінеральних добрив [261, 275, 276]. До цього додається й інше хімічне навантаження: різноманітні отрутохімікати, хімічні меліоранти (вапно, гіпс) добрив [8].

Дигестат – органічні субстрати після ферментації у біогазових станціях, справедливо вважається екологічною та економічною альтернативою, який насичений поживними речовинами та відмінно підходять для удобрення власної або іншої орної землі [243, 277, 313, 357-359].

Через просочування азоту, фосфору та інших речовин із гною або посліду до підземних вод відбувається **забруднення горизонтів питного водопостачання**. У США 1998 року було проведено дослідження 1600 свердловин, розташованих поблизу промислової ферми, та виявлено, що 34% із них забруднено нітратами, а у 10% свердловин рівень нітратів перевищує стандарт для питної води [309].

При **понаднормованому внесенні гною** та посліду в ґрунт відбувається перенасичення ґрунту поживними речовинами. Накопичення надлишку

поживних речовин та важких металів призводить до зменшення родючості ґрунтів та скорочення кількості земель, придатних для сільського господарства. У деяких азійських країнах близько чверті загальної площі сільгоспугідь потерпає від надлишкового внесення поживних речовин [253, 309].

**Ключові цінності дигестату:** містить органічний вуглець, в т.ч. в складі гумінових речовин (1-3% за масою); містить комплекс необхідних для рослин макро- та мікронутрієнтів (N, P, K, Mg, S та ін.); підвищує урожайність с.-г. культур; висока частка доступного для рослин азоту (до +10-70% у порівнянні з незбродженими матеріалами); оптимальне для ґрунту співвідношення C:N = 20-30; оптимальне для ґрунту значення показника pH 6,8-7,5; містить активні популяції бактерій, що сприяють розкладу органіки в ґрунті; волога (сприяє проникненню в ґрунт поживних речовин, в т. ч. міндобрив); сприяє зниженню щільності та підвищенню вологоутримуючої здатності ґрунтів; потенціал скорочення викидів парникових газів (до 6 кг $CO_2$) [7].

Ґрунти мають властивість поглинати парникові гази, збільшуючи запаси органічного вуглецю. Тому, коли ми використовуємо дигестат як органічне добриво, ми використовуємо цю властивість, створюючи фактично природні сховища вуглецю.

Дигестат можна зберігати у критих лагунах, резервуарах-сховищах з передбаченою опцією відбору залишкового потенціалу біогазу тощо. В залежності від зброджуваного субстрату та планованого подальшого використання дигестату, відмінними є й вимоги до структури та просторових характеристик сховища дигестату окремої біогазової станції [358].

Вимоги, які висувають перед промисловими фермами щодо поводження з відходами та запобігання забрудненню унеможливлюють збір та накопичення відходів у відкритих лагунах в обсягах, характерних для України. Тому підприємства шукають альтернативні шляхи утилізації, зокрема анаеробна переробка відходів [309].

Виробництво біогазу через анаеробне зброджування (АЗ) є екологічний дружній процес, що використовує зростаючі кількості органічних відходів світу. Широкий спектр потоків відходів, включаючи промислові та комунальні стічні води, сільськогосподарські, комунальні та харчові промислові відходи, а також рослинні залишки, можуть бути оброблені цією технологією [243]. Процес АЗ сильно залежить від характеристик вихідної сировини та активності мікроорганізмів, що беруть участь у різних стадії деградації [243, 281].

Перетворення органічних речовин в біогаз можна розділити на три стадії: гідроліз, кислотне утворення, і виробництво метану. На цих різних стадіях, однак, проводяться паралельно, різні групи бактерій співпрацюють, утворюючи анаеробні харчовий ланцюг, де продукти однієї групи будуть субстратами іншої групи. Процес протікає ефективно, якщо швидкість деградацій різні етапи знаходяться в рівновазі [243, 278].

В умовах виробництва біогазу для фермерів основним завданням є зменшення вимивання поживних речовин із сільськогосподарських угідь до

водних артерій. Особливо це актуально для ферм є рослинництво яких формується на основі діяльності великих свинофермах, які в силу своєї діяльності виробляють велику кількість гною [338].

Крім виробництва енергії, дигестат збагачений поживними речовинами залишок як органічне добриво можна використовувати не лише для орних земель замість мінеральних добрив, а також органічний субстрат для вирощування теплиць. Серед сировинних речовин органічні матеріали отримані з сільськогосподарських і тваринних відходів, а також з промислових і діяльність домогосподарств є ключовими джерелами виробництва біогазу [288, 311].

Сьогодні внаслідок антропогенної діяльності людини багато ґрунтів з низьким вмістом гумусу, солонцюваті, карбонатні і засолені, а також виснажені в стані еродованості, що потребують відновлення родючості [360]. Важливу роль у відновленні родючості ґрунтів відіграють органічні добрива, а зокрема біодобрива, отримані внаслідок зброджування органічної маси в біогазовій установці. Цінність біологічних добрив полягає в наступному [361-366]:

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 інвазії, які присутні в неперебродженому тваринному гною, внаслідок застосування необхідних температурних режимів в біогазовій установці; не містять насіння бур’янів; мають, за рахунок бродіння, 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% [7, 294, 302, 336]. Отже, ферментоване добриво в біогазовій установці даватиме ефект на протязі 5-6 років після внесення [366].

В умовах сучасного сільськогосподарського виробництва, коли різко зменшилося поголів’я тварин і відповідно скоротилось виробництво та обсяги внесення органічних добрив, з’являється необхідність поповнення органічної частини ґрунту за рахунок використання альтернативних органічних біодобрив, які одержують після переробки певної сировини у метантенку [325, 367].

Найбільшою ефективністю при виробництві біогазу відзначається сировина, що складається з 3/4 зеленої маси кукурудзи та 1/4 – гною свиней та великої рогатої худоби відповідно [325].

Експериментальними даними С. А. Шворова, Д. С. Комарчука, П. Г. Охріменко, П. В. Іванова [355] встановлено, що процес зброджування біомаси ефективніше проходив у метантенках БГУ, де сировина складалася із 70% зеленої маси кукурудзи та 30% гною свиней і ВРХ, відповідно. Їх продуктивність була вищою, порівняно з 50% зеленої маси кукурудзи та 50% гною свиней, а також 50% зеленої маси кукурудзи та 50% гною ВРХ.

Завдяки анаеробному зброджуванню органічної сировини в біогазовій установці мінералізація отриманих добрив зростає: мінеральна частина становить 60%, а органічна – 40% [301]. Понад 90 % цієї органічної речовини

припадає на солому та стебла [211].

Найвищий вихід біогазу з тонни на основі даних спостерігається з відходів таких культур, як стебла кукурудзи на зерно та гичка цукрових буряків, а саме відповідно 420 та 426 м³/т. Але враховуючи той факт, що виробництво цукрових буряків в Україні дещо зменшилося, то найбільшими енергетичними культурами на даний час є кукурудза на зерно, пшениця та картопля [211]. Зважаючи на те, що близько 97 % виробництва картоплі розміщено в домогосподарствах, збір бадилля буде неефективним та капіталозатратним, тому необхідно відмітити, що великі підприємства, а саме агрохолдинги можуть використовувати даний продукт, як енергетичну сировину [211, 265].

При надлишку поживних речовин можливе утворення кислот і пониження активності мікроорганізмів. Колір збродженої сировини у цьому випадку змінюється на чорний, а на його поверхні може утворюватися біла плівка. Нейтралізувати метакислоти можна шляхом введення рослинного попелу або вапнякової води [248].

Біологічні відходи та рештки не завжди є негативним явищем, з них можна отримати біогаз та біодобрива. Зі сучасними технологіями виробництва біогазу вартість інвестицій скоротилася, а термін окупності зменшився [19, 277, 294].

Біогазові установки видають високоефективні знезаражені добрива, які повертають в грунт поживні речовини і лігнін як основу утворення гумусу та забезпечують виробництво екологічно чистої продукції. Коефіцієнт доступної побічної продукції для виробництва біогазу становить близько 50% від збору соняшника, ріпаку та кукурудзи на зерно [265].

Це пояснюється їхньою розвинутою кореневою системою, що дає можливість втягувати поживні речовини з великих глибин, але при цьому це призводить до виснажування ґрунту [211].

**64. Вихід біодобрив з побічної продукції рослинництва,** [211]

| № з/п | Культури | Маса, тис. тонн | Азот | | Фосфор | | Калій | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | кг/т | т | кг/т | т | кг/т | т |
| 1 | Пшениця | 11134,7 | 5,6 | 62354 | 2,0 | 22269 | 7,2 | 80170 |
| 2 | Ячмінь | 3778,8 | 5,0 | 18894 | 2,0 | 7558 | 10,0 | 37788 |
| 3 | Кукурудза на зерно | 23200,6 | 7,5 | 174005 | 3,0 | 69602 | 16,4 | 380490 |
| 4 | Цукрові буряки | 4309,7 | 3,5 | 15077 | 1,0 | 4310 | 5,0 | 21549 |
| 5 | Соняшник | 11047,3 | 15,6 | 172338 | 7,6 | 83959 | 52,5 | 579999 |
| 6 | Ріпак | 2350,5 | 7,0 | 16454 | 10,0 | 23505 | 61,9 | 145496 |
| 7 | Картопля | 8896,4 | 3,0 | 26688 | 1,3 | 11565 | 1,0 | 8896 |
| 8 | Овочі | 5423,9 | 3,4 | 18441 | 0,8 | 4339 | 6,0 | 32543 |
| | Всього | 70141,9 | | 504251 | | 227107 | | 1286931 |

Анаеробне зброджування дозволяє одночасно вирішити низку проблем, які притаманні технологіям пов’язаними з термічною конверсією біомаси (пряме спалювання, піроліз). Відомо, що при спалюванні органічної маси

незворотно втрачається лігнін, який є головною речовиною в біологічному ланцюгу утворення гумусу землі. Також поряд із компонентами диму втрачається значна частка мікро та макроелементів накопичених біомасою в процесі росту [332].

В природньому чорноземі органічні речовини знаходяться у зрівноваженому стані, причому співвідношення вуглецю до азоту, як правило, становить від 10/1 до 20/1, тобто за структурою чорнозем є стабільний і позитивно впливає на родючість ґрунту. Після заорювання відходів у землю баланс порушується і необхідний час, або штучне внесення нітратів для відновлення рівноваги. В більшості випадків така технологія дає співвідношення вуглець – азот від 40/1 до 80/1. Отже, відходи від збору врожаю погіршують властивість чорнозему, причому процес стабілізації триває роками. В зв'язку з цим переробка відходів рослинництва у збалансовані для ґрунту компоненти є перспективним напрямком, так як ці речовини значно підвищують агрохімічні властивості ґрунту особливо в тих випадках коли відходи рослинництва біотрансформуються разом із відходами тваринництва. Іншим аспектом такої переробки є отримання енергоносія у вигляді біогазу [328, 332, 348].

Застосовується дигестат в якості цілорічного добрива для всіх сільськогосподарських, декоративних і домашніх культур в розбавленому водою вигляді, шляхом підживлення, поверхневого поливу ґрунту або обприскування листової поверхні рослин [247, 348].

Розглянемо порівняння різного виду добрив за якісними показниками (табл. 65).

**65. Порівняння біодобрив з іншими видами добрив за якісними показниками** [247]

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

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 впливів навколишнього середовища, особливо під час пізніх заморозків мікробіологічні процеси у кореневої зони рослини відбуваються з виділенням тепла, необхідного для захисту паростків. Застосування добрива покращує приживлюваність пересаджених плодових культур, як у весняний, так і в осінній періоди. Одна-три тонни рідкого добрива за своєю ефективністю еквівалентні 50-100 тоннам гною [40, 247, 289, 290, 312, 313].

Існує світовий досвід застосування біодобрив (дигетату), зокрема вони широко застосовуються в Голландії, Німеччині, Англії, Фінляндії, Італії, Китаї, Індії та інших країнах. В умовах України, дуже добрі результати 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. [247, 282].

Якщо завантажити 100 тис. тонн сировини, то отримаєш стільки само екологічно чистого добрива, в якому є кальцій, фосфор й азот у рідкій і твердій фракціях. Завдяки тому, що не потрібно купувати мінеральні добрива, складова витрат на добриво в сільському господарстві дуже сильно знижується [247].

### 5.4. Економічний ефект від біогазових установок на прикладів ТОВ «Органік-Д»

Ми провели визначення **економічної ефективності біоорганічного добрива (дигестат) власного виробництва «Ефлюент»** (станом на 2020 рік) на прикладів ТОВ «Органік-Д»:

Собівартість 1 тони органічного добрива – **60** грн.

Вартість 1 тони гною ВРХ – **1300-2400 грн.**

Вартість мінерального добрива нітроамофоска $N_{16}P_{16}K_{16}$ за 1 тону – **13000 грн.** (станом на 2020 рік).

Враховуючи, що в 1 тоні нітроамофоски **160** кг діючої речовини тоді отримуємо

13000/(160*3 **елементи живлення NPK = 480)** = **27,1 грн** – вартість 1 кг діючої речовини кожного елементу.

Вміст діючої речовини в біоорганічному добриві **«Ефлюент»**

N – **2,9** кг/т; $P_2O_5$ – **0,9** кг/т; $K_2O$ – **3,2** кг/т.

Валова вартість органічного добрива «Ефлюент»

N **(2,9*27,1) = 78,6** грн. + P **(0,9*27,1) = 24,4** грн. + K **(3,2*27,1) = 86,72** грн.

**Разом 189,72 грн.**

Чистий прибуток з 1 тони біоорганічного добрива **(189,72- 60)** дорівнює **129,72 грн.**

Таким чином біогазова станція генерує 50 тон органічного добрива за добу. Можливий прибуток за добу **50*129,72 = 6486 грн.**

За 1 рік роботи можливий прибуток може скласти **6486*365** = **2 367 390 грн.**

**Розрахунок проведено на основі макроелементів і без урахування мікроелементів та ефекту розкислення.**

Інвестиційний період для будівництва біогазової станції (заводу) й проведення підготовчих робіт для початку виробництва біогазу і біоорганічних добрив становить 12 місяців. При цьому період окупності знаходиться в межах від 2,6 до 3,9 років [253].

Якщо ж інвестор бере кредит під середню ринкову відсоткову ставку у 28%, то біогазів завод з електричною потужністю 0,5 МВтел не вартий інвестування, оскільки його NPV від'ємна. Більше того, отриманий рівень внутрішньої прибутковості складає 25-27%, що нижче поточної ринкової ставки 28%.

***Додатковий прибуток від біодобрив***

Можливий продаж біодобрив забезпечує прибуток для нашого господарства є достатньо великим (близько 7 млн. грн. (для твердих біодобрив) та 700 тис. грн. (для рідких добрив).

**Витрати на купівлю земельної ділянки**: 1 сотка 50-300 доларів в залежності від відстані до обласного центру

**Витрати на споживання електроенергії:** тариф на електроенергію, при цьому врахування «зеленого тарифу»

**Витрати на споживання тепла:** Тарифи на споживання теплової енергії розраховується на основі інформації Міністерства з питань житлово-комунального господарства України.

**Витрати на персонал:** Для того, щоб підрахувати витрати на персонал, по-перше, ми поглянемо на рівень середньої заробітної платні українських працівників сфери сільського господарства, рибальства та мисливства.

**Витрати на обладнання з виробництва біогазу:** Витрати на обладнання включають витрати на проектну документацію, будівельні роботи, монтаж, пуск і налагодження.

**Витрати на обслуговування та ремонт обладнання:** Витрати на обслуговування обладнання із виробництва біогазу та когенерації енергії складаються 0,01 євро за 1 кВт*год виробленої електроенергії. Для заводу, зі встановленою потужністю 0,5 МВтел річні витрати на обслуговування складуть 43800 євро, для заводу 1 МВтел – 87600 євро, а для 3 МВтел – 262800 євро.

**Витрати на сировину (гній):**

Щоб оцінити вартість гною, ми розглядаємо його, як добриво, що містить багато корисних живильних речовин: азот, фосфор та калій, а також багато інших.

Виходячи з реалій ринку та інформації його операторів, ми застосовуємо ціни на рівні 35 грн/т для гною свиней та ВРХ, та 50 грн/т для курячого посліду. Ця розрахована ціна складається із собівартості сировини плюс усіх необхідних додаткових націнок (таких як, наприклад, транспортні витрати).

Рідкий гній це суміш з фекалій та сечі тварин, який лише трохи затримується на підлозі з отворами або гратчастій підлозі. З точки зору простоти обслуговування саме такий вид стійлового утримання отримав велике розповсюдження за останні 30 років в першу чергу за утримання дійних корів, відгодівельної худоби, свиней і курей [247, 359].

Твердий гній: при утриманні племінних корів, телят, свиноматок, коней, овець і кіз або на підприємствах, що ведуть діяльність за екологічними принципами, для стійлового утримання не використовують вищеназваних конструкцій підлоги, таким чином, утворюється кулькоподібний гній, який переважно компостують або безпосередньо відразу вивозять [247].

При великій кількості підстилки необхідно вживати заходів по розведенню: змішування з водою, рідким гноєм в резервуарі попереднього утримання з ріжучим міксером. Солома ще до використанні в стійлі повинна бути подрібнена до 10 см. Це необхідно робити ще при збиранні врожаю за допомогою спеціальної подрібнювальної техніки. Можливо також стаціонарне подрібнення у дворі ферми за допомогою млина для соломи [247, 253]. Склад рідкого і твердого і рідкого залежить в першу чергу від виду тварин, від мети їх вмісту, від виду стійла і продуктивності, а також від годування, від втрат аміаку і води через випаровування, від використання підстилки, залишків корму, атмосферних опадів і використаної для очищення води.

**66. Вміст сирого протеїну і азоту в різних видах енергетичних рослин**

| Культури | Сирий протеїн, гр./кг | Азот (N)[11] |
|---|---|---|
| Ячмінь | 104 | 16,64 |
| Овес | 110 | 17,6 |
| Жито | 98 | 15,7 |
| Пшениця | 119 | 19,0 |
| Кукурудза | 95 | 15,2 |
| Картопля | 20 | 3,2 |
| Відходи із качанів кукурудзи і листками | 76 | 12,2 |
| Свіжий зелений корм | 33 | 5,3 |
| Кукурудзяний силос | 24 | 3,8 |
| Силос злаків | 60 | 9,6 |
| Силос злаків, що містить конюшину і трави | 65 | 10,4 |
| Суміш конюшини і трави | 70 | 11,2 |
| Зерно GPS (жито) | 19 | 3,0 |

Сира клітковина може добре розкластися тільки після тривалого зброджування. Менш значна різниця в отриманні сирого протеїну і NFE (NFE = азотвмістні екстракти = такі вуглеводи як крохмаль і цукор). Азот хоча метановим бактеріям і не потрібен для виробництва газу, але потрібен для утворення їх власної клітинної структури (білка) [247].

З точки зору виходу газу кращий результат дають субстрати з високою концентрацією енергії: відходи зерна, буряк і картопля. Вихід метану, що досягається за їх допомогою може становити 350-380 л / кг органічного сухого субстрату. Крім цього є велика група, що складається зі свіжої трави, бадилля буряка, силосу трави, кукурудзи та зернових рослин, вихід метану з яких становить від 270 до 330 л / кг органічного сухого субстрату. Найменший вихід газу нижче 200 л / кг органічного сухого субстрату має солома [247, 253].

# ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Агропромисловий комплекс має значний потенціал для виробництва біопалив, який досі залишається невикористаним у повній мірі. Виробництво біопалив із біомаси та відходів рослинницької і тваринницької продукції, харчових відходів дозволяє не лише зменшити емісію парникових газів за рахунок застосування безвідходних технологій виробництва енергії з біогазу, а й вирішити ряд інших питань щодо забезпечення енергетичної незалежності та автономізації виробництва, забезпечення продовольчої безпеки, екологічної безпеки і відновлення родючості ґрунтів України.

2. Використання сучасних технологій забезпечить підвищення фотосинтезу рослинами ефективності фотосинтезу і одночасно посилення генетичного потенціалу продуктивності рослин для отримання можливості переробки частини продукції на альтернативні види палива. Економічний ефект від застосування буде підвищуватися завдяки правильному вибору технології вирощування та переробки, обґрунтованому розташуванню необхідного обладнання в місцях накопичення сировини, а також комплексному використанню отриманих в процесі переробки продуктів.

3. Кукурудзу як біоенергетична культура відносить до культур $C_4$ та має великий вихід сухої маси, легко силосується і навіть при чистому використанні не викликає порушень в процесі роботи біогазових установок, шлам якої може використовуватись як біоорганічне добриво (дигестат), зерно для отримання – біоетанолу. Тим паче, що сьогодні вже є спеціальні гібриди для використання в біогазових установках.

4. Додаткового зростання продуктивності сільськогосподарського виробництва, в тому числі і кукурудзи, не можна досягти без використання інноваційних технологій неможливо. До таких технологій відноситься і застосування регуляторів росту рослин, біоорганічних добрив, біоінженерія, позакореневих підживлень, фракцій насіння, строків сівби, створення нових рослинних варіацій та ін.

5. Широке використання біологічних факторів в інтенсифікації сільськогосподарського виробництва має не лише екологічний, але й економічний пріоритет. При цьому, чим складніші ґрунтово-кліматичні і погодні умови, тим важливіша роль біологізації в технологіях вирощування культур. Внесення бактеріальних препаратів на основі асоціативних мікроорганізмів дозволяє підвищити коефіцієнти засвоєння поживних речовин з добрив та ґрунту і зекономити до 30-50% мінеральних добрив.

6. У Європі та Україні успішними є маловитратні технології, які приходять на заміну традиційних. Вони базуються на максимальному скорочені механічної обробки ґрунту, аж до повного відмовлення від її проведення і використання сучасних, більш дешевших засобів регуляції росту та розвитку рослин. Розвиток агросектору та енергетики України змушує зрушити з мертвої точки ринок біоетанолу та переймати досягнення у країн ЄС, Бразилії та США.

7. Основою для виробництва біоетанолу із кукурудзи є вміст крохмалю

який істотно залежить від групи стиглості гібридів. Використання гібридів кукурудзи із тривалим вегетаційним періодом зубовидного підвиду забезпечило підвищення виходу біоетанолу на 0,602-1,194 тис. л/га та вмісту крохмалю в зерні на 1,53-2,56% порівняно із скоростиглими формами. Ранньостиглі гібриди, переважно кременисто-зубовидного та кременистого підвиду мають високу ранньостиглість та холодостійкість, але низький вміст крохмалю (71,56-73,33%), тоді як зубовидні гібриди мають подовжений вегетаційний період, високу врожайність зерна та підвищений вміст крохмалю (73,13-75,06%).

8. Зростання вмісту, виходу крохмалю та біоетанолу із одиниці площі спостерігається у гібридів DKC 2870, Харківський 195МВ та DKC 2971 ранньостиглої групи, DKC 3420, DKC 3476 та DKC 3795 середньоранньої групи, DKC 4964, DKC 3511 та DK 440 середньостиглої групи. Використання даних гібридів дозволить збільшити вихід біоетанолу на 0,462-0,629 тис. л/га.

9. Застосування пізніх строків сівби сприяє зростанню вмісту крохмалю на 1,57-1,97% та призводить до зменшення виходу біоетанолу на 0,640-0,847 тис. л/га порівняно з раннім строком сівби за рахунок скорочення рівня урожайності при запізненні із сівбою.

10. В посушливі із високими температурами роки (2012 та 2015 рік) відбувається зниження вмісту крохмалю (72,06-74,39 % та 69,43-74,56%) незалежно від досліджуваних факторів вегетації та технології вирощування.

11. Проведення позакореневих підживлень сприяє збільшенню вмісту крохмалю у зерні (на 0,1-0,46 % у 2011-2013 рр. та 0,1-1,85 у 2015-2017 рр.) та виходу біоетанолу на 0,1-1,04 тис. л/га порівняно з контролем (без позакореневих підживлень). Зростання виходу біоетанолу за одноразового позакореневого підживлення становить 0,10-0,65 тис. л/га, а дворазового підживлення – 0,30-1,04 тис. л/га відносно контролю.

12. Позакореневі підживлення мікродобривами Еколист Моно Цинк та Росток кукурудза забезпечує найбільший вміст крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи (70,92-76,72 % та 71,45-76,72 %). За дворазового внесення мікродобрива Еколист Моно Цинк у поєднанні із бактеріальним препаратом Біомаг, зростання виходу біоетанолу склало 0,72-0,90 тис. л/га, а вмісту крохмалю на 1,18-1,85 % порівняно з контролем.

13. Зменшення вмісту крохмалю відмічено за обробки посівів регулятором росту рослин Вимпел у фазу 5-7 листків кукурудзи на гібридах DKC 3420 на 0,36 %, Переяславський 230СВ на 0,11 % та DKC 3871 на 05 %, відповідно.

14. За сівби насінням середньої та великої фракції одержано найвищий вміст крохмалю 74,59 та 74,30 % порівняно з використанням дрібної фракції насіння (73,33 %). Зростання вмісту крохмалю за використання середньої фракції насіння становило 0,8-2,2%, великої 0,02-1,67% відносно дрібної.

15. Загортання насіння на глибину 7-8 см забезпечує найвищий вміст крохмалю 74,31 %, тоді як загортання на глибину 4-5 см – 73,80 % та на глибину 10-11 см – 74,11 %.

16. Проведений кластерний аналіз дозволяє зрозуміти яким чином відбувається поєднання господарсько-цінних ознак у гібридів кукурудзи під впливом досліджуваних елементів технології вирощування та дозволяє

ефективно підбирати гібриди для вирощування за різних напрямів використання, зокрема і для виробництва альтернативних видів палива (біоетанолу). Фактично кластеризація показує на які елементи технології слід звернути першочергову увагу а які не призводять до значних відмінностей в рості та розвитку рослин, а тому дозволяє розробити адаптовані під конкретні гібриди елементи технології вирощування.

16. Отримані математичні моделі тривалості вегетаційного періоду ранньостиглих гібридів кукурудзи дозволили визначити, що найбільший вплив чинять суми ефективних температур (≥+10 °С) за травень, червень серпень та вересень за коефіцієнтів кореляції на рівні r = -0,62 та r = -0,51, r = 0,59 та r = 0,39, відповідно. Також сума опадів значно впливала на тривалість вегетації та коефіцієнт кореляції був r = -0,44, а вплив ГТК був на рівні r = -0,34. Для середньоранніх гібридів істотний вплив мали сума ефективних температур (≥+10 °С) за травень та червень r = -0,46 та r = -0,28, відповідно, а також сума ефективних температур (≥+10 °С) за серпень – r = 0,18. А от у середньостиглих гібридів кукурудзи тривалість вегетаційного періоду визначали сума ефективних температур (≥+10 °С) за травень червень та липень – r = -0,37, r = -0,34 та r = -0,28, а сума ефективних температур (≥+10 °С) за серпень – r = 0,18. Також можна відзначити вплив і загальної сума ефективних температур (≥+10 °С) за вегетацію на рівні коефіцієнту кореляції r = -0,51.

18. За результатами досліджень математичних моделей впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглостей встановлено як загально біологічні закономірності так і групові відмінності формування ознак. Так, якщо аналізувати відмінності між групами ранньостиглих та середньоранніх гібридів кукурудзи то загалом на їх ріст та розвиток чинять вплив в співвідносній мірі сума ефективних температур, кількість опадів та ГТК. Фактично досліджувані групи стиглості відрізняються незначно і основні відмінності спостерігаються лише в варіабельності досліджуваних ознак або тісноті їх зв’язку одна з одною. Однак, середньостиглі гібриди дещо по-іншому реагують на фактори навколишнього середовища, що дозволяє розробити елементи адаптивної технології вирощування під кожну з груп стиглості.

19. Одноразове позакореневе підживлення забезпечило зростання рівня рентабельності на 15,5%, а дворазове – 29,5%. Найкращими варіантами за урожайністю та рівнем рентабельності виявилися варіанти із застосуванням мікродобрива Еколист Моно Цинк (188,3-271,1%) у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи. У групі ранньостиглих гібридів рівень рентабельності склав 150,9%, середньоранніх – 178,7% та середньостиглих – 212,5%. Ранній строк сівби забезпечив рівень рентабельності 209,2%, середній – 182,3%, а пізній – 150,6%. Тобто застосування раннього строку сівби підвищує ефективність технології вирощування кукурудзи на 58,6% порівняно із пізнім.

20. Застосування дрібної фракції насіння забезпечило рівень рентабельності – 156,5%, середньої 176,5% і великої 179,3%. За мілкої глибини (4-5 см) загортання рівень рентабельності становив 172,6%, середньої (7-8 см) – 171,4%, великої (10-11 см) – 168,2%.

21. Вирощування кукурудзи для отримання біоетанолу є більш економічно вигідним порівняно із вирощуванням на зернові цілі, рівень рентабельності при цьому зростає на 18,4-51,3%.

22. В Україні існує досвід використання спеціально вирощеної рослинної сировини (силосу кукурудзи та сорго) для виробництва біогазу шляхом сумісного метанового бродіння з відходами тваринництва. Важливість силосу кукурудзи для виробництва біогазу та підвищення ефективності біогазових установок полягає не лише у сприятливих біологічних особливостей культури, але і у наявності такої властивості як ремонтантність. Кукурудза як сировина для виробництва біогазу має найбільш вагоме значення через високий потенціал урожайності силосної маси. Вирощування й зберігання силосної кукурудзи технічно розвинене і широко оптимізовано.

23. Використання кукурудзяного силосу для виробництва біогазу не лише поліпшує вихід біогазу а й сприяє покращенню властивостей біоорганічного добрива (дигестат). Через те що властивості дигестату визначаються сировиною, яка використовується для виробництва біогазу в біогазовій станції. При цьому біомаса характеризується такими фізико-хімічними показниками, як: вологість, вміст сухої речовини (СР), вміст органічної сухої речовини (оСР), кислотність (pH), вміст білків, вуглеводів та жирів.

24. Анаеробне зброджування гною або посліду у поєднанні із кукурудзяним силосом дасть змогу зменшити ризик забруднення ґрунтів та води, зменшити викиди в атмосферу та вплив на зміни клімату. При ньому 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. Значно зменшується ризик забруднення ґрунтів та води азотом, фосфором та іншими поживними речовинами, та, відповідно, загроз для питного водопостачання та водно-болотних угідь, зменшується експозиція до запаху місцевого населення.

25. Переваги біогазових технологій не викликають сумнівів, що підтверджується їх бурхливим розвитком у світі. Аналогічним чином такі технології повинні впроваджуватися і в Україні. Для України це відносно новий тренд, який набуває все більшої популярності серед місцевих господарств, зважаючи на свою перспективність. Адже сучасні технології дозволяють перетворити виробництво біогазу на прибутковий бізнес.

26. Виробництво біогазу в сільськогосподарських підприємствах вирішить ряд проблем і перспектив аграрного виробництва: створюються нові можливості одержання сільськогосподарськими підприємствами додаткових грошових доходів; забезпечується продовольча та енергетична безпека держави; зменшення залежності сільськогосподарських виробників від імпорту палива; вирішуються соціальні проблеми у сільській місцевості шляхом створення нових і збереження існуючих робочих місць; зменшується забруднення навколишнього природного середовища небезпечними речовинами, в тому числі відходами тваринницьких ферм.

27. ТОВ «Органік – Д» одна з перших компаній України, де втілюються аграрні та технологічні рішення у галузі культивації коренеплодів та інших

культур на біоорганічному добриві. Проходження свинячого гною через біогазову установку забезпечує зменшення кількості патогенних мікроорганізмів та збільшує кількість сапрофітних організмів, що істотно покращує мікробіологічний склад отримуваного біоорганічного добрива Ефлюент.

28. Виробництво біогазу з органічних відходів для ферм різних типорозмірів і напрямів спеціалізації є економічно доцільним, дає можливість забезпечити енергетичні потреби господарства і отримати прибуток.

29. Підвищення врожайності після застосування біодобрив (дигестат) коливаються від 10 до 50%. Застосовується дигестат в якості цілорічного добрива для всіх сільськогосподарських, декоративних і домашніх культур в розбавленому водою вигляді, шляхом підживлення, поверхневого поливу ґрунту або обприскування листової поверхні рослин.

30. Дигестат є універсальним органічним добривом і підходить для всіх ґрунтів, а також для підживлення всіх видів рослин; підвищує вміст органічної речовини (гумусу); покращує водний і повітряний режим ґрунтів; його можна вносити у будь-який період часу; має нейтральну кислотність і розкислює ґрунт; відсутність патогенних організмів; дозволяє збільшити врожайність, оскільки містить повний комплекс необхідних макро- та мікроелементів, органічні сполуки, що покращують структуру ґрунту та гумінові кислоти; створює передумови для розвитку органічного сільськогосподарського виробництва та збільшення доходу від реалізації продукції.

31. В Україні розвинутий ринок біосировини для виробництва альтернативного палива. Водночас, разом з переходом на використання біопалива необхідно провести модернізацію автозаправочних станцій і мереж збуту продукції, а також зацікавити вітчизняних нафтотрейдерів, які є власниками заправок, вийти на цей ринок. Вихід на ринок нових автозаправних послуг нових учасників, які є власниками спиртових заводів супроводжує конкуренцію двох потужних гігантів, кожен з яких в своїй галузі має непогані прибутки, для того, щоб відстоювати свої позиції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ


1. Гончарук І.В. Виробництво біогазу в аграрному секторі – шлях до підвищення енергетичної незалежності та родючості грунтів. *Агросвіт*. 2020. №15. С. 18-29.

2. 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.

3. Соколік С.П. Перспективи використання кукурудзи на зерно в якості біопалива. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 173. С. 168-176.

4. Кернасюк Ю. Ринок кукурудзи: основні тренди. *Агробізнес сьогодні*. 2018. №19. С. 12-14.

5. Гойсюк Л.В. Економічна ефективність виробництва сировини для переробки на біопаливо. *Економіка АПК*. 2010. № 6. С. 46-49.

6. Феттер А., Санін Ю.В. Кукуруза – это еще не все: потенциал альтернативних растений и севооборотов. *Агроном*. 2012. № 2(36). С. 132-135.

7. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. *Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць*. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.

8. 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.

9. 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.

10. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця: ФОП Данилюк, 2013. 636 с.

11. Зозуля О.Л., Паламарчук В.Д. Оцінка самозапилених ліній кукурудзи на стійкість до вилягання. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2005. Том 4 (23). С. 7-11.

12. Зозуля О.Л., Паламарчук В.Д. Характеристика самозапилених ліній за комплексом ознак придатності до механізованого вирощування. *Вісник Львівського державного аграрного університету. Серія «Агрономія»*. Львів, 2005. №9. С. 353-357.

13. Паламарчук В.Д., Мазур В.А., Зозуля О.Л. Кукурудза. Селекція та вирощування гібридів. Монографія. Вінниця, 2009 р. 199 с.

14. Дубровін В.О., Мельничук М.Д., Мельник Ю.Ф. та ін. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад. К.: 2009. 120 с.

15. Блюм Я.Б. Новітні технології біоконверсії: Монографія. / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха, І.П. Григорюк, В.О. Дубровін, А.І. Ємець, Г.М.

Забарний, Г.М. Калетнік, М.Д. Мельничук, В.Г. Мироненко, Д.Б. Рахметов, С.П. Циганков. К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. 326 с.

16. Калетнік Г.М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України: *Монографія*. К: «Хай-Тек Прес», 2010. 516 с.

17. 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.

18. 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.

19. Скляр Р. В., Скляр О. Г., Мілько Д. О. Особливості процесу метаногенерації пташиного посліду. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2018. Вип. 8, т. 2. С. 37-41.

20. Забарний Г.М., Кудря С.О., Кондратюк Г.Г., Четверик Г.О., Термодинамічна ефективність та ресурси рідкого біопалива України. *Монографія*. К., 2006. 226 с.

21. Kaletnik G., Honcharuk I., Okhota Y. The waste-fre production development for the energy autonomy formation of *Ukrainian. Journal of Environmental Management & Tourism*. 2021. 11 (3 (43)). P. 513-522.

22. Vitalii Palamarchuk, Natalia Telekalo. The effect of seed size and seeding depth on the components of maize yield structure. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. 24 (№ 5). P. 783-790.

23. Калетнік Г.М., Пчелянська Г.О. Місце і роль продовольчої безпеки у формування економічної безпеки України. *Бізнес Інформ*. 2014. Вип. 2. С. 30-34.

24. Адаменко Т., Огаренко Ю., Малов О. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам? Київ: Німецько-український агрополітичний діалог. 2019. 34 с. URL: https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/2020/%D0%97%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%B0%20%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%83%20%D1%82%D0%B0%20%D1%81%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B5%20%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%20%D0%B2%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96.pdf

25. Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/ (дата звернення 20.07.2020).

26. The official website of the United National Climate Change. GHG total without LULUCF. URL: https://di.unfccc.int/time_series (дата звернення 20.07.2020).

27. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: https://menr.gov.ua/news/34928.html (дата звернення 10.07.2020).

28. Жан-Поль Рену. Неизбежный рост урожайносты кукурузы. *Зерно*. 2015. №1(106). С. 122-125.

29. Коваленко О.А., Ковбель А.І. Вплив елементів живлення на стресовий

стан польових культур. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 24-27.

30. Адаменко Т. Коливання врожайності зернових культур внаслідок зміни клімату. *Агроном*. 2011. № 1(31). С. 12-22.

31. Васильев В. Жаростойкость и засухоустойчивость гибридов кукурузы на Юго-Востоке. *Зерно*. 2014. № 6(99). С. 74-75.

32. Чернобай Л., Музафаров Н., Попова К. Вектори адаптації. *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 20-24.

33. Пащенко Ю.М., Кордін О.І. Вплив інкрустації насіння і строків сівби на формування продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*). Дніпропетровськ, 2005. № 26-27. С. 78-82.

34. Мірошниченко М., Гладкіх Є. Агротехніка за стресових умов. *Farmer (the ukrainian)*. 2015. №10(70). С. 36-39.

35. Шевченко М. Клімат диктує обробіток ґрунту. *Farmer*. 2015. №5(65). С. 16-18.

36. Адаменко Т. Особливості погодних умов весняного періоду 2015 р. *Агроном*. 2015. №2(48). С. 18-19.

37. Степанова Л. Урожай-2016: не кількість, а якість. *Farmer the Ukrainian*. 2016. №5(77). С. 72-73.

38. Vitalii Palamarchuk, Inna Honcharuk, Tetiana Honcharuk, Natalia Telekalo. 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. Volume 8. Issue 3. 8(3). P. 47-53.

39. Паламарчук В.Д., Алєксєєв О.О. Математичні моделі високо крохмальних гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. №16. С. 28-47.

40. Барбара Эдер, Хайнц Шульц. Биогазовые установки. Практическое пособие. Перевод с немецкого выполнен компанией Zorg Biogas в 2008 г (http://www.zorg-biogas.com). 1996. 268 с.

41. Грабовський М.Б. Потенціал виробництва біогазу із силосної маси сорго цукрового та кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 106. С. 26-32.

42. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Венедіктов О.М. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. 432 с.

43. 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.

44. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця, 2017. 588 с.

45. В Україні зареєстровано гібрид кукурудзи для виробництва біоетанолу. URL: https://superagronom.com/news/4996-v-ukrayini-zareyestrovano-gibrid-kukurudzi-dlya-virobnitstva-bioetanolu.

46. Адамень Ф.Ф., Далджи Д.Г. Семеноводство кукурузы: *Справочник*. Симферополь: Таврия, 1991. 147 с.

47. 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.

48. Фурсова Г.К., Фурсов Д.І., Сергєєв В.В. Рослинництво: лабораторно-практичні заняття. Ч. І. Зернові культури. *Навчальний посібник*. Харків: ТО Ексклюзив, 2004. 380 с.

49. Мазур В.А., Поліщук І.С., Телекало Н.В., Мордванюк М.О. Навчальний посібник з дисципліни «Рослинництво» для студентів галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» спеціальності 201 «Агрономія» першого бакалаврського рівня. Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк». 2020. 352 с.

50. Рибалка О.І., Червоніс М.В., Моргун Б.В., Починок В.М., Поліщук С.С. Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спирто-дистилятного напряму технологічного використання зерна. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2013., Т. 45. № 1. С. 3-20.

51. Калетнік Г.М., Скорук О.П., Токарчук Д.М. Організація і економіка використання біоресурсів: *підручник*. Вінниця: ВНАУ, 2018. 297 с.

52. Паламарчук В.Д., Шинкарук В.А. Оцінка вихідного матеріалу за комплексом господарсько-цінних ознак при створенні високоврожайних гібридів кукурудзи. *Бюлетень Інституту зернового господарства. Дніпропетровськ*, 2007. № 31-32. С. 48-51.

53. Паламарчук В.Д. Вміст крохмалю у зерні гібридів кукурудзи залежно від строків посіву. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7 (Том 1). С. 37-45.

54. 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

55. 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.

56. 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.

57. Іващенко О.О. Перспективи вирощування кукурудзи і сорго. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2011. № 12. С. 38-41.

58. Паламарчук В.Д., Паламарчук О.Д. Перспективи вирощування та використання кукурудзи для отримання біопалива. *Сільськогосподарські науки.* 2011. Вип. 8(48). С. 13-21.

59. Цехмейструк М.Г., Музафаров Н.М., Манько К.М. Аспекти вирощування кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 8. С. 28-32.

60. Цандур М., Сербіна С. Кукурудза на Півдні. *Farmer*. 2011. №2. С. 34-35.

61. Каменщук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 12. С. 26-28.

62. Каменщук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу. *Агроном*. 2013. № 3. С. 162-163

63. Зозуля О.Л., Паламарчук В.Д. Оцінка вихідного матеріалу кукурудзи в

селекції на придатність до механізованого вирощування та збирання. *Збірник наукових праць СГІ. «Сучасні пріоритети селекції с.-г. культур»*. Одеса, 2006. Вип. 8(48). С. 153-157.

64. Черчель В., Дзюбецький В., Марочко В. Адаптивні властивості кукурудзи. *Пропозиція*. 2014. № 3. С. 76-80.

65. Муляр М.М. Водний режим ґрунту і забур'яненість посівів вихідних форм гібридів кукурудзи залежно від строків сівби в південному Степу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2012. Вип. 79. С. 76-81.

66. Зубрейчук М.С., Газінська Т.В., Ткаченко І.С. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від гідротермічних умов вегетації. *Насінництво*. 2012. № 3. С. 7-12.

67. Косолап Н., Кобец Р. Пик лета: недостаток влаги и жара. *Зерно*. 2015. №7(112). С. 144-145.

68. Семеняка І., Андрієнко А. За і проти удобрення кукурудзи в умовах ризикованого землеробства. *Агроном*. 2011. № 3(33). С. 92-96.

69. Фукс К., Кастет Й. Кукурудза. Сучасні технології АПК. *Вирощування основних сільськогосподарських культур*. Київ, 2010. С. 68-83.

70. Романенко М. Технологія вирощування кукурудзи. Рекомендації. KWS 150-річний досвід в селекції і насінництві сільськогосподарських культур. 2010. 58 с.

71. Лукянченко А., Бокач О. Надійний захист кукурудзи – запорука високих врожаїв. *Агроном*. 2015. №2(48). С. 152-158.

72. Удовенко А.И. Особенности орошениения кукурузы. *Агроном*. 2015. № 4(50). С. 88-92.

73. Марченко О., Джура Ю. Посухостійкість і коренева система кукурудзи. *Зерно*. 2014. № 4. С. 64-67.

74. Ковальчук І. Критерії підбору гібридів кукурудзи для різних умов вирощування. *Famer the Ukrainian*. 2015. №12(72). С. 82-84.

75. Андрієнко А., Дергачов Д., Кузьмич В., Токар Б. Гібриди кукурудзи – такі схожі, такі різні. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 130-138.

76. Гібриди кукурудзи Optimum$^{R}$ AQUAmax$^{R}$ від DuPont Pioneer. *Farmer the Ukrainian*. 2013. №12 (49). С. 33.

77. Ткаліч Ю., Кохан А., Гирка А.А. Адаптація рослин соняшнику та кукурудзи в умовах зміни клімату. *Зерно*. 2013. № 4. С. 171.

78. «Монсанто Україна»: інноваційне поле гібридів «Декалб» в Агрономічному. *Зерно*. 2010. № 10(54). С. 68-69.

79. Кифорчук В. Гібриди кукурудзи Декалб – відповідно на потреби товаровиробника. *Зерно*. 2014. № 3(96). С. 92-93.

80. Молдован В.Г., Галиш Ф.С., Молдован Ж.А., Войтов О.Д. Рекомендації по вирощуванню кукурудзи на зерно в агро формуваннях Хмельницької області. УААН, Хмельниц. держ. с-г. дослід. ст. Самчаки, 2008. 18 с.

81. Глущенко Л.Т., Дутченко З.Я., Бондаренко Г.А. Продуктивність рослин кукурудзи залежно від гібриду та норм мінерального живлення. *Вісник Сумського національного аграрного університету.* 2005. №12(11). С. 43-44.

82. Павлов А.Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. М.: Издательство Наука, 1967. 340 с.

83. Марченко О., Джура Ю. Реакція рослин кукурудзи на посушливі умови. *Зерно*. 2015. №4(109). С. 74-75.

84. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив позакореневих підживлень на площу при качанного листка у кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 9. С. 68-78.

85. 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.

86. Паламарчук В.Д. Вплив строків сівби на лінійні розміри рослин гібридів зернової кукурудзи. *«Наукові горизонти», «Scientific horizons»*. 2018. № 2 (65). С. 35-41.

87. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Формування висоти закладання качанів у гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник.* 2018. Випуск 100. Том 2. С. 26-33.

88. Господаренко Г. Удобрення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2010. №10(185). С. 18-19.

89. Маренич М.М., Веревська О.В. Застосування методу регресійного аналізу для прогнозування врожайності і валових зборів кукурудзи. *Хімія. Агрохімія. Сервіс*. 2011. №8. С. 36-40.

90. 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.

91. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерно-виробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.

92. Паламарчук В.Д. Характер розміщення судинно-волокнистих пучків у самозапилених ліній кукурудзи. *Збірник наукових праць ВДАУ*. Вінниця, 2006. Вип. 28. С. 29-32.

93. Марченко О. Ранній посів кукурудзи – можливі ризики. *Зерно*. 2014. №3(96). С. 88-89.

94. Надь Янош. Кукуруза. Вінниця.: ФОП Д.Ю. Корзун, 2012. 580 с.

95. Демидась Г.І., Ямкова В.В. Вологозабезпеченість сумісних посівів кукурудзи з бобовими культурами залежно від густоти стояння компонентів у Правобережному лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2010. №149. С. 239-245.

96. Малишко Є. Прогноз урожаю кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 21. С. 16-17.

97. Заіменко Н.В., Дідик Н.П., Дзюба О.І. [та ін.]. Індукція захисних реакцій на посуху у рослин кукурудзи анальцимом за різних зволоженості й типу ґрунту. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2013. Т. 45. С. 35-44.

98. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І. Характеристика морфологічної будови качана у самозапилених ліній кукурудзи. *Збірник наукових праць ВДАУ*. 2007. Вип. 29. С. 11-18.

99. 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.

100. Ярошко М., Штангела Й. Кукурудза – основні вимоги до вирощування. *Агроном*. 2012. № 2(36). С. 138-140.

101. Паламарчук В.Д., Мазур В.А. Вплив тривалості фенологічних фаз на стійкість кукурудзи до вилягання. *Вісник Львівського державного аграрного університету. Серія «Агрономія».* Львів, 2009. №13. С. 358-362.

102. Якунін О.П., Заверталюк В.Ф. Підвищення врожайності кукурудзи в умовах північного Степу. *Хранение и переработка зерна*. 2002. №6(36). С. 26-28.

103. Шумигай І.В., Дементьєва О.І. Вирощування гібридів кукурудзи на Півдні України в умовах зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 2. С. 74-78.

104. 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.

105. Паламарчук В.Д. Вплив застосування бактеріального добрива «Біомаг» на продуктивність гібридів кукурудзи. *Сільськогосподарські науки.* 2012. № 63 Вип. 4. С. 14-23.

106. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на вміст хлорофілу у гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019 №14. С. 43-53.

107. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Тривалість окремих міжфазних та вегетаційного періодів гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник.* Херсон, 2019. Вип. 106. С. 119-127.

108. Позняк В. Вигідне зерно. *Агробізнес сьогодні*. 2011. №3(202). С. 22-23.

109. Позняк В. Кукурудза починається із насіння. *ІнтерАгро (7 міжнародна виставка рентабельного сільського господарства)*. 2011. №2-4, лютого. С. 30-31.

110. Позняк В. За канадською системою. *ІнтерАгро (7 міжнародна виставка рентабельного сільського господарства)*. 2011. №2-4, лютого. С. 29.

111. Ключко П.Ф., Чиканчи И.П., Иванов Г.И. Как выращивать кукурузу по индустриальной технологии. Одесса: Маяк. 1982. 80 с.

112. Паламарчук В.Д., Паламарчук О.Д., Волчанська І.В., Мельник В.В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність зернової кукурудзи. *Сільськогосподарські науки*. 2012. Вип. 1(57). С. 75-80.

113. Паламарчук В.Д., Мазур В.А., Дидур И.Н. Иммунологическое состояние посевов зерновой кукурузы в зависимости от сроков посева. *Вестник белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. №2. С. 83-87.

114. Паламарчук В.Д., Зозуля О.Л. Оцінка вихідного матеріалу кукурудзи за міцністю бокової стінки стебла. *Селекція і насінництво.* Харків, 2008. Вип. 95. С. 41-49.

115. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І., Поліщук І.С., Колісник О.М., Паламарчук О.Д. Вплив елементів технології на розвиток кукурудзи для

виробництва біоетанолу. *Збірник наукових праць «Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків»*. 2013. Вип. 19 (том І). С. 96-101.

116. 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.

117. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Біоенергетична оцінка гібридів кукурудзи залежно від факторів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник.* Херсон, 2019. Вип. 107. С. 137-144.

118. Остапчук М.О., Поліщук І.С., Мазур О.В., Паламарчук В.Д. Мікробіологічні основи агротехнологій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 3. С. 32-43.

119. Щоткін В. Цариця полів. *Зерно*. 2013. № 4. С. 160-163.

120. Паламарчук В.Д. Вплив чинників технології на формування маси 1000 зернин і продуктивності гібридів кукурудзи. *Агроном*. 2019. №4(66). С. 86-92.

121. Василенко М.Г., Бойко Л.В., Зосімов В.Д., Димкович М.І. Застосування стимулятора росту Ендофіту L-1 на посівах кукурудзи. *Корми і кормовиробництво*. 2008. Вип. 62. С. 203-211.

122. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на стійкість гібридів кукурудзи до вилягання. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018 № 8. С. 14-25.

123. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на кількість качанів у гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки. Рослинництво, кормо виробництво*. 2018. №8(785). С. 24-32.

124. Паламарчук В.Д. Економічна оцінка гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019 №12. С. 18-27.

125. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на прояв лінійних розмірів рослин кукурудзи. *Науковий вісник НУБІП України. Серія Агрономія*. 2018. № 286. С. 231-244.

126. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на висоту кріплення качанів у гібридів кукурудзи. *Агробіологія*. *Збірник наукових праць*. Біла церква, 2018. №1(138). С. 89-98.

127. Марчук І. Живлення та оптимальне удобрення кукурудзи. *Пропозиція*. 2010. № 4. С. 74-77.

128. Сторчоус І. Методи контролю. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 3(202). С. 20-21.

129. Рем Георг, Дональд Д. Говард. Сколько и чего вносить – вот в чем вопрос. *Зерно*. 2013. № 4. С. 121-127.

130. Шевченко М., Шевченко О., Шевченко С. Епоха потепління і кукурудза. *Farmer*. 2014. № 3(51). С. 42-44.

131. Кроветто К. Катионообменная способность почвы и гумус. *Зерно*. 2014. № 6(99). С. 97-108.

132. Ростоцький О. Біологічні препарати в технології вирощування кукурудзи. *Аграрник*. 2014. № 8. С. 16.

133. 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»*. 2013. Вип. 17 (том І). С. 240-244.

134. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І., Паламарчук О.Д. Енергетична ефективність вирощування зернової кукурудзи залежно від позакореневих підживлень в умовах Лісостепу України. *Сільськогосподарські науки*. 2014. №83. Вип. 6. С. 63-71.

135. Шелганов И.И., Воронин А.Н. Особенности минерального питания кукурузы. *Кукуруза и сорго*. 2008. № 4. С. 10-11.

136. Паламарчук В.Д., Климчук О.В. Альтернативні аспекти використання зерна кукурудзи для отримання біоетанолу. *Сільськогосподарські науки.* 2010. Вип. 42. Том. 4. С. 123-129.

137. Півень А.С., Анеляк М.М., Головашич О.П. Удосконалення технологічного процесу вирощування кукурудзи з посівом на малу. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. 2003. №20. С. 31-33.

138. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю. Характеристика мікробіологічного та агрохімічного складу органічного добрива Ефлюент. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019 №15. С. 45-55.

139. Черенков А.В., Циков В.С., Дзюбецький Б.В., Шевченко М.С. та ін. Оптимізація технологічних процесів вирощування товарних посівів кукурудзи на зерно в агроформуваннях Дніпропетровської області в 2013 році: *Науково-практичні рекомендації*. Дніпропетровськ, 2013. 47 с.

140. Танчик С., Бабенко А. Гербокритичний період кукурудзи та її захист. Пропозиція. 2014. № 5. С. 95-97.

141. Новик Вольфранг (W. Nowick). Возобновляя плодородие. Комбинации регуляторов и гуминовых препаратов на полях Германии. *Зерно*. 2015. №11(116). С. 48-56.

142. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А., Кричковський В.Ю. Підвищення ефективності біогазових комплексів за рахунок використання дигестату при вирощуванні сільськогосподарських та овочевих культур. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Зрошуване землеробство»*. 2020. № 73. С. 95-101.

143. Паламарчук В.Д., Колісник О.М. Stalk lodging resistance of corn hybrids depending on the planting date. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019 №15. С. 94-110.

144. Білицький О.В., Лагер В.М., Лук'янченко А.П. Форс® Зеа на варті вашого врожаю. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 118-120.

145. Якунін О.П., Румбах М.Ю. Економічна і біоенергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи в умовах північної підзони Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2010. №1. С.7-10.

146. Мокрієнко В. Адаптивні гібриди кукурудзи Roots Power для посушливих умов. *Зерно*. 2015. № 10(115). С. 54-56.

147. Паламарчук В.Д. Характеристика самозапилених ліній та простих гібридів кукурудзи за міцністю бокової стінки стебла. *Корми і*

*кормовиробництво.* 2007. Вип. 59. С. 27-31.

148. Паламарчук В.Д. Взаємозв'язок діаметра та довжини третього міжвузля стебла зі стійкістю до вилягання у селекційних зразків кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* Полтава, 2007, № 2. С. 66-68.

149. Любар В. Органогенез кукурудзи як технологічна складова. *Зерно*. 2015. №3(108). С. 98-102.

150. Ретьман С.В., Мельничук Ф.С. Більш, ніж фунгіцидний захист соняшнику та кукурудзи. *Агроном*. 2010. № 2(28). С. 70-72.

151. Музафаров Н., Манько К., Музафаров І. Кукурудза в сівозміні – чекай на врожай. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 10. С. 30-32.

152. 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.

153. Рибка В.С., Кулик А.О., Романенко О.Л. Витрати енергоресурсів і коштів на вирощування різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи в умовах Південного регіону Запорізького Степу. *Агроном*. 2008. № 2. С. 144-146.

154. Філіпов Г.Л. Аспекти підвищення адаптивної стійкості кукурудзи в Степу. *Хранение и переработка зерна*. 2010. № 10(136). С. 21-23.

155. Гуляк Н. Хто їстиме нашу кукурудзу. *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 34-36.

156. Гречкосій В., Корх В.Механічна кукурудза. *Агробізнес сьогодні*. 2010. № 7 (182). С. 32-38.

157. Іванова В.В. Роль добрив у підвищенні енергетичної ефективності агротехнологій. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 3. С. 20-23.

158. Лихочвор В.В., Демчишин А.М. У сучасних технологіях – особлива увага Магнію. *Famer the Ukrainian*. 2016. №1(73). С. 36-39.

159. Бендер Р.Р., Хаегеле Дж.В., Руффо М.Л. и Белоу Ф.Е. Динамика поглощения элементов питания современными гібридами кукурузы. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 122-128.

160. Капустін А., Ковтун М., Капустін С. Особливості вирощування простих гібридів кукурудзи. *Пропозиція*. 2011. №5. С. 56-61.

161. Андриенко А.Л. Ресурсосбережение в выращивании кукурузы на зерно. Степь Украины. *Агровісник України*. 2008. №10. С. 40-43.

162. Мокрієнко В.А. Мінеральне живлення кукурудзи. *Агроном*. 2009. №2. С. 102-104.

163. 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.

164. Рибак В.С., Ляшенко Н.О. Пріоритети регіонального розвитку виробництва зерна кукурудзи в господарствах Степу. *Агроном*. 2008. № 4. С. 102-109.

165. Веремеєнко С., Олійник О. Вплив стимуляторів росту на кукурудзу. *Агро Перспектива*. 2010. №7. С. 72-73.

166. Сметанська І.М. Фізіолого-агрохімічні аспекти формування врожаю та якості кукурудзи на силос. *Збірник наукових праць Вінницького державного*

*аграрного університету*. 2000. Вип. 7. С. 57-65.

167. Ляшенко Н.О., Галушко Ю.В. Інтенсифікація – основний фактор підвищення ефективності виробництва зерна кукурудзи в Степу України. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. 2003. №20. С. 62-64.

168. Косолап Н. Кукуруза – за 120, соя – за 30. *Зерно*. 2012. №11. С. 102-110.

169. Зозуля О.Л., Паламарчук В.Д. Міцність бокової стінки стебла в системі діалельних схрещувань. *Таврійський науковий збірник*. 2005. Вип. 38. С. 12-17.

170. 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.

171. Паламарчук В.Д. Вплив глибини загортання та фракції насіння на вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2018. №2. С. 55-65.

172. Паламарчук В.Д. Залежність стійкості до вилягання рослин самозапилених ліній кукурудзи від морфологічних ознак. *Корми і кормовиробництво.* 2006. Вип. 57. С 55-59.

173. Семеняка І., Андрієнко А., Григорєва О. Цариця полів. *Агробізнес сьогодні*. 2010. №10(185). С. 28-29.

174. Григор'єва О.М., Григор'єва Т.М., Ліман П.Б., Токмакова Л.М. Вплив мікробних препаратів на продуктивність зернових культур у Північному Степу України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2012. Вип. 15/16. С. 49-57.

175. Андерсон Р. Екологічні засоби боротьби з бур'янами. *Пропозиція*. 2006. №1. С. 92-94.

176. Іванюк М.Ф., Павлюк О.С. Формування агрофітоценозу кукурудзи на фоні екологізації землеробства в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція». *Науковий вісник Нац. університету біоресурсів і природокористування України*. 2010. №149. С. 171-176.

177. Мозирська Н.В., Деркач В.В. Україні зареєстровано перший вітчизняний мікробіологічний препарат для рослинництва клепс. *Пропозиція*. 2001. № 10. С. 60-61.

178. Дудкина Е. Повышения урожайности культур и плодородия почвы через использования микоризы. *Агроном*. 2014. № 2(44). С. 58-60.

179. Буняк Н., Волкогон В. Мікробні препарати для сільськогосподарських культур. *Аграрний тиждень*. 02.09-15.09.2013. № 29-30(272). С. 7.

180. Ткаленко Г. Заощадити з біопрепаратами. *Famer the Ukrainian*. 2015. №8(68). С. 48-49.

181. Банус А.А., Ткач Є.Д. Ратчет – сучасна ЛХО – технологія вирощування сої та кукурудзи. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 154-156.

182. Поліщук К. У поміч добривам. *Farmer (the ukrainian)*. 2015. №10(70). С. 40-41.

183. Поліщук К.В. Ефективність бактеріальних добрив за вирощування кукурудзи в умовах Західного Полісся. *Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства НААН". Розділ «Землеробство»*. 2012. Вип. 1-2. С. 72-75.

184. Бондарєва О.Б., Вінюков О.О. Препарати «Rost-концентрат» та «желатин» – нові рішення у вирішені старих проблем. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 46-47.

185. Польовий В., Гень С. Альтернативні органічні добрива в системі удобрення кукурудзи на зерно. *Пропозиція*. 2014. №3. С. 82-84.

186. Патика В.П. Мікроорганізми і альтернативне землеробство. К.: Урожай, 1993. 175 с.

187. Жемела Г.П., Шевелев В.В. Влияние некоторых агротехнических мероприятий выращивания на засоренность и влагообеспеченность кукурузы. *Вестник Полтавского государственного сельскохозяйственного института*. 2000. №2. С. 78-83.

188. Плотніков В. Вітази – завжди у виграші з ним! *Пропозиція*. 2014. № 3. С. 92-93.

189. Барчукова А., Коваленко О. Кукурудза без стресів. *Пропозиція*. 2013. № 5. С. 74-75.

190. Нагорный В., Киричек В. Выращивание культур с микоризой. Современные технологии симбиоз растений и грибов. *Зерно*. 2014. № 6(99). С. 68-72.

191. 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.

192. Ростоцький О. Біологічні препарати в технології вирощування кукурудзи. *Аграрник*. 2014. № 8. С. 16.

193. Токмакова М. Мікробні препарати. *Фермерське господарство (газ.)*. 2012. №24(584). С. 11.

194. Труфанов О.В. Природный поход: микроудобрения на основе органических кислот. *Агроном*. 2012. № 2(36). С. 34-35.

195. Пахольчук В., Языков А., Киричек В. Кормить биоту, а не растения. Рентабельное производство, востребованная продукція. *Зерно*. 2015. №7(112). С. 138-142.

196. Пахольчук В., Языков А., Вдовиченко А., Киричек В., Терновой Ю. Защитное инфицирование. *Зерно*. 2015. №11(116). С. 84-88.

197. Титко Р., Калініченко В. Відновлювальні джерела енергії (досвід Польщі для України). Варшава: О.Л.С. 2010. 533 с.

198. Полішкевич О.Р. Ефективність використання кукурудзи для виробництва альтернативних палив. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2011. Вип. 3(60). С. 76-80.

199. Аналітика українського ринку експорту кукурудзи. 2015. Інтернет клуб «Мій бізнес». URL: http://tradehub.com.ua/ru/5546obzory/view/5383/ analitika kukuruza.htm.

200. Бразилія: в 2009 р. Споживання етанолу перевищить споживання бензину. URL: http://www.agribusiness.kiev.ua/uk/news/ukraine/11-03-008/2875. 11.03.2008.

201. Дудка Т.В. Доцільність отримання біоетанолу із зерна кукурудзи. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2012. №1. С. 44-47.

202. Фадеев Л. Кукурудза на пути к миллиарду тонн в год. *Зерно*. 2015. №4(109). С. 78-84.

203. Facts on health and the environment. Biofuel yields for different feedstocks. URL: http://www.greenfacts.org/en/biofuels/figtableboxes/biofuel-yields-countries.htm.

204. EU sugar industry upbeat about ethanol beets. *International Sugar & Sweetener Report.* Ratzerburg (Germany): F.O. LICHTS. 2008. № 21. vol. 140. P. 37-42.

205. Новосад Р. Біоетанол – альтернативна енергетика і технології майбутнього. URL: https://gnidava.lt.ua/2018/01/30/bioetanol-alternatyvna-energetyka-tehnologiyi-majbutnogo.

206. Перспективи розвитку ринку біоетанолу в Україні. URL: http://saee.gov.ua/sites/default/files/Schulmeister_bioethanol_1.pdf.

207. Желєзна Т. А., Драгнєв С. В., Баштовий А. І., Роговський І. Л. Перспективи виробництва і споживання біопалив другого покоління в Україні. *Machinery & Energetics.* 2018. Vol. 9. № 2. P. 61-66.

208. Славянский А. А. Технология сахаристых продуктов: крахмал и крахмалопродукты. М.: МГУТУ, 2012. 230 с.

209. Славянский А. А., Горожанкина К. К. Технология крахмала, крахмалопродуктов и глюкозно-фруктозных сиропов (ГФС): учебно-практическое пособие. М.: МГУТУ им. К.Г. Разумовского, 2012. 64 с.

210. Бондаренко Б. І., Жовтянський В. А. Проблема утилізації твердих побутових відходів та знешкодження небезпечних відходів в Україні. *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. 2008. № 4. С. 63-69.

211. Федуняк І. О. Ефективність виробництва біогазу в Україні. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія», серія «Економіка».* 2014. Вип. 26. С. 45-49.

212. 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, Україна. С. 204-205.

213. 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.

214. 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.

215. Дубровін В.О., Корченский М.О., Масло І.П. та ін. Біопалива. К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. 256 с.

216. Гойсалюк Я. Как выращивают кукурузу в агрохолдинге (Основные элементы, приемы и особенности технологии). *Зерно*. 2015. №2(107). С. 92-94.

217. Пащенко Ю.М., Кордін О.І. Вплив строків сівби на урожайність та показники якості зерна кукурудзи різних груп стиглості. *Хранение и переработка зерна*. 2010. № 6(132). С. 47-48.

218. Крамарьов С.М. Оптимізація системи удобрення гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах північного Степу України. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. 2003. №20. С. 39-42.

219. Маслак О. Збільшуємо виробництво кукурудзи. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2012. № 4(45). С. 18-20.

220. Рибка В.С. Доцільність позакореневого підживлення кукурудзи мікродобривами Реаком Плюс. *Агроном*. 2010. № 2(28). С. 64-69.

221. Лапач С.М., Губенко А.В., Бабіч П.М. Статистичні методи в медико-біологічних дослідженнях із застосуванням ExceI. 2-е вид., перероб. і доп. К.: МОРІОН, 2001. 408 с.

222. Маркетинг и выращивание сахарной кукурузы. *Настоящий хозяин*. 2010. № 1. С. 40-45.

223. Гурьев В., Ливандовський А. Подбор гибридов кукурузы для использования зерна на биотопливо. *Пропозиція*. 2010. №7. С. 68-72.

224. ДСТУ 46.045:2003 «Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості» 25.07.2003. № 250.

225. Wu X., Zhao R., Wang D., Bean S., Seib P.A., Tuinstra M.R., Campbell M., O'Brien A. Effects of amylose amylopectin ratio, corn protein and corn fiber contents on ethanol production. *Cereal Chemistry*. 2006. 83, 5. P. 569-575.

226. Адиньев Э.Д. Возделывание кукурузы при орошении. М.: ВО «Агропромиздат», 1988. 276 с.

227. AACC International 2000 (AACCI Method 76-13.01 Total Starch Assay Procedure (Megazyme Amyloglucosidase/alpha-Amylase Method).

228. Cluster Analysis 5th Edition / B. S. Everitt, S. Landau, M. Leese, D. Stahl. – 5th ed. – Chichester (King's College London): Wiley, 2011. 346 p.

229. Мазер К., Джинкс Дж. Биометрическая генетика. М.: Мир, 1985. 463 с.

230. Літун П.П., КириченкоВ.В., Петренкова В.П., Коломацька В.П. Системний аналіз в селекції польових культур. *Навчальний посібник*. Харків, 2009. 354 с.

231. Ермантраут Е. Р., Маліновський А. С., Дідора В. Г. [та ін.]. Методика наукових досліджень в агрономії. Житомир: ЖНАЕУ, 2010. 124 с.

232. Дроздов В. И. Инструкция по использованию пакета Statistica 6.0. Курск: Юго Западный гос. университет, 2013. 74 с.

233. Присяжнюк Л.М., Іваницька А.П., Король Л.В., Коровко І.І. Розподіл кукурудзи середньоранньої групи стиглості за господарсько-цінними показниками. *Новітні агротехнології (електронний журнал). Розділ. Селекція та насінництво*. 2015. №1. С. 75-82.

234. Мельник А.В. Використання кластерного аналізу за підбору сортів і гібридів ріпаку ярого для вирощування в лівобережному Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. №4. С. 6-11.

235. Тимофеев-Ресовский Р. В. Генетика, эволюция и теоретическая биология. Биология и информация. М.: Наука, 1984. С. 19-30.

236. Шмальгаузен И. И. Факторы эволюции. Теория стабилизирующего отбора. 2-е изд.; перераб. и доп. М.: Наука, 1968. 451 с.

237. Літун П.П., Кириченко В.В., Петренкова В.П., Коломацька В.П. Теорія

і практика селекції на макроознаки. Методологічні проблеми. Х.: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, 2004. 158 с.

238. Литун П.П., Кириченко В.В., Петренкова В.П., Коломацкая В.П. Адаптивная селекция. Теория и практика на современном этапе. Х.: Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева, 2007. 270 с.

239. Літун П.П., Кириченко В.В., Петренкова В.П., Коломацька В.П. Теоретичні основи базової технології селекції. Школа академіка В.Я. Юр'єва. Теоретичні дослідження в Інституті рослинництва за 1908-2008 роки. Х.: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, 2007. С. 3-136.

240. Fisher R. A. The correlation between on the supposition of mendelian inheritance. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*. 1918. V. 52. P 399.

241. Рибка В., Ляшенко Н., Дудка М. Чинники врожайності кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2018. №10. С. 26-31.

242. Кабаш Н. Кукуруза на бензин. *Фермерське господарство*. 2012. № 5. С. 9.

243. Ilona Sárvári Horváth, Meisam Tabatabaei, Keikhosro Karimi, Rajeev Kumar. Recent updates on biogas production – a review (Останні оновлення щодо виробництва біогазу – огляд). *Biofuel Research Journal.* 2016. Vol. 3. Issue 2. P. 394-402.

244. Калетнік Г. М. Диверсифікація розвитку виробництва біопалив – основа забезпечення продовольчої, енергетичної, економічної та екологічної безпеки України. *Вісник аграрної науки,* 2018. №11, С. 169-176. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-21

245. Поліщук В.М. Концепція розвитку сільських територій із впровадженням комплексних екобезпечних технологій виробництва і використання біопалив. *Техніка і енергетика,* 2019. №2. С. 39-47. DOI: 10.31548/machenergy.2019.02.039-047

246. Шкарівська Л.І., Давидюк Г.В., Клименко І.І., Довбаш Н.І. Використання відходів біогазових установок для удобрення сільськогосподарських культур. *Агроекологічний журнал,* 2020. №1. С. 75-82. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201275

247. Орєхович О. Біогазова установка для українського споживача. https:// chz.org.ua/wp-content› uploads/2016/04.

248. Антахович І. Біогазові технології в Україні встановлення та робота біогазових установок. 30 с. (Центр біогазових технологій – http://biogascenter.googlepages.com).

249. Кузнецова А. Чи прибуткове виробництво біогазу? *Агробізнес сьогодні*. 2010. № 21/22(197). С. 21-23.

250. Грабовський М. Б. Кукурудза для виробництва біогазу. *Агробізнес сьогодні*. 2020. № 8(423). С. 42-44.

251. Honcharuk I. Use of Wastes of the Livestock Industry as a Possibility for Increasing the Efficiency of AIC and Eeplenishing the energy Balance. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development,* 2020. vol. 9, №1. P. 9-14. DOI: 10.2478/vjbsd-2020-0002

252. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження

України. URL: http://saee.gov.ua (дата звернення 15.07.2020).

253. Кузнецова А., Куценко К. Біогаз та «зелені тарифи» в Україні – чи вигідне інвестування? (*Серія консультативних робіт AgPP №. 26*). К. 2010. 40 с.

254. Баадер В., Доче Е., Бренндерфер М. Биогаз. Теория и практика. М: Колос, 1982. 256 с.

255. Скляр Р.В. Особливості анаеробної ферментації різних видів тваринницьких відходів. *Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи»*. 29 травня 2020 Житомир, Україна. С. 120-123.

256. Токарчук Д. М., Пришляк Н. В., Паламаренко Я. В. Перспективи використання відходів рослинництва на виробництво біогазу в Україні. *Агросвіт*. 2020. № 22. С. 51-57.

257. Непреходящий В.В. Особенности выращивания кукурузы и условия получения максимального урожая с единицы площади. *Агрохимия, агротехника, агротехнологии*. 2012. № 4. С. 28-30.

258. Корчагіна І. Кукурудза – 2011. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2011. № 3 (32). С. 34-37.

259. Фрідбер Горстсанн. Більше продуктивності з кукурудзою Stay young. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2012. № 4. С. 29.

260. Иващенко В.Г., Вареник Б.Ф., Соколов В.М. Вредоносность стеблевых гнилей кукурузы на Юге Украины. *Селекция и семеноводство*. 1990. №5. С. 19-22.

261. Скляр О.Г. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації гною. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т. 3. С. 110-118.

262. Weiland P., Bilitewski B., Werner P., Dornack C., Stegmann R., Rettenberger G., Faulstich M., Wittmaier M. Trockenfermentation in der Landwirtschaft-Welche Substrate und Techniken finden Anwendung. *Anaerobe biologische Abfallbehandlung*. 2008. P. 235-245.

263. Lewandowski I., Heinz A. Delayed harvest of miscanthus – influences on biomass quantity, quality, and environmental impacts of energy production. *European Journal of Agronomy*. 2003. № 19. P. 45-63.

264. Oechsner H, Lemmer A. Was kann die Hydrolyse bei der Biogasvergärung leisten? *VDI-Gesellschaft Energietechnik: Biogas 2009. Energieträger der Zukunft*, 2009, P. 37-46.

265. Федуняк І.О. Ефективність використання біогазу в Україні. *Зелений світ (газета). Рубрика: Альтернативна енергетика.* 2015. №4 (298), квітень. С. 4.

266. Amon Th., Kryvoruchko V., Amon B., Bodiroza V., Zollitsch W., Boxberger J. Biogas Production from Energy Maize. *Landtechnik*. 2006. № 2. P. 86-87.

267. Braun A., Weiland R., Wellinger P. Biogas from energy crop digestion. *In IEA Bioenergy Task.* 2008. Vol. 37. P. 1-20.

268. Amon T., Kryvoruchko V., Amon B. Methane production from maize,

grassland and animal manures through anaerobic digestion. *Sustainable Organic Waste Management for Environmental Protection and Food Safety II*. 2004. P. 175-182.

269. 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. P. 253-261.

270. Seppälä M. Biogas Production from High-Yielding Energy Crops in Boreal Conditions. *Academic dissertation of the University of Jyväskylä*. 2013. 92 p.

271. Oechsner H., Lemmer A., Neuberg C. Crops as a Digestion Substrate in Biogas Plants. *Landtechnik.* 2003. № 2. P. 146-147.

272.. Dubrovskis V., Plume I., Bartusevics J., Kotelenecs V. Biogas production from fresh maize biomass. *Engineering for rural development*. 2010. P. 220-225.

273. Biogas-and introduction. FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.v.). 2008. 44 p.

274. 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.

275. Скляр О.Г. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві. *Праці ТДАТУ.* Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С. 210-217.

276. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродіння. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка.* 2015. Вип. 156. С. 649-655.

277. 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.

278. 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.

279. Марус О.А., Голуб Г.А. Аналіз конструкцій реакторів для твердофазної ферментації. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. Вип. 241. С. 380-387.

280. 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.

281. 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.

282. 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.

283. Selde H., Beier C., Kedia G., Henrik Lystad H. Digestate as Fertilizer. Fachverband Biogas e.V. 2018. Germany: 64 p. URL: https://issuu.com/fachverband.biogas/docs/digestate_as_fertilizer

284. 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.

285. 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.

286. 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. P. 167-173.

287. 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.

288. 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.

289. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Обґрунтування способу перемішування субстрату для експериментальної біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ (Електронне наукове фахове видання)*. Мелітополь, 2020. Вип. 10, том 1. С. 58-65.

290. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Аналіз способів та засобів для перемішування субстрату в метантенках біогазових установок. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. 2019. Vol. 10, № 4. P. 33-37.

291. 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.

292. 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.

293. Deublein D., Steinhauser A. Biogas from waste and renewable resources an introduction. Mörlenbach, Germany Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2011. 450 p.

294. 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.

295. 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.

296. Misi S.N., Forster C.F. Batchco-digestion of multi-component agro-wastes. *Bioresour. Technol*. 2001. №80(1). P. 19-28.

297. Pagés Díaz J., Pereda-Reyes I., Lundin M., Sárvári Horváth I. Co-digestion of different waste mixtures from agro-industrial activities: Kinetie evalution and synergetic effects. *Bioresour. Technol*. 2011. №102(23). P. 10834-10840.

298. 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.

299. 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.

300. 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.

301. 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

302. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plan. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa.* Lublin, 2014. Vol. 16. № 2. P. 183-188.

303. 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.

304. Болтянський Б. В. Обґрунтування конструктивно-функціональної схеми біореактора – установки для переробки органічних відходів (гною). Праці *Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2015. Вип. 15., т. 3. С.182-188.

305. Гюнтер Л. И., Гольдфарб Л. Л. Метантенки. М.: Стройиздат, 1991. 128 с.

306. Проєкт Національного кадастру антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за 1990-2018 роки. URL: https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/2020/Ukraine_NIR_2020%20draft.pdf (дата звернення 19.07.2020).

307. 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.

308. IEA. Statistics. Ukraine. Посилання:http://www.iea.org/statistics/ statisticssearch/ report/?country=UKRAINE&product=ba lances&year=2012 (станом на 1.12.2014).

309. Марцинкевич В., Коломієць Н. Поводження з відходами тваринництва: переваги технології анаеробного зброджування. К.: Національний екологічний центр України, 2015. 24 с.

310. Вернер І. Є. Статистичний щорічник України. К. 2020. 465 с.

311. De Vries J.W., Vinken T.M.W.J., Hamelin L., De Boer I.J.M., 2012. Comparing environmental consequences of anaerobic mono- and co-digestion of pig manure to produce bio-energy. A life cycle perspective. *Bioresour. Technol*. №125. P. 239-248.

312. 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.

313. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В. Інтенсифікація біоконверсії коливальним перемішуванням субстрату: монографія. Вінниця: Універсум-Вінниця, 2008. 117 с.

314. 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.

315. 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.

316. Логуш І. В., Чвартацький І. І., Фльонц І. В. Обгрунтування 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.

317. 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.

318. Мовсесов Г. Є., Ляшенко О. О. Основні положення технології біогазового (анаеробного метанового) зброджування органічних відходів: рекомендації. Запоріжжя: ІМТ НААН України, 2010. 29 с.

319. 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.

320. 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.

321. Скляр Р. В. Аналіз способів подачі субстрату в метантенк біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ (Електронне наукове фахове видання)*.

Мелітополь, 2020. Вип. 10, том 1. С. 39-48.

322. 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.

323. 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.

324. 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]. *Сільськогосподарські науки*. 2011. № 7. С. 131-137.

325. 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*. 2013. № 4. С. 143-146.

326. 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.

327. 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.

328. 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.

329. 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.

330. 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.

331. Рябов Г.А. Использование биомассы и отходов производства для решения проблем энергосбережения. *Электрические станции*. 2005. № 7. С. 33-38.

332. 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.

333. 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.

334. Buswell A.M., Mueller H.F. Mechanism of methane fermentation. *Industrial and Engineering Chemistry*. 1952. № 44 (3). P. 550-552.

335. 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.

336. 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.

337. Біоенергетична асоціація України. Available at http://www.uabio.org.

338. Bojesen M., Boerboom L., Skov-Petersen H. Towards a sustainable capacity expansion of the Danish biogas sector. *Land Use Policy*. 2014. №42. P. 264-277.

339. Калетнік Г.М., Здирко Н.Г., Фабіянська Ю.В. Біогаз в домогосподарствах – запорука енергонезалежності сільських територій України. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики.* 2018. № 8. С. 7-22.

340. Волохін В. В., Мелейчук С. С. та Козій І. С. Виробництво біогазу з відходів тваринництва як елемент енергоресурсозбереження. *Scientific Journal «ScienceRise».* 2014. С. 18-21.

341. 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.

342. The official website of the United Nations Economic Commission for Europe. URL: https://w3.unece.org/PXWeb/ru/Table?IndicatorCode=6 (дата звернення 20.07.2020).

343. Стратегія удосконалення механізму управління в сфері використання та охорони земель сільськогосподарського призначення державної власності та розпорядження ними. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/413-2017-%D0%BF#n12 (дата звернення 15.07.2020).

344. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. URL: http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan_gruntiv.pdf (дата звернення 17.07.2020).

345. Про схвалення Концепції боротьби з деградацією земель та опустелюванням: розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 жовтня 2014 р. № 1024-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1024-2014-%D1%80#n8 (дата звернення 10.07.2020).

346. Kaletnik G., Honcharuk I., Yemchyk T., Okhota Yu. The World Experience in the Regulation of the Land Circulation. *European Journal of Sustainable Development*, 2020. №9(2). P. 557–568 DOI:

10.14207/ejsd.2020.v9n2p557

347. The official website of the The Food and Agriculture Organization. URL: http://www.fao.org/3/ca7464uk/CA7464UK.pdf (дата звернення 19.07.2020).

348. Мельник Р. А., Евдокименко И. И., Бородин В. И. и др. Исследование химикотехнологических основ интенсификации процесса метанового сбраживания навоза. *Исследование, проектирование и строительство систем сооружений метанового сбраживания навоза*. М., 1982. С. 16-17.

349. Кравченко С. А. Биоэнергетический комплекс по обеззараживанию отходов сельского хозяйства с получением биогаза и высококачественных органических удобрений. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2010. Вип. № 4. С. 69-41.

350. 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, Україна. С. 124-128.

351. Прокопенко О. М. Тваринництво України (Animal production of Ukraine). *Статистичний збірник (State statistics service of Ukraine)*. К. 2019. 166 с.

352. 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.

353. Шишкин Н. Д. Анализ эффективности биоэнергетических установок. *Энергосбережение и водоподготовка*. 2004. № 4. С. 31-32.

354. Энзимы для биогаза [*Электронный ресурс*]. Режим доступа: http://www.zorg-biogas.com.

355. 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.

356. Болтянська Н.І, Болтянський О.В. Формування моделі механізму застосування технологій ресурсозбереження на молочнотоварних фермах. *Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць.* Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 26-32.

357. 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.

358. Що таке біогаз? AgroBiogas. //https://agrobiogas.com.ua/4-production-steps-at-the-heart-of-the-construction-of-a-biogas-plant/

359. Лычев Е. Удобрения и альтернативные источники энергии из органических отходов. *Техника и оборудование для села*. 2005. № 3. С. 15-16.

360. Бураков І. Захист в органічному землеробстві.

*TheUkrainianFarmer*. 2010. № 4. С. 30-32.

361. Городний Н.М., Мельник Н.А., Повхан М.Ф. и др. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве. К.: Вища школа, 1990. 256 с.

362. Зінченко О.І., Алєєва О.С., Приходько П.М. [та ін.]. Біологічне землеробство. К.: Вища школа, 1996. 239 с.

363. Голуб Г. А. Проблеми біоконверсії органічної сировини в агроценозах. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 1. С. 43-47.

364. Смаглій О.Ф., Кардашов А.П., Литвак П.В. [та ін.]. Агроекологія. К.: Вища школа, 2006. 671 с.

365. Максишко Л. М. Экологическая роль биоудобрений в сохранении гумуса и предотвращения проникновения инвазии в почву. *Ştiinţa Agricolă*. 2015. №1. P. 28-34.

366. Максішко Л. М. Вплив біодобрива на родючість грунту 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. P. 551-557.

367. Комков В. А. Экологические и технические аспекты создания нетрадиционных источников энергии. М. 1998. 176 с.

# ДОДАТКИ

# 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 2*

*МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ*
*КОНЦЕРН "УКРСПИРТ"*

***ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО***
***Зарубинський спиртовий завод***

47343, с. Зарубинці Збаразький район, Тернопільська область
р/р UA 66 300528 0000026004455023470 в АТ "ОТП Банк",
МФО 300528, код ЄДРПОУ 00375065
тел./факс: (03550) 4-14-90 e-mail: zarspirt1923@ukr.net

*№ 61*
*«11» березня 2020р.*

**ДОВІДКА**

Видана доценту кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур Вінницького національного аграрного університету Паламарчуку Віталію Дмитровичу про те, що вихід біоетанолу з 1 тони зерна кукурудзи з вологістю 14.2%, вмісту крохмалю 60.13% на ДП «Зарубинський спиртовий завод», с.Зарубинці, Збаразького р-ну, Тернопільської обл., становить 40 дал з 1 тони сировини.
Дані за лютий 2019року.

Довідка видана для пред'явлення по місцю захисту дисертації .

В.о.директора
ДП»Зарубинський спиртзавод» Будник Р.П.

Головний бухгалтер Супрун В.О.

Начальник виробництва Кибал М.М.

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
**ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ « ДЕРЖҐРУНТОХОРОНА »**
**ВИПРОБУВАЛЬНИЙ ЦЕНТР**
**Атестат про акредитацію № 20250 дійсний до 08 липня 2024 року**
Випробувальний центр акредитований на компетентність Національним агентством з акредитації України відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025:2017.
Юридична адреса: 04112, м. Київ, вул. Дегтярівська, 8
Місце знаходження ООВ: вул. Мічуріна, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227
тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38; e-mail: vinnitsa@iogu.gov.ua

20250
ДСТУ ISO/IEC 17025

**Затверджую**
Начальник випробувального центру
_____ М.І. Нагребецький

## ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ № 1

**від 15.07.2021р.**

**1. Найменування продукції і НД:** Рідке органічне добриво БГК „Лагуна”

**2. Виробник, адреса:** -

**3. Замовник, адреса:** ЮМБГК, м. Козятин

**4. Номер зразка:** 1

**5. Акт відбору:** - **від** -

**6. Дата виготовлення:** -

**7. Розмір партії:** -

**8. Кількість зразків:** -

**9. Дата надходження для випробувань:** 12.07.2021р.

**10. Дата проведення випробувань (початок – кінець):** 12.07-15.07.2021р.

Додаткові відомості:

- повне або часткове передрукування протоколу без дозволу ВЦ забороняється;
- зразок наданий замовником;
- протокол випробувань стосується тільки зразку, підданого випробуванням.

Продовження протоколу випробувань № 1 від 15.07.2021р.

| № з/п | Назва показника | Одиниця виміру | Фактичне значення за результатами випробовувань | Допустимі рівні, не більше | НД на метод випробовування | Невизначеність вимірювань* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Масова частка сухого залишку | % | 8,04 | - | ГОСТ 26713-85 | |
| 2 | Масова частка аміачного азоту | % | 0,44** | - | ГОСТ 26716-85 | |
| 3 | Масова частка загального азоту | % | 1,15** | - | ГОСТ 26715-85 | |
| 4 | Масова частка загального фосфору ($P_2O_5$) | % | 0,50** | - | ГОСТ 26717-85 | |
| 5 | Масова частка загального калію($K_2O$) | % | 0,55** | - | ГОСТ 26718-85 | |
| 6 | Масова частка кальцію в перерахунку на CaO | % | 0,37** | - | ГОСТ 26718-85 | |
| 7 | Масова частка золи | % | 32,8*** | | ГОСТ 26714-85 | |
| 8 | Масова частка органічної речовини | % | 67,2*** | - | | |
| 9 | Масова частка органічної речовини в перерахунку на вуглець | % | 2,70** | - | | |
| 10 | Масова частка міді | мг/кг | 14,98** | - | ДСТУ 7670:2014 | |
| 11 | Масова частка цинку | мг/кг | 39,36** | - | | |
| 12 | Масова частка заліза | мг/кг | 120,83** | - | | |
| 13 | Масова частка марганцю | мг/кг | 38,86** | - | | |
| 14 | Кислотність – pH | | 8,3** | | ГОСТ 27979-88 | |
| Обладнання: КФК-2, полум'яний фотометр, АІ-123, атомноабсорбційний спектрофотометр С-115, лабораторні ваги, лабораторний посуд. | | | | | | |

Примітка:

* - Визначається на вимогу замовника;

** -Результати випробувань в натуральній сировині;

*** - Результати випробувань в абсолютно сухій сировині;

**** Згідно ДСТУ 7938:2015 (Добрива органічні. Агрономічні вимоги, щодо якості добрив для використання в органічному виробництві.), показники якості добрива контролюють вищезазначеними методами: ГОСТ 26712-85 - 26718-85.

М.П.

Виконавці: Коваль О.М. (ПІБ)

(підпис) Дорошкевич Н.Ф. (ПІБ)

(підпис) Заволока Г.І.. (ПІБ)

Відповідальний за формування протоколу лабораторних випробувань (підпис) Дорошкевич Н.Ф. (ПІБ)

Сторінок 2 Сторінка 2

Ф-01.НЯ-01-2019

ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ
З ПИТАНЬ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА СПОЖИВЧОЇ ПОЛІТИКИ
ІНСТИТУТ КОРМІВ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОДІЛЛЯ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
Галузевий координаційний науково-методичний центр,
базова організація з стандартизації

ЛАБОРАТОРІЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ КОРМІВ ТА СИРОВИНИ
СВІДОЦТВО ПРО АТЕСТАЦІЮ №ПУ-0118/11
Видане 24 червня 2011 року чинне до 22 червня 2014 року

Адреса:21100, м. Вінниця
пр. Юності, 16
тел/факс 46-41-16
тел. лабор. 43-81-94
ел. пошта zoolab@ukr.net
http://www.fri.vin.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Інституту
кормів та сільського
господарства Поділля НААН
**О.В. Корнійчук**
19 квітня 2012 р.

# ПРОТОКОЛ №72

## ВИПРОБУВАНЬ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ КОРМІВ

**Заявник:** *ТОВ «Монсанто Україна», м. Київ*

**Об'єкт випробувань:** *зерно кукурудзи ДКС 1 (I строк), ДКС 2 (I строк), ДКС 3 (I строк), ДКС 4 (I строк), ДКС 5 (I строк), ДКС 7 (I строк), ДКС 10 (I строк), ДК 440 (I строк), ДКС 2949 (I строк), ДКС 2971 (I строк), ДКС 2870 (I строк), ДКС 3511 (I строк), ДКС 3472 (I строк), ДКС 3420 (I строк), ДКС 3759 (I строк), ДКС 3871 (I строк), ДКС 2960 (I строк), ДКС 3795 (I строк), ДКС 3476 (I строк), ДКС 4490 (I строк), ДКС 4964 (I строк), ДКС 4626 (I строк), ДК 315 (I строк), ДК 391 (I строк), Харківський 195МВ (I строк), Переяславський 230СВ (I строк), ЕЕ 2807 (ДКС 2787) (I строк), ЕЕ 3802 (ДКС 4082) (I строк), EG 3222 (I строк), EG 3421 (I строк), EG 3324 (I строк), ДКС 1 (II строк), ДКС 2 (II строк), ДКС 3 (II строк), ДКС 4 (II строк), ДКС 5 (II строк), ДКС 7 (II строк), ДКС 10 (II строк), ДК 440 (II строк), ДКС 2949 (II строк), ДКС 2971 (II строк), ДКС 2870 (II строк), ДКС 3511 (II строк), ДКС 3472 (II строк), ДКС 3420 (II строк), ДКС 3759 (II строк), ДКС 3871 (II строк), ДКС 2960 (II строк), ДКС 3795 (II строк), ДКС 3476 (II строк), ДКС 4490 (II строк), ДКС 4964 (II строк), ДКС 4626 (II строк), ДК 315 (II строк), ДК 391 (II строк), Харківський 195МВ (II строк), Переяславський 230СВ (II строк), ЕЕ 2807 (ДКС 2787) (II строк), ЕЕ 3802 (ДКС 4082) (II строк), EG 3222 (II строк), EG 3421 (II строк), EG 3324 (II строк), ДКС 1 (III строк), ДКС 2 (III строк), ДКС 3 (III строк), ДКС 4 (III строк), ДКС 5 (III строк), ДКС 7 (III строк), ДКС 10 (III строк), ДК 440 (III строк), ДКС 2949 (III строк), ДКС 2971 (III строк), ДКС 2870 (III строк), ДКС 3511 (III строк), ДКС 3472 (III строк), ДКС 3420 (III строк), ДКС 3759 (III строк), ДКС 3871 (III строк), ДКС 2960 (III строк), ДКС 3795 (III строк), ДКС 3476 (III строк), ДКС 4490 (III строк), ДКС 4964 (III строк), ДКС 4626 (III строк), ДК 315 (III строк), ДК 391 (III строк), Харківський 195МВ (III строк), Переяславський 230СВ (III строк), ЕЕ 2807 (ДКС 2787) (III строк), ЕЕ 3802 (ДКС 4082) (III строк), EG 3222 (III строк), EG 3421 (III строк), EG 3324 (III строк).*

**Мета випробувань:** *визначення сухої речовини, визначення крохмалю*
**Дата надходження зразків до випробувальної лабораторії:** *6.12.2011*
**Дата проведення випробувань:** *6.12.11.-19.04.12 р.*

**Результати випробувань наведені у таблиці: Вміст крохмалю:**

| № | Назва зразка | Суха речовина,% | Крохмаль в натуральній речовині,% | Крохмаль в АСР, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Зерно кукурудзи DKC 1 (I строк) | 77,47 | 52,29 | 67,50 |
| 2. | Зерно кукурудзи DKC 2 (I строк) | 82,06 | 59,36 | 72,34 |
| 3. | Зерно кукурудзи DKC 3 (I строк) | 83,30 | 57,06 | 68,50 |
| 4. | Зерно кукурудзи DKC 4 (I строк) | 83,85 | 57,61 | 68,71 |
| 5. | Зерно кукурудзи DKC 5 (I строк) | 81,68 | 60,01 | 73,47 |
| 6. | Зерно кукурудзи DKC 7 (I строк) | 76,73 | 54,17 | 70,60 |
| 7. | Зерно кукурудзи DKC 10 (I строк) | 76,64 | 54,89 | 71,62 |
| 8. | Зерно кукурудзи DK 440 (I строк) | 79,93 | 57,59 | 72,05 |
| 9. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (I строк) | 84,25 | 59,15 | 70,21 |
| 10. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (I строк) | 85,34 | 60,76 | 71,20 |
| 11. | Зерно кукурудзи DKC 2870 (I строк) | 90,87 | 66,25 | 72,91 |
| 12. | Зерно кукурудзи DKC 3511 (I строк) | 79,33 | 58,76 | 74,07 |
| 13. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (I строк) | 73,72 | 52,12 | 70,70 |
| 14. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (I строк) | 81,06 | 58,47 | 72,13 |
| 15. | Зерно кукурудзи DKC 3759 (I строк) | 81,34 | 59,47 | 73,11 |
| 16. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (I строк) | 79,65 | 57,39 | 72,05 |
| 17. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (I строк) | 83,88 | 58,97 | 70,30 |
| 18. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (I строк) | 82,50 | 59,08 | 71,61 |
| 19. | Зерно кукурудзи DKC 3476 (I строк) | 81,73 | 60,08 | 73,51 |
| 20. | Зерно кукурудзи DKC 4490 (I строк) | 79,30 | 57,94 | 73,06 |
| 21. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (I строк) | 78,07 | 58,72 | 75,21 |
| 22. | Зерно кукурудзи DKC 4626 (I строк) | 79,73 | 58,04 | 72,80 |
| 23. | Зерно кукурудзи DK 315 (I строк) | 79,26 | 58,01 | 73,19 |
| 24. | Зерно кукурудзи DK 391 (I строк) | 79,07 | 56,52 | 71,48 |
| 25. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (I строк) | 83,66 | 59,85 | 71,54 |
| 26. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (I строк) | 79,31 | 57,09 | 71,98 |
| 27. | Зерно кукурудзи EE 2807 (DKC 2787) (I строк) | 83,54 | 58,52 | 70,05 |
| 28. | Зерно кукурудзи EE 3802 (DKC 4082) (I строк) | 81,97 | 58,70 | 71,61 |
| 29. | Зерно кукурудзи EG 3222 (I строк) | 81,55 | 57,74 | 70,80 |
| 30. | Зерно кукурудзи EG 3421 (I строк) | 79,40 | 56,30 | 70,91 |
| 31. | Зерно кукурудзи EG 3324 (I строк) | 84,10 | 61,23 | 72,81 |
| 32. | Зерно кукурудзи DKC 1 (II строк) | 77,52 | 53,81 | 69,41 |
| 33. | Зерно кукурудзи DKC 2 (II строк) | 77,35 | 56,38 | 72,89 |
| 34. | Зерно кукурудзи DKC 3 (II строк) | 76,52 | 52,57 | 68,70 |
| 35. | Зерно кукурудзи DKC 4 (II строк) | 82,99 | 59,17 | 71,30 |
| 36. | Зерно кукурудзи DKC 5 (II строк) | 77,47 | 58,06 | 74,95 |
| 37. | Зерно кукурудзи DKC 7 (II строк) | 84,26 | 64,48 | 76,53 |
| 38. | Зерно кукурудзи DKC 10 (II строк) | 78,83 | 58,10 | 73,79 |
| 39. | Зерно кукурудзи DK 440 (II строк) | 79,94 | 59,89 | 74,92 |
| 40. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (II строк) | 78,33 | 55,23 | 70,51 |
| 41. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (II строк) | 81,06 | 57,96 | 71,50 |
| 42. | Зерно кукурудзи DKC 2870 (II строк) | 78,74 | 57,91 | 73,55 |
| 43. | Зерно кукурудзи DKC 3511 (II строк) | 79,77 | 59,67 | 74,80 |
| 44. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (II строк) | 73,38 | 52,18 | 71,11 |
| 45. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (II строк) | 79,93 | 58,83 | 73,60 |
| 46. | Зерно кукурудзи DKC 3759 (II строк) | 78,87 | 57,66 | 73,11 |
| 47. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (II строк) | 77,69 | 56,57 | 72,82 |
| 48. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (II строк) | 74,67 | 53,99 | 72,30 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 49. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (II строк) | 76,10 | 54,88 | 72,12 |
| 50. | Зерно кукурудзи DKC 3476 (II строк) | 79,84 | 59,33 | 74,31 |
| 51. | Зерно кукурудзи DKC 4490 (II строк) | 72,66 | 53,99 | 74,30 |
| 52. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (II строк) | 75,86 | 58,26 | 76,80 |
| 53. | Зерно кукурудзи DKC 4626 (II строк) | 76,01 | 56,11 | 73,82 |
| 54. | Зерно кукурудзи DK 315 (II строк) | 74,90 | 55,43 | 74,01 |
| 55. | Зерно кукурудзи DK 391 (II строк) | 76,14 | 55,21 | 72,51 |
| 56. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (II строк) | 75,75 | 55,00 | 72,61 |
| 57. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (II строк) | 75,24 | 54,51 | 72,45 |
| 58. | Зерно кукурудзи ЕЕ 2807 (DKC 2787) (II строк) | 78,64 | 56,11 | 71,35 |
| 59. | Зерно кукурудзи ЕЕ 3802 (DKC 4082) (II строк) | 81,02 | 59,02 | 72,85 |
| 60. | Зерно кукурудзи EG 3222 (II строк) | 77,68 | 55,68 | 71,68 |
| 61. | Зерно кукурудзи EG 3421 (II строк) | 76,78 | 55,98 | 72,91 |
| 62. | Зерно кукурудзи EG 3324 (II строк) | 75,24 | 54,99 | 73,09 |
| 63. | Зерно кукурудзи DKC 1 (III строк) | 77,85 | 55,67 | 71,51 |
| 64. | Зерно кукурудзи DKC 2 (III строк) | 82,08 | 61,48 | 74,90 |
| 65. | Зерно кукурудзи DKC 3 (III строк) | 73,98 | 55,27 | 74,71 |
| 66. | Зерно кукурудзи DKC 4 (III строк) | 86,50 | 61,24 | 71,63 |
| 67. | Зерно кукурудзи DKC 5 (III строк) | 78,92 | 59,34 | 75,19 |
| 68. | Зерно кукурудзи DKC 7 (III строк) | 76,26 | 58,43 | 76,62 |
| 69. | Зерно кукурудзи DKC 10 (III строк) | 69,43 | 51,41 | 74,05 |
| 70. | Зерно кукурудзи DK 440 (III строк) | 74,98 | 57,07 | 76,11 |
| 71. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (III строк) | 80,96 | 57,89 | 71,50 |
| 72. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (III строк) | 80,59 | 59,09 | 73,32 |
| 73. | Зерно кукурудзи DKC 2870 (III строк) | 82,15 | 60,97 | 74,22 |
| 74. | Зерно кукурудзи DKC 3511 (III строк) | 84,64 | 63,88 | 75,47 |
| 75. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (III строк) | 74,07 | 52,97 | 71,51 |
| 76. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (III строк) | 74,87 | 56,08 | 74,90 |
| 77. | Зерно кукурудзи DKC 3759 (III строк) | 74,69 | 56,03 | 75,02 |
| 78. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (III строк) | 77,13 | 56,16 | 72,81 |
| 79. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (III строк) | 77,26 | 56,18 | 72,72 |
| 80. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (III строк) | 74,16 | 54,59 | 73,61 |
| 81. | Зерно кукурудзи DKC 3476 (III строк) | 73,03 | 54,52 | 74,65 |
| 82. | Зерно кукурудзи DKC 4490 (III строк) | 73,98 | 56,37 | 76,20 |
| 83. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (III строк) | 72,05 | 56,37 | 78,24 |
| 84. | Зерно кукурудзи DKC 4626 (III строк) | 74,11 | 55,09 | 74,34 |
| 85. | Зерно кукурудзи DK 315 (III строк) | 78,4 | 58,09 | 74,09 |
| 86. | Зерно кукурудзи DK 391 (III строк) | 78,93 | 57,04 | 72,27 |
| 87. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (III строк) | 74,25 | 55,06 | 74,15 |
| 88. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (III строк) | 81,52 | 59,67 | 73,20 |
| 89. | Зерно кукурудзи ЕЕ 2807 (DKC 2787) (III строк) | 77,39 | 56,23 | 72,66 |
| 90. | Зерно кукурудзи ЕЕ 3802 (DKC 4082) (III строк) | 74,72 | 54,70 | 73,21 |
| 91. | Зерно кукурудзи EG 3222 (III строк) | 78,51 | 56,38 | 71,81 |
| 92. | Зерно кукурудзи EG 3421 (III строк) | 76,00 | 55,87 | 73,51 |
| 93. | Зерно кукурудзи EG 3324 (II строк) | 83,84 | 61,85 | 73,77 |

Завідувач відділу зоотехнічної оцінки
та стандартизації кормів,
кандидат с.-г. наук — **Л.П. Чорнолата**

*Додаток 5*

**Результати випробувань: Вміст крохмалю (2011 рік):**

| № | Назва зразка | Суха речовина,% | Крохмаль в натуральній речовині,% | Крохмаль в АСР, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (контроль) | 83,66 | 59,85 | 71,54 |
| 2. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біомаг 5-7) | 80,55 | 58,05 | 72,07 |
| 3. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біомаг 10-12) | 80,84 | 59,32 | 73,38 |
| 4. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (моноцинк 5-7) | 80,68 | 60,41 | 74,88 |
| 5. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (моноцинк 10-12) | 80,55 | 60,99 | 75,72 |
| 6. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (росток 5-7) | 82,68 | 60,95 | 73,72 |
| 7. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (росток 10-12) | 82,65 | 61,03 | 73,84 |
| 8. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (вимпел 5-7) | 80,20 | 57,80 | 72,07 |
| 9. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (вимпел 10-12) | 81,67 | 59,14 | 72,41 |
| 10. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (контроль) | 83,88 | 58,97 | 70,30 |
| 11. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (біомаг 5-7) | 83,79 | 59,86 | 71,44 |
| 12. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (біомаг 10-12) | 83,85 | 61,41 | 73,24 |
| 13. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (моноцинк 5-7) | 80,59 | 59,79 | 74,19 |
| 14. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (моноцинк 10-12) | 81,66 | 60,78 | 74,43 |
| 15. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (росток 5-7) | 82,85 | 60,44 | 72,95 |
| 16. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (росток 10-12) | 77,70 | 57,43 | 73,91 |
| 17. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (вимпел 5-7) | 83,57 | 59,04 | 70,65 |
| 18. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (вимпел 10-12) | 79,09 | 56,50 | 71,44 |
| 19. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (контроль) | 84,25 | 59,15 | 70,21 |
| 20. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (біомаг 5-7) | 80,95 | 58,02 | 71,67 |
| 21. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (біомаг 10-12) | 81,53 | 58,95 | 72,30 |
| 22. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (моноцинк 5-7) | 83,65 | 62,34 | 74,52 |
| 23. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (моноцинк 10-12) | 83,25 | 62,75 | 75,38 |
| 24. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (росток 5-7) | 85,62 | 61,84 | 72,23 |
| 25. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (росток 10-12) | 84,75 | 62,24 | 73,44 |
| 26. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (вимпел 5-7) | 80,21 | 56,36 | 70,27 |
| 27. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (вимпел 10-12) | 81,01 | 56,98 | 70,34 |
| 28. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (контроль) | 85,34 | 60,76 | 71,20 |
| 29. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біомаг 5-7) | 82,54 | 59,71 | 72,34 |
| 30. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біомаг 10-12) | 82,64 | 60,18 | 72,82 |
| 31. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (моноцинк 5-7) | 83,47 | 63,29 | 75,82 |
| 32. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (моноцинк 10-12) | 83,96 | 63,86 | 76,06 |
| 33. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (росток 5-7) | 86,34 | 64,55 | 74,76 |
| 34. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (росток 10-12) | 85,52 | 63,99 | 74,82 |
| 35. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (вимпел 5-7) | 82,42 | 59,12 | 71,73 |
| 36. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (вимпел 10-12) | 81,60 | 58,93 | 72,22 |
| 37. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (контроль) | 73,72 | 52,12 | 70,70 |
| 38. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (біомаг 5-7) | 73,95 | 53,18 | 71,91 |
| 39. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (біомаг 10-12) | 74,03 | 53,88 | 72,78 |
| 40. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (моноцинк 5-7) | 73,81 | 55,24 | 74,84 |
| 41. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (моноцинк 10-12) | 74,17 | 56,14 | 75,69 |
| 42. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (росток 5-7) | 74,20 | 53,62 | 72,26 |
| 43. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (росток 10-12) | 74,58 | 55,15 | 73,95 |
| 44. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (вимпел 5-7) | 72,70 | 51,75 | 71,18 |
| 45. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (вимпел 10-12) | 74,26 | 53,31 | 71,79 |
| 46. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (контроль) | 81,06 | 58,47 | 72,13 |
| 47. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (біомаг 5-7) | 79,95 | 58,82 | 73,57 |
| 48. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (біомаг 10-12) | 80,11 | 59,64 | 74,45 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 49. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (моноцинк 5-7) | 80,57 | 60,57 | 75,18 |
| 50. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (моноцинк 10-12) | 80,35 | 61,12 | 76,07 |
| 51. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (росток 5-7) | 81,54 | 60,86 | 74,64 |
| 52. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (росток 10-12) | 81,23 | 60,96 | 75,05 |
| 53. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (вимпел 5-7) | 80,20 | 58,32 | 72,72 |
| 54. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (вимпел 10-12) | 80,65 | 59,48 | 73,75 |
| 55. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (контроль) | 79,31 | 57,09 | 71,98 |
| 56. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (біомаг 5-7) | 78,35 | 57,05 | 72,81 |
| 57. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (біомаг 10-12) | 79,45 | 58,00 | 73,00 |
| 58. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (моноцинк 5-7) | 79,64 | 58,92 | 73,98 |
| 59. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (моноц. 10-12) | 79,81 | 59,50 | 74,55 |
| 60. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (росток 5-7) | 79,78 | 58,91 | 73,84 |
| 61. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (росток 10-12) | 80,45 | 59,49 | 73,95 |
| 62. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (вимпел 5-7) | 78,50 | 56,62 | 72,13 |
| 63. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (вимпел 10-12) | 79,51 | 57,67 | 72,53 |
| 64. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (контроль) | 79,65 | 57,39 | 72,05 |
| 65. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біомаг 5-7) | 77,22 | 57,04 | 73,87 |
| 66. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біомаг 10-12) | 77,57 | 57,48 | 74,10 |
| 67. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (моноцинк 5-7) | 77,05 | 57,59 | 74,74 |
| 68. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (моноцинк 10-12) | 76,95 | 58,23 | 75,67 |
| 69. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (росток 5-7) | 75,64 | 55,18 | 72,95 |
| 70. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (росток 10-12) | 80,84 | 59,77 | 73,94 |
| 71. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (вимпел 5-7) | 78,70 | 57,27 | 72,27 |
| 72. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (вимпел 10-12) | 81,74 | 59,73 | 73,07 |
| 73. | Зерно кукурудзи DK 391 (контроль) | 83,07 | 59,38 | 71,48 |
| 74. | Зерно кукурудзи DK 391 (біомаг 5-7) | 82,05 | 59,78 | 72,86 |
| 75. | Зерно кукурудзи DK 391 (біомаг 10-12) | 82,36 | 60,19 | 73,08 |
| 76. | Зерно кукурудзи DK 391 (моноцинк 5-7) | 79,68 | 59,72 | 74,95 |
| 77. | Зерно кукурудзи DK 391 (моноцинк 10-12) | 79,55 | 60,31 | 75,81 |
| 78. | Зерно кукурудзи DK 391 (росток 5-7) | 81,02 | 58,70 | 72,45 |
| 79. | Зерно кукурудзи DK 391 (росток 10-12) | 80,38 | 59,15 | 73,59 |
| 80. | Зерно кукурудзи DK 391 (вимпел 5-7) | 82,20 | 58,84 | 71,58 |
| 81. | Зерно кукурудзи DK 391 (вимпел 10-12) | 83,55 | 59,98 | 71,79 |
| 82. | Зерно кукурудзи DK 440 (контроль) | 79,93 | 57,59 | 72,05 |
| 83. | Зерно кукурудзи DK 440 (біомаг 5-7) | 74,39 | 54,76 | 73,61 |
| 84. | Зерно кукурудзи DK 440 (біомаг 10-12) | 75,03 | 56,46 | 75,25 |
| 85. | Зерно кукурудзи DK 440 (моноцинк 5-7) | 79,45 | 59,87 | 75,36 |
| 86. | Зерно кукурудзи DK 440 (моноцинк 10-12) | 78,07 | 60,03 | 76,89 |
| 87. | Зерно кукурудзи DK 440 (росток 5-7) | 79,93 | 59,18 | 74,04 |
| 88. | Зерно кукурудзи DK 440 (росток 10-12) | 79,90 | 60,07 | 75,18 |
| 89. | Зерно кукурудзи DK 440 (вимпел 5-7) | 80,49 | 58,22 | 72,33 |
| 90. | Зерно кукурудзи DK 440 (вимпел 10-12) | 80,16 | 58,51 | 72,99 |
| 91. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (контроль) | 78,07 | 58,72 | 75,21 |
| 92. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (біомаг 5-7) | 77,55 | 58,87 | 75,91 |
| 93. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (біомаг 10-12) | 77,88 | 59,16 | 75,96 |
| 94. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (моноцинк 5-7) | 77,93 | 61,27 | 78,62 |
| 95. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (моноцинк 10-12) | 77,34 | 61,31 | 79,27 |
| 96. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (росток 5-7) | 78,47 | 61,03 | 77,77 |
| 97. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (росток 10-12) | 78,54 | 61,52 | 78,33 |
| 98. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (вимпел 5-7) | 76,83 | 58,07 | 75,58 |
| 99. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (вимпел 10-12) | 78,16 | 59,29 | 75,86 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 100. | Зерно кукурудзи DK 315 (контроль) | 79,26 | 58,01 | 73,19 |
| 101. | Зерно кукурудзи DK 315 (біомаг 5-7) | 78,89 | 58,07 | 73,61 |
| 102. | Зерно кукурудзи DK 315 (біомаг 10-12) | 78,09 | 58,01 | 74,29 |
| 103. | Зерно кукурудзи DK 315 (моноцинк 5-7) | 78,95 | 59,98 | 75,97 |
| 104. | Зерно кукурудзи DK 315 (моноцинк 10-12) | 79,14 | 60,90 | 76,95 |
| 105. | Зерно кукурудзи DK 315 (росток 5-7) | 73,97 | 55,57 | 75,13 |
| 106. | Зерно кукурудзи DK 315 (росток 10-12) | 79,35 | 60,11 | 75,75 |
| 107. | Зерно кукурудзи DK 315 (вимпел 5-7) | 77,90 | 57,13 | 73,34 |
| 108. | Зерно кукурудзи DK 315 (вимпел 10-12) | 79,31 | 58,28 | 73,48 |

Завідувач відділу зоотехнічної оцінки
та стандартизації кормів,
кандидат с.-г. наук **Л.П. Чорнолата**

ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ
З ПИТАНЬ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА СПОЖИВЧОЇ ПОЛІТИКИ
ІНСТИТУТ КОРМІВ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОДІЛЛЯ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
Галузевий координаційний науково-методичний центр,
базова організація з стандартизації

ЛАБОРАТОРІЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ КОРМІВ ТА СИРОВИНИ
СВІДОЦТВО ПРО АТЕСТАЦІЮ №ПУ-0118/11
Видане 24 червня 2011 року чинне до 22 червня 2014 року

Адреса:21100, м. Вінниця
пр. Юності, 16
тел/факс 46-41-16
тел. лабор. 43-81-94
ел. пошта zoolab@ukr.net
http://www.fri.vin.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ
Дирєктор Інституту
кормів та сільського
господарства Поділля НААН
**О.В. Корнійчук**
28 травня 2013 р.

# ПРОТОКОЛ №56

## ВИПРОБУВАНЬ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ КОРМІВ

**Заявник:** *ТОВ «Монсанто Україна», м. Київ*

**Об'єкт випробувань**: *Зерно кукурудзи EF 4503 (III строк 2012), реєстр. № 4295; DK 315 (сечовина), реєстр. № 4296; DKC 2971 (сечовина), реєстр. № 4297; DKC 3871 (II строк 2012), реєстр. № 4298; DKC 2 (II строк 2012), реєстр. № 4299; DKC 2949 (III строк 2012), реєстр. № 4300; DKC 3511 (II строк 2012), реєстр. № 4301; DKC 3 (I строк 2012), реєстр. № 4302; EE 2807 (DKC 2787) (I строк 2012), реєстр. № 4303; Харківський 195 МВ (III строк 2012), реєстр. № 4304; EF 4705 (III строк 2012), реєстр. № 4305; EF 4503 (I строк 2012), реєстр. № 4306; DKC 4685 (I строк 2012), реєстр. № 4307; Подільський 274СВ (II строк 2012), реєстр. № 4308; EG 3324 (II строк), реєстр. № 4309; DKC 3705 (II строк 2012), реєстр. № 4310; DKC 3472 (III строк 2012), реєстр. № 4311; DKC 3705 (I строк 2012), реєстр. № 4312; DK 440 (II строк 2012), реєстр. № 4313; DKC 3511 (сечовина+суперфосфат), реєстр. № 4314; Переяславський 230 СВ (III строк 2012), реєстр. № 4315; DK 315 (сечовина+суперфосфат), реєстр. № 4316; Харківський 195 МВ, реєстр. № 4317; DKC 4 (I строк 2012), реєстр. № 4318; DKC 4626 (I строк 20'2), реєстр. № 4319; EF 4705 (III строк 2012), реєстр. № 4320; Переяславський 230 СВ (I строк 2012), реєстр. № 4321; DKC 3511 (I строк 2012), реєстр. № 4322; DKC 7 (II строк 2012), реєстр. № 4323; DKC 4626 (II строк 2012), реєстр. № 4324; DK 315 (III строк 2012), реєстр. № 4325; Подільський 274СВ (I строк 2012), реєстр. № 4326; DKC 3759 (I строк 2012), реєстр. № 4327; DKC 2870 (III строк 2012), реєстр. № 4328; DKC 3759 (II строк 2012), реєстр. № 4329; Харківський 195МВ (II строк), реєстр. № 4330; DKC 4685 (II строк 2012), реєстр. № 4331; DKC 3476 (II строк 2012), реєстр. № 4332; DKC 3472 (сечовина 2012), реєстр. № 4333; DKC 2870 (II строк 2012), реєстр. № 4334; EG 3222 (I строк), реєстр. № 4335; DKC 3420 (II строк 2012), реєстр. № 4336; EF 4705 (II строк 2012), реєстр. № 4337; EF 4503 (II строк 2012), реєстр. № 4338; DKC 2960 (III строк 2012), реєстр. № 4339; DKC 7 (III строк 2012), реєстр. № 4340; DKC 3795 (II строк 2012), реєстр. № 4341; DKC 3871 (III строк 2012), реєстр. № 4342; DKC 3795(III строк 2012), реєстр. № 4343; DKC 3476 (III строк 2012), реєстр. № 4344; DKC 4490 (II строк 2012), реєстр. № 4345; DKC 4964 (II строк 2012), реєстр. № 4346; DKC 10 (I строк 2012), реєстр. № 4347; DKC 2 (I строк 2012), реєстр. № 4350; Подільський 274СВ (III строк 2012), реєстр. № 4351; DKC 3795 (I строк 2012), реєстр. № 4352; DKC 4964 (III строк 2012), реєстр. № 4353; DKC 3472 (II строк 2012), реєстр. № 4354; DKC 5 (I строк 2012),*

*реєстр. № 4355; DKC 2960(I строк 2012), реєстр. № 4356; DKC 3476 (I строк 2012), реєстр. № 4357; Переяславський 230СВ (II строк), реєстр. № 4358; DKC 4964 (I строк 2012), реєстр. № 4359; DK 315 (I строк 2012), реєстр. № 4360; EG 3324 (I строк), реєстр. №4361; DKC 4490 (I строк 2012), реєстр. № 4362; DKC 1 (I строк 2012), реєстр. № 4363; DKC 2870 (I строк 2012), реєстр. № 4364; DKC 2949 (I строк 2012), реєстр. № 4365; DKC 3420 (I строк 2012), реєстр. № 4366; EG 3421 (I строк), реєстр. №4367; DKC 4 (II строк 2012), реєстр. № 4368; DKC 7 (I строк 2012), реєстр. № 4369; EE 2807 (DKC 2787) (I строк 2012), реєстр. № 4370; DKC 3472 (I строк 2012), реєстр. № 4371; DKC 2971 (I строк 2012), реєстр. № 4372; DKC 2971 (сечовина+суперфосфат), реєстр. № 4373; DK 440 (III строк 2012), реєстр. № 4374; DKC 3759 (III строк 2012), реєстр. № 4375; DKC 3 (II строк 2012), реєстр. № 4376; DK 391 (III строк 2012), реєстр. № 4377; DKC 3705 (III строк 2012), реєстр. № 4378; DKC 5 (III строк 2012), реєстр. № 4379; EE 2807 (DKC 2787) (III строк 2012), реєстр. № 4380; DKC 4626 (III строк 2012), реєстр. № 4381; DKC 1(III строк 2012), реєстр. № 4382; DKC 3472 (сечовина+суперфосфат), реєстр. № 4383; DKC 4490 (III строк 2012), реєстр. № 4384; DKC 2960 (II строк 2012), реєстр. № 4385; DKC 3511 (сечовина), реєстр. № 4386; DKC 3420 (III строк 2012), реєстр. № 4387; DKC 3511 (III строк 2012), реєстр. № 4388; DK 315 (II строк 2012), реєстр. № 4389; DKC 4685 (III строк 2012), реєстр. № 4390; DKC 2949 (II строк 2012), реєстр. № 4391; DKC 10 (III строк 2012), реєстр. № 4392; DKC 1 (II строк 2012), реєстр. № 4393; DKC 3795 (II строк 2012), реєстр. № 4394; DKC 2971 (III строк 2012), реєстр. № 4395; DK 440 (I строк 2012), реєстр. № 4396; EG 3421 (III строк 2012), реєстр. № 4397; DKC 4 (III строк 2012), реєстр. № 4398; DKC 2971 (II строк 2012), реєстр. № 4399; DKC 3871 (I строк 2012), реєстр. № 4400; EG 3324 (III строк 2012), реєстр. № 4401; DK 391 (II строк 2012), реєстр. № 4402; DKC 3 (III строк 2012), реєстр. № 4403; DKC 5 (II строк 2012), реєстр. № 4404; EG 3222 (II строк 2012), реєстр. № 4405; EG 3222 (III строк 2012), реєстр. № 4406; DKC 2 (III строк 2012), реєстр. № 4407;*

**Мета випробувань:** *визначення сухої речовини, визначення крохмалю*

**Дата надходження зразків до випробувальної лабораторії:** *28.03.2013 р.*

**Дата проведення випробувань:** *28.03.2013.-28.05.13 р.*

**Результати випробувань наведені у таблиці: Вміст крохмалю:**

| № | Назва зразка | Шифр | Суха речовина, % | Крохмаль в натуральній речовині,% | Крохмаль в АСР, % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Зерно кукурудзи EF 4503 (III строк) | 4295 | 77,81 | 57,27 | 73,60 |
| 2. | Зерно кукурудзи DK 315 (сечовина) | 4296 | 77,94 | 56,11 | 71,99 |
| 3. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (сечовина) | 4297 | 77,49 | 55,79 | 72,00 |
| 4. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (II строк) | 4298 | 75,54 | 54,12 | 71,64 |
| 5. | Зерно кукурудзи DKC 2 (II строк) | 4299 | 77,63 | 56,44 | 72,70 |
| 6. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (III строк) | 4300 | 77,72 | 54,40 | 70,00 |
| 7. | Зерно кукурудзи DKC 3511 (II строк) | 4301 | 74,93 | 55,00 | 73,40 |
| 8. | Зерно кукурудзи DKC 3 (I строк) | 4302 | 77,90 | 55,25 | 70,92 |
| 9. | Зерно кукурудзи EE 2807 (DKC 2787) (I строк) | 4303 | 75,29 | 52,24 | 69,39 |
| 10. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (III строк) | 4304 | 79,23 | 57,48 | 72,55 |
| 11. | Зерно кукурудзи EF 4705 (III строк) | 4305 | 78,91 | 57,63 | 73,03 |
| 12. | Зерно кукурудзи EF 4503 (I строк) | 4306 | 75,01 | 53,25 | 70,99 |
| 13. | Зерно кукурудзи DKC 4685 (I строк) | 4307 | 76,41 | 55,36 | 72,45 |
| 14. | Зерно кукурудзи Подільський 274СВ (II строк) | 4308 | 75,56 | 54,55 | 72,19 |
| 15. | Зерно кукурудзи EG 3324 (II строк) | 4309 | 77,60 | 57,57 | 74,19 |
| 16. | Зерно кукурудзи DKC 3705 (II строк) | 4310 | 76,24 | 55,33 | 72,57 |
| 17. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (III строк) | 4311 | 75,36 | 53,75 | 71,32 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 18. | Зерно кукурудзи DKC 3705 (I строк) | 4312 | 77,50 | 54,84 | 70,76 |
| 19. | Зерно кукурудзи DK 440 (II строк) | 4313 | 75,33 | 55,59 | 73,80 |
| 20. | Зерно кукурудзи DKC 3511 (сечовина + суперфосфат) | 4314 | 77,47 | 58,87 | 75,99 |
| 21. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (III строк) | 4315 | 79,13 | 56,66 | 71,60 |
| 22. | Зерно кукурудзи DK 315 (сечовина+суперфосфат) | 4316 | 79,11 | 57,90 | 73,19 |
| 23. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (I строк) | 4317 | 74,33 | 52,55 | 70,70 |
| 24. | Зерно кукурудзи DKC 4 (I строк) | 4318 | 75,22 | 52,80 | 70,19 |
| 25. | Зерно кукурудзи DKC 4626 (I строк) | 4319 | 79,26 | 56,89 | 71,78 |
| 26. | Зерно кукурудзи EF 4705 (III строк) | 4320 | 78,91 | 57,63 | 73,03 |
| 27. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (I строк) | 4321 | 76,01 | 53,21 | 70,00 |
| 28. | Зерно кукурудзи DKC 3511 (I строк) | 4322 | 77,80 | 55,61 | 71,48 |
| 29. | Зерно кукурудзи DKC 7 (II строк) | 4323 | 74,85 | 56,58 | 75,59 |
| 30. | Зерно кукурудзи DKC 4626 (II строк) | 4324 | 76,77 | 55,31 | 72,05 |
| 31. | Зерно кукурудзи DK 315 (III строк) | 4325 | 74,98 | 55,45 | 73,95 |
| 32. | Зерно кукурудзи Подільський 274СВ (I строк) | 4326 | 77,22 | 54,74 | 70,89 |
| 33. | Зерно кукурудзи DKC 3759 (I строк) | 4327 | 74,71 | 54,09 | 72,40 |
| 34. | Зерно кукурудзи DKC 2870 (III строк) | 4328 | 74,92 | 55,46 | 74,03 |
| 35. | Зерно кукурудзи DKC 3759 (II строк) | 4329 | 74,71 | 54,09 | 72,40 |
| 36. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (II строк) | 4330 | 77,71 | 55,48 | 71,39 |
| 37. | Зерно кукурудзи DKC 4685 (II строк) | 4331 | 74,59 | 54,59 | 73,19 |
| 38. | Зерно кукурудзи DKC 3476 (II строк) | 4332 | 74,36 | 54,44 | 73,21 |
| 39. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (сечовина) | 4333 | 74,18 | 55,48 | 74,79 |
| 40. | Зерно кукурудзи DKC 2870 (II строк) | 4334 | 74,62 | 54,82 | 73,47 |
| 41. | Зерно кукурудзи EG 3222 (I строк) | 4335 | 77,74 | 58,15 | 74,80 |
| 42. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (II строк) | 4336 | 75,40 | 54,14 | 71,80 |
| 43. | Зерно кукурудзи EF 4705 (II строк) | 4337 | 77,14 | 56,15 | 72,79 |
| 44. | Зерно кукурудзи EF 4503 (II строк) | 4338 | 77,61 | 56,19 | 72,40 |
| 45. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (III строк) | 4339 | 75,16 | 54,14 | 72,03 |
| 46. | Зерно кукурудзи DKC 7 (III строк) | 4340 | 75,24 | 56,98 | 75,73 |
| 47. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (I строк) | 4341 | 75,01 | 53,25 | 70,99 |
| 48. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (III строк) | 4342 | 76,65 | 55,17 | 71,98 |
| 49. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (III строк) | 4343 | 74,42 | 53,88 | 72,40 |
| 50. | Зерно кукурудзи DKC 3476 (III строк) | 4344 | 75,96 | 56,51 | 74,39 |
| 51. | Зерно кукурудзи DKC 4490 (II строк) | 4345 | 76,83 | 55,93 | 72,80 |
| 52. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (II строк) | 4346 | 76,19 | 57,29 | 75,19 |
| 53. | Зерно кукурудзи DKC 10 (I строк) | 4347 | 76,98 | 56,97 | 74,01 |
| 54. | Зерно кукурудзи DKC 2 (I строк) | 4348 | 78,19 | 54,73 | 70,00 |
| 55. | Зерно кукурудзи EG 3421 (II строк) | 4349 | 77,18 | 54,93 | 71,17 |
| 56. | Зерно кукурудзи DK 391 (I строк) | 4350 | 75,97 | 53,98 | 71,05 |
| 57. | Зерно кукурудзи Подільський 274СВ (III строк) | 4351 | 75,13 | 54,39 | 72,39 |
| 58. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (III строк) | 4352 | 74,70 | 54,08 | 72,40 |
| 59. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (III строк) | 4353 | 75,72 | 57,78 | 76,31 |
| 60. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (II строк) | 4354 | 77,60 | 54,78 | 70,59 |
| 61. | Зерно кукурудзи DKC 5 (I строк) | 4355 | 77,67 | 56,23 | 72,40 |
| 62. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (I строк) | 4356 | 75,18 | 52,42 | 69,73 |
| 63. | Зерно кукурудзи DKC 3476 (I строк) | 4357 | 74,54 | 53,74 | 72,10 |
| 64. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (II строк) | 4358 | 78,88 | 56,00 | 70,99 |
| 65. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (I строк) | 4359 | 75,92 | 56,33 | 74,20 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 66. | Зерно кукурудзи DK 315 (I строк) | 4360 | 74,67 | 53,76 | 72,00 |
| 67. | Зерно кукурудзи EG 3324 (I строк) | 4361 | 77,49 | 54,24 | 70,00 |
| 68. | Зерно кукурудзи DKC 4490 (I строк) | 4362 | 75,88 | 55,09 | 72,60 |
| 69. | Зерно кукурудзи DKC 1 (I строк) | 4363 | 74,70 | 51,39 | 68,80 |
| 70. | Зерно кукурудзи DKC 2870 (I строк) | 4364 | 74,46 | 53,86 | 72,33 |
| 71. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (I строк) | 4365 | 74,70 | 51,88 | 69,45 |
| 72. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (I строк) | 4366 | 74,87 | 53,60 | 71,59 |
| 73. | Зерно кукурудзи EG 3421 (I строк) | 4367 | 76,21 | 53,95 | 70,79 |
| 74. | Зерно кукурудзи DKC 4 (II строк) | 4368 | 77,55 | 56,14 | 72,39 |
| 75. | Зерно кукурудзи DKC 7 (I строк) | 4369 | 79,15 | 57,77 | 72,99 |
| 76. | Зерно кукурудзи EE 2807 (DKC 2787) (II строк) | 4370 | 76,90 | 54,60 | 71,00 |
| 77. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (I строк) | 4371 | 76,11 | 53,64 | 70,48 |
| 78. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (I строк) | 4372 | 77,70 | 54,70 | 70,40 |
| 79. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (сечовина+суперфосфат) | 4373 | 75,37 | 54,26 | 71,99 |
| 80. | Зерно кукурудзи DK 440 (III строк) | 4374 | 76,49 | 57,52 | 75,20 |
| 81. | Зерно кукурудзи DKC 3759 (III строк) | 4375 | 74,42 | 54,92 | 73,80 |
| 82. | Зерно кукурудзи DKC 3 (II строк) | 4376 | 75,90 | 55,67 | 72,39 |
| 83. | Зерно кукурудзи DK 391 (III строк) | 4377 | 75,81 | 54,58 | 72,00 |
| 84. | Зерно кукурудзи DKC 3705 (III строк) | 4378 | 77,34 | 56,14 | 72,59 |
| 85. | Зерно кукурудзи DKC 5 (III строк) | 4379 | 76,20 | 55,59 | 72,95 |
| 86. | Зерно кукурудзи EE 2807 (DKC 2787) (III строк) | 4380 | 77,62 | 55,41 | 71,39 |
| 87. | Зерно кукурудзи DKC 4626 (III строк) | 4381 | 78,97 | 57,85 | 73,26 |
| 88. | Зерно кукурудзи DKC 1 (III строк) | 4382 | 74,70 | 55,13 | 73,80 |
| 89. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (сечовина+ суперфосфат) | 4383 | 76,30 | 56,00 | 73,49 |
| 90. | Зерно кукурудзи DKC 4490 (III строк) | 4384 | 75,01 | 55,80 | 74,39 |
| 91. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (II строк) | 4385 | 74,97 | 53,53 | 71,40 |
| 92. | Зерно кукурудзи DKC 3511 (сечовина) | 4386 | 75,62 | 53,72 | 71,04 |
| 93. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (III строк) | 4387 | 75,07 | 55,10 | 73,40 |
| 94. | Зерно кукурудзи DKC 3511 (III строк) | 4388 | 79,26 | 58,98 | 74,41 |
| 95. | Зерно кукурудзи DK 315 (II строк) | 4389 | 75,05 | 55,31 | 73,70 |
| 96. | Зерно кукурудзи DKC 4685 (III строк) | 4390 | 77,09 | 56,58 | 73,39 |
| 97. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (II строк) | 4391 | 75,72 | 52,88 | 69,84 |
| 98. | Зерно кукурудзи DKC 10 (III строк) | 4392 | 76,14 | 57,78 | 75,89 |
| 99. | Зерно кукурудзи DKC 1 (II строк) | 4393 | 76,19 | 54,85 | 71,99 |
| 100. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (II строк) | 4394 | 74,41 | 53,13 | 71,40 |
| 101. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (III строк) | 4395 | 75,40 | 55,04 | 73,00 |
| 102. | Зерно кукурудзи DK 440 (I строк) | 4396 | 77,53 | 55,71 | 71,86 |
| 103. | Зерно кукурудзи EG 3421 (III строк) | 4397 | 75,14 | 54,69 | 72,78 |
| 104. | Зерно кукурудзи DKC 4 (III строк) | 4398 | 77,55 | 56,14 | 72,39 |
| 105. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (II строк) | 4399 | 79,31 | 56,86 | 71,69 |
| 106. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (I строк) | 4400 | 78,01 | 55,23 | 70,80 |
| 107. | Зерно кукурудзи EG 3324 (III строк) | 4401 | 74,90 | 55,73 | 74,41 |
| 108. | Зерно кукурудзи DK 391 (II строк) | 4402 | 76,07 | 54,61 | 71,79 |
| 109. | Зерно кукурудзи DKC 3 (III строк) | 4403 | 77,54 | 56,28 | 72,58 |
| 110. | Зерно кукурудзи DKC 5 (II строк) | 4404 | 76,58 | 55,52 | 72,50 |
| 111. | Зерно кукурудзи EG 3222 (II строк) | 4405 | 77,70 | 58,73 | 75,59 |
| 112. | Зерно кукурудзи EG 3222 (III строк) | 4406 | 74,91 | 56,88 | 75,93 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 113. | Зерно кукурудзи DKC 2 (III строк) | 4407 | 76,16 | 55,44 | 72,79 |

Завідувач відділу зоотехнічної оцінки
та стандартизації кормів,
кандидат с.-г. наук

**Л.П. Чорнолата**

**Результати випробувань: Вміст крохмалю (2012 рік):**

| № | Назва зразка | Суха речовина,% | Крохмаль в натуральній речовині,% | Крохмаль в АСР, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (контроль) | 74,33 | 52,55 | 70,70 |
| 2. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біомаг 5-7) | 80,50 | 55,58 | 69,04 |
| 3. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біомаг 10-12) | 81,35 | 56,24 | 69,13 |
| 4. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (моноцинк 5-7) | 80,91 | 55,61 | 68,73 |
| 5. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (моноцинк 10-12) | 81,54 | 57,65 | 70,70 |
| 6. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (росток 5-7) | 80,16 | 56,34 | 70,28 |
| 7. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (росток 10-12) | 79,42 | 56,61 | 71,28 |
| 8. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (вимпел 5-7) | 81,53 | 57,53 | 70,56 |
| 9. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (вимпел 10-12) | 80,50 | 56,84 | 70,61 |
| 10. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (контроль) | 78,17 | 54,51 | 69,73 |
| 11. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (біомаг 5-7) | 80,64 | 56,12 | 69,59 |
| 12. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (біомаг 10-12) | 78,19 | 54,57 | 69,79 |
| 13. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (моноцинк 5-7) | 79,92 | 54,34 | 67,99 |
| 14. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (моноцинк 10-12) | 78,92 | 54,77 | 69,40 |
| 15. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (росток 5-7) | 81,41 | 55,23 | 67,84 |
| 16. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (росток 10-12) | 81,71 | 55,56 | 68,00 |
| 17. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (вимпел 5-7) | 78,93 | 55,73 | 70,61 |
| 18. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (вимпел 10-12) | 75,77 | 53,54 | 70,66 |
| 19. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (контроль) | 76,57 | 53,18 | 69,45 |
| 20. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (біомаг 5-7) | 78,01 | 53,11 | 68,08 |
| 21. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (біомаг 10-12) | 78,92 | 54,92 | 69,59 |
| 22. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (моноцинк 5-7) | 80,08 | 55,41 | 69,19 |
| 23. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (моноцинк 10-12) | 79,95 | 54,46 | 68,12 |
| 24. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (росток 5-7) | 77,84 | 53,72 | 69,01 |
| 25. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (росток 10-12) | 79,42 | 54,95 | 69,19 |
| 26. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (вимпел 5-7) | 80,15 | 55,49 | 69,23 |
| 27. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (вимпел 10-12) | 79,07 | 53,44 | 67,59 |
| 28. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (контроль) | 77,70 | 54,70 | 70,40 |
| 29. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біомаг 5-7) | 77,11 | 53,20 | 68,99 |
| 30. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біомаг 10-12) | 77,07 | 54,71 | 70,99 |
| 31. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (моноцинк 5-7) | 80,91 | 56,55 | 69,89 |
| 32. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (моноцинк 10-12) | 80,29 | 57,96 | 72,19 |
| 33. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (росток 5-7) | 79,84 | 55,08 | 68,99 |
| 34. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (росток 10-12) | 78,55 | 55,14 | 70,20 |
| 35. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (вимпел 5-7) | 79,90 | 54,81 | 68,60 |
| 36. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (вимпел 10-12) | 78,09 | 55,26 | 70,76 |
| 37. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (контроль) | 76,11 | 53,64 | 70,48 |
| 38. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (біомаг 5-7) | 78,43 | 54,42 | 69,39 |
| 39. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (біомаг 10-12) | 77,91 | 54,84 | 70,39 |
| 40. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (моноцинк 5-7) | 81,33 | 56,14 | 69,03 |
| 41. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (моноцинк 10-12) | 79,25 | 55,40 | 69,91 |
| 42. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (росток 5-7) | 81,71 | 56,38 | 69,00 |
| 43. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (росток 10-12) | 78,99 | 56,07 | 70,98 |
| 44. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (вимпел 5-7) | 76,14 | 53,23 | 69,91 |
| 45. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (вимпел 10-12) | 78,65 | 55,32 | 70,34 |
| 46. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (контроль) | 74,87 | 53,60 | 71,59 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 47. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (біомаг 5-7) | 78,63 | 54,94 | 69,87 |
| 48. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (біомаг 10-12) | 76,45 | 54,01 | 70,65 |
| 49. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (моноцинк 5-7) | 78,93 | 55,30 | 70,06 |
| 50. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (моноцинк 10-12) | 76,80 | 54,24 | 70,63 |
| 51. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (росток 5-7) | 81,15 | 56,51 | 69,64 |
| 52. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (росток 10-12) | 78,44 | 55,87 | 71,23 |
| 53. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (вимпел 5-7) | 79,04 | 55,06 | 69,66 |
| 54. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (вимпел 10-12) | 79,65 | 56,43 | 70,85 |
| 55. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (контроль) | 76,01 | 53,21 | 70,00 |
| 56. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (біомаг 5-7) | 78,43 | 54,34 | 69,28 |
| 57. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (біомаг 10-12) | 77,70 | 54,85 | 70,59 |
| 58. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (моноцинк 5-7) | 79,85 | 55,29 | 69,24 |
| 59. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (моноц. 10-12) | 78,65 | 54,80 | 69,68 |
| 60. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (росток 5-7) | 77,91 | 53,29 | 68,40 |
| 61. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (росток 10-12) | 81,06 | 56,42 | 69,60 |
| 62. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (вимпел 5-7) | 81,10 | 56,12 | 69,20 |
| 63. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (вимпел 10-12) | 81,12 | 58,37 | 71,96 |
| 64. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (контроль) | 78,01 | 55,23 | 70,80 |
| 65. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біомаг 5-7) | 75,07 | 51,75 | 68,94 |
| 66. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біомаг 10-12) | 77,71 | 55,26 | 71,11 |
| 67. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (моноцинк 5-7) | 77,20 | 54,04 | 70,00 |
| 68. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (моноцинк 10-12) | 78,12 | 56,24 | 71,99 |
| 69. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (росток 5-7) | 79,04 | 55,11 | 69,72 |
| 70. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (росток 10-12) | 78,64 | 54,85 | 69,75 |
| 71. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (вимпел 5-7) | 77,90 | 54,22 | 69,60 |
| 72. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (вимпел 10-12) | 77,23 | 54,51 | 70,58 |
| 73. | Зерно кукурудзи DK 391 (контроль) | 76,86 | 54,61 | 71,05 |
| 74. | Зерно кукурудзи DK 391 (біомаг 5-7) | 80,10 | 55,79 | 69,65 |
| 75. | Зерно кукурудзи DK 391 (біомаг 10-12) | 78,94 | 55,09 | 69,79 |
| 76. | Зерно кукурудзи DK 391 (моноцинк 5-7) | 79,01 | 55,54 | 70,29 |
| 77. | Зерно кукурудзи DK 391 (моноцинк 10-12) | 77,42 | 55,47 | 71,65 |
| 78. | Зерно кукурудзи DK 391 (росток 5-7) | 80,69 | 56,55 | 70,08 |
| 79. | Зерно кукурудзи DK 391 (росток 10-12) | 79,91 | 56,04 | 70,13 |
| 80. | Зерно кукурудзи DK 391 (вимпел 5-7) | 78,75 | 55,45 | 70,41 |
| 81. | Зерно кукурудзи DK 391 (вимпел 10-12) | 78,76 | 55,55 | 70,53 |
| 82. | Зерно кукурудзи DK 440 (контроль) | 77,53 | 55,71 | 71,86 |
| 83. | Зерно кукурудзи DK 440 (біомаг 5-7) | 81,70 | 57,40 | 70,26 |
| 84. | Зерно кукурудзи DK 440 (біомаг 10-12) | 81,54 | 57,63 | 70,68 |
| 85. | Зерно кукурудзи DK 440 (моноцинк 5-7) | 80,29 | 57,97 | 72,20 |
| 86. | Зерно кукурудзи DK 440 (моноцинк 10-12) | 80,25 | 58,25 | 72,59 |
| 87. | Зерно кукурудзи DK 440 (росток 5-7) | 79,58 | 56,06 | 70,44 |
| 88. | Зерно кукурудзи DK 440 (росток 10-12) | 80,50 | 56,76 | 70,51 |
| 89. | Зерно кукурудзи DK 440 (вимпел 5-7) | 78,91 | 55,11 | 69,84 |
| 90. | Зерно кукурудзи DK 440 (вимпел 10-12) | 80,10 | 58,48 | 73,01 |
| 91. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (контроль) | 75,92 | 56,33 | 74,20 |
| 92. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (біомаг 5-7) | 78,61 | 56,77 | 72,22 |
| 93. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (біомаг 10-12) | 78,09 | 56,99 | 72,98 |
| 94. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (моноцинк 5-7) | 78,95 | 57,33 | 72,62 |
| 95. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (моноцинк 10-12) | 78,99 | 58,01 | 73,44 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 96. | Зерно кукурудзи ДКС 4964 (росток 5-7) | 77,82 | 56,34 | 72,40 |
| 97. | Зерно кукурудзи ДКС 4964 (росток 10-12) | 77,11 | 56,28 | 72,99 |
| 98. | Зерно кукурудзи ДКС 4964 (вимпел 5-7) | 80,34 | 58,82 | 73,21 |
| 99. | Зерно кукурудзи ДКС 4964 (вимпел 10-12) | 80,64 | 59,83 | 74,19 |
| 100. | Зерно кукурудзи ДК 315 (контроль) | 76,67 | 55,20 | 72,00 |
| 101. | Зерно кукурудзи ДК 315 (біомаг 5-7) | 80,17 | 56,23 | 70,14 |
| 102. | Зерно кукурудзи ДК 315 (біомаг 10-12) | 80,30 | 56,40 | 70,24 |
| 103. | Зерно кукурудзи ДК 315 (моноцинк 5-7) | 80,23 | 56,54 | 70,47 |
| 104. | Зерно кукурудзи ДК 315 (моноцинк 10-12) | 80,03 | 57,56 | 71,92 |
| 105. | Зерно кукурудзи ДК 315 (росток 5-7) | 78,74 | 56,10 | 71,25 |
| 106. | Зерно кукурудзи ДК 315 (росток 10-12) | 79,92 | 57,40 | 71,82 |
| 107. | Зерно кукурудзи ДК 315 (вимпел 5-7) | 78,19 | 55,27 | 70,69 |
| 108. | Зерно кукурудзи ДК 315 (вимпел 10-12) | 78,66 | 56,35 | 71,64 |

Завідувач відділу зоотехнічної оцінки
та стандартизації кормів,
кандидат с.-г. наук **Л.П. Чорнолата**

ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ
З ПИТАНЬ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА СПОЖИВЧОЇ ПОЛІТИКИ
ІНСТИТУТ КОРМІВ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОДІЛЛЯ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
Галузевий координаційний науково-методичний центр,
базова організація з стандартизації

ЛАБОРАТОРІЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ КОРМІВ ТА СИРОВИНИ
СВІДОЦТВО ПРО АТЕСТАЦІЮ №ПУ-0118/11
Видане 24 червня 2011 року чинне до 22 червня 2014 року

Адреса: 21100, м. Вінниця
пр. Юності, 16
тел/факс 46-41-16
тел. лабор. 43-81-94
ел. пошта zoolab@ukr.net
http://www.fri.vin.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Інституту
кормів та сільського
господарства Поділля НААН
**О.В. Корнійчук**
18 листопада 2013 р.

# ПРОТОКОЛ №114

## ВИПРОБУВАНЬ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ КОРМІВ

**Заявник:** *ТОВ «Монсанто Україна», м. Київ*

**Об'єкт випробувань:** *Зерно кукурудзи EG 3421 (I строк 2013), реєстр. № 5339; EG 3222 (I строк 2013), реєстр. № 5340; DKC 4685 (I строк 2013), реєстр. № 5341; DK 315 (I строк 2013), реєстр. № 5342; DKC 3795 (I строк 2013), реєстр. № 5343; DKC 2949 (I строк 2013), реєстр. № 5344; DKC 2787 (I строк 2013), реєстр. № 5345; Харківський 195 МВ (I строк 2013), реєстр. № 5346; Харківський 195 МВ (II строк 2013), реєстр. № 5347; DKC 3 (I строк 2013), реєстр. № 5348; DKC 2 (I строк 2013), реєстр. № 5349; DKC 1 (I строк 2013), реєстр. № 5350; DKC 3472 (I строк 2013), реєстр. № 5351; LKC 3476 (I строк 2013), реєстр. № 5352; EE 2807 (DKC 2787) (I строк 2013), реєстр. № 5353; DKC 2870 (I строк 2013), реєстр. № 5354; DKC 5 (I строк 2013), реєстр. № 5355; DKC 2971 (I строк 2013), реєстр. № 5356; DKC 4 (I строк 2013), реєстр. № 5357; DKC 3759 (I строк 2013), реєстр. № 5358; Переяславський 230 СВ (I строк 2013), реєстр. № 5359; DKC 2960 (I строк 2013), реєстр. № 5360; DKC 3705 (I строк 2013), реєстр. № 5361; DKC 4626 (I строк 2013), реєстр. № 5362; DKC 3871 (I строк 2013), реєстр. № 5363; DKC 4964 (I строк 2013), реєстр. № 5364; DKC 7 (I строк 2013), реєстр. № 5365; DKC 3705 (II строк 2013), реєстр. № 5366; DKC 1 (II строк 2013), реєстр. № 5367; Переяславський 230СВ (II строк 2013), реєстр. № 5368; DKC 4082 (I строк 2013), реєстр. № 5369; DKC 3 (II строк 2013), реєстр. № 5370; DKC 3420 (II строк 2013), реєстр. № 5371; DKC 2960 (II строк 2013), реєстр. № 5372; DKC 5 (II строк 2013), реєстр. № 5373; DKC 2787 (II строк 2013), реєстр. № 5374; DKC 3203 (EG 3222) (II строк 2013), реєстр. № 5375; DKC 3511 (II строк 2013), реєстр. № 5376; EG 3421 (II строк 2013), реєстр. № 5377; DKC 3472 (II строк 2013), реєстр. № 5378; DKC 2949 (II строк 2013), реєстр. № 5379; DKC 3511 (II строк 2013), реєстр. № 5376; EF 4503 (I строк 2013), реєстр. № 5380; DKC 10 (I строк 2013), реєстр. № 5381; EF 4705 (I строк 2013), реєстр. № 5382; DKC 2 (II строк 2013), реєстр. № 5383; DKC 3476 (II строк 2013), реєстр. № 5384; DKC 3511 (I строк 2013), реєстр. № 5385; DKC 4082(II строк 2013), реєстр. № 5386; DKC 3420 (I строк 2013), реєстр. № 5387; DKC 4795 (II строк 2013), реєстр. № 5388; DK 315 (II строк 2013), реєстр. № 5389; DKC 4685 (II строк 2013), реєстр. № 5390; DKC 2870 (II строк 2013), реєстр. № 5391; DKC 4964 (II строк 2013), реєстр.*

*№ 5392; DK 440 (II строк 2013), реєстр. № 5393; DKC 2971 (II строк 2013), реєстр. № 5394; DKC 3795 (II строк 2013), реєстр. № 5395; DKC 3759 (II строк 2013), реєстр. № 5396; DKC 3871 (II строк 2013), реєстр. № 5397; DKC 4590 (II строк 2013), реєстр. № 5398; DKC 4 (II строк 2013), реєстр. № 5773; DKC 3476 (III строк 2013), реєстр. № 5774; DKC 4964 (III строк 2013), реєстр. № 5775; DKC 3420 (III строк 2013), реєстр. № 5776; DKC 3705 (III строк 2013), реєстр. № 5777; DKC 4490 (II строк 2013), реєстр. № 5778; DKC 4490 (III строк 2013), реєстр. № 5779; DKC 4626 (III строк 2013), реєстр. № 5780; DKC 10 (II строк 2013), реєстр. № 5781; DKC 3203 (III строк 2013), реєстр. № 5782; DKC 4626 (II строк 2013), реєстр. № 5783; DKC 3472 (III строк 2013), реєстр. № 5784; Харківський 195МВ (III строк 2013), реєстр. № 5785; DKC 2870 (III строк 2013), реєстр. № 5786; DKC 2949 (III строк 2013), реєстр. № 5787; DKC 4 (III строк 2013), реєстр. № 5788; DK 391 (II строк 2013), реєстр. № 5789; DKC 3 (III строк 2013), реєстр. № 5790; DKC 2960 (III строк 2013), реєстр. № 5791; DKC 3795 (III строк 2013), реєстр. № 5792; DKC 5 (III строк 2013), реєстр. № 5793; DKC 4795 (III строк 2013), реєстр. № 5794; Переяславський 230 СВ (III строк 2013), реєстр. № 5795; DKC 3871 (III строк 2013), реєстр. № 5796; DKC 3759 (III строк 2013), реєстр. № 5797; DK 315 (III строк 2013), реєстр. № 5798; EG 3421 (III строк 2013), реєстр. № 5799; DKC 4082(III строк 2013), реєстр. № 5800; DKC 3511 (III строк 2013), реєстр. № 5801; DKC 2971 (III строк 2013), реєстр. № 5802; DKC 10 (III строк 2013), реєстр. № 5803; DKC 4685 (III строк 2013), реєстр. № 5804; DKC 7(III строк 2013), реєстр. № 5805; DK 391(III строк 2013), реєстр. № 5806; DK 440(III строк 2013), реєстр. № 5807; DKC 4590 (III строк 2013), реєстр. № 5808; DKC 2 (III строк 2013), реєстр. № 5809; EE 2807 (DKC 2787) (III строк 2013), реєстр. № 5810; DK 391 (I строк 2013), реєстр. № 5811; DK 440 (I строк 2013), реєстр. № 5812.*

**Мета випробувань:** *визначення сухої речовини, визначення крохмалю*

**Дата надходження зразків до випробувальної лабораторії:** *7.08.2013 р.*

**Дата проведення випробувань:** *7.08.2013.-18.11.13 р.*

**Результати випробувань наведені у таблиці: Вміст крохмалю:**

| № | Назва зразка | Шифр | Суха речовина, % | Крохмаль в натуральній речовині,% | Крохмаль в АСР, % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Зерно кукурудзи EG 4503 (I строк) | 5339 | 71,34 | 52,58 | 73,70 |
| 2. | Зерно кукурудзи EG 3222 (I строк) | 5340 | 68,52 | 49,07 | 71,61 |
| 3. | Зерно кукурудзи DKC 4685 (I строк) | 5341 | 64,49 | 47,53 | 73,70 |
| 4. | Зерно кукурудзи DK 315 (I строк) | 5342 | 68,69 | 50,96 | 74,19 |
| 5. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (I строк) | 5343 | 70,11 | 52,36 | 74,68 |
| 6. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (I строк) | 5344 | 70,31 | 50,41 | 71,70 |
| 7. | Зерно кукурудзи DKC 2787 (I строк) | 5345 | 70,70 | 51,19 | 72,40 |
| 8. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (I строк) | 5346 | 72,33 | 53,36 | 73,77 |
| 9. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (II строк) | 5347 | 63,12 | 46,68 | 73,95 |
| 10. | Зерно кукурудзи DKC 3 (I строк) | 5348 | 73,44 | 52,13 | 70,98 |
| 11. | Зерно кукурудзи DKC 2 (I строк) | 5349 | 67,75 | 51,35 | 75,79 |
| 12. | Зерно кукурудзи DKC 1 (I строк) | 5350 | 69,47 | 52,66 | 75,80 |
| 13. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (I строк) | 5351 | 68,39 | 48,89 | 71,49 |
| 14. | Зерно кукурудзи DKC 3476 (I строк) | 5352 | 67,83 | 50,56 | 74,54 |
| 15. | Зерно кукурудзи DKC 2787 (I строк) | 5353 | 70,69 | 51,20 | 72,40 |
| 16. | Зерно кукурудзи DKC 2870 (I строк) | 5354 | 74,74 | 54,54 | 72,97 |
| 17. | Зерно кукурудзи DKC 5 (I строк) | 5355 | 66,90 | 48,03 | 71,79 |
| 18. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (I строк) | 5356 | 77,34 | 55,75 | 72,08 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 19. | Зерно кукурудзи DKC 4 (I строк) | 5357 | 69,82 | 49,05 | 70,25 |
| 20. | Зерно кукурудзи DKC 3759 (I строк) | 5358 | 69,29 | 51,27 | 73,99 |
| 21. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (I строк) | 5359 | 73,44 | 53,54 | 72,90 |
| 22. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (I строк) | 5360 | 65,63 | 46,44 | 70,76 |
| 23. | Зерно кукурудзи DKC 3705 (I строк) | 5361 | 67,55 | 49,63 | 73,47 |
| 24. | Зерно кукурудзи DKC 4626 (I строк) | 5362 | 68,10 | 49,62 | 72,86 |
| 25. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (I строк) | 5363 | 70,53 | 51,27 | 72,69 |
| 26. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (I строк) | 5364 | 60,96 | 45,99 | 75,44 |
| 27. | Зерно кукурудзи DKC 7 (I строк) | 5365 | 62,86 | 47,69 | 75,87 |
| 28. | Зерно кукурудзи DKC 3705 (II строк) | 5366 | 66,28 | 48,90 | 73,78 |
| 29. | Зерно кукурудзи DKC 1 (II строк) | 5367 | 74,18 | 56,16 | 75,71 |
| 30. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (II строк) | 5368 | 68,66 | 50,42 | 73,43 |
| 31. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (I строк) | 5369 | 68,15 | 50,94 | 74,75 |
| 32. | Зерно кукурудзи DKC 3 (II строк) | 5370 | 68,66 | 49,32 | 71,83 |
| 33. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (II строк) | 5371 | 61,26 | 47,64 | 77,77 |
| 34. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (II строк) | 5372 | 56,02 | 40,82 | 72,87 |
| 35. | Зерно кукурудзи DKC 5 (II строк) | 5373 | 58,83 | 42,62 | 72,45 |
| 36. | Зерно кукурудзи DKC 2787 (II строк) | 5374 | 71,65 | 52,34 | 73,05 |
| 37. | Зерно кукурудзи DKC 3203 (II строк) | 5375 | 63,15 | 46,02 | 72,87 |
| 38. | Зерно кукурудзи DKC 3511 (II строк) | 5376 | 62,33 | 48,81 | 78,31 |
| 39. | Зерно кукурудзи EG 3421 (II строк) | 5377 | 61,26 | 45,66 | 74,53 |
| 40. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (II строк) | 5378 | 65,57 | 46,98 | 72,76 |
| 41. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (II строк) | 5379 | 66,57 | 47,87 | 71,91 |
| 42. | Зерно кукурудзи EF 4503 (I строк) | 5380 | 63,08 | 45,17 | 71,61 |
| 43. | Зерно кукурудзи DKC 10 (II строк) | 5381 | 56,70 | 42,03 | 74,13 |
| 44. | Зерно кукурудзи EF 4705 (I строк) | 5382 | 6343 | 45,42 | 71,61 |
| 45. | Зерно кукурудзи DKC 2 (II строк) | 5383 | 63,57 | 48,58 | 76,42 |
| 46. | Зерно кукурудзи DKC 3476 (II строк) | 5384 | 66,78 | 50,92 | 76,25 |
| 47. | Зерно кукурудзи DKC 3511 (II строк) | 5385 | 71,43 | 55,34 | 77,47 |
| 48. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (II строк) | 5386 | 65,97 | 49,65 | 75,26 |
| 49. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (I строк) | 5387 | 72,07 | 54,92 | 76,20 |
| 50. | Зерно кукурудзи DKC 4795 (II строк) | 5388 | 61,48 | 45,57 | 74,12 |
| 51. | Зерно кукурудзи DK 315 (II строк) | 5389 | 63,23 | 47,21 | 74,66 |
| 52. | Зерно кукурудзи DKC 4685 (II строк) | 5390 | 62,43 | 46,42 | 74,07 |
| 53. | Зерно кукурудзи DKC 2870 (II строк) | 5391 | 66,17 | 48,85 | 73,83 |
| 54. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (II строк) | 5392 | 61,15 | 47,04 | 76,92 |
| 55. | Зерно кукурудзи DK 440 (II строк) | 5393 | 60,89 | 46,35 | 76,12 |
| 56. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (II строк) | 5394 | 69,17 | 50,48 | 72,98 |
| 57. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (II строк) | 5395 | 57,92 | 43,93 | 75,85 |
| 58. | Зерно кукурудзи DKC 3759 (II строк) | 5396 | 64,94 | 48,46 | 74,62 |
| 59. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (II строк) | 5397 | 72,68 | 53,51 | 73,62 |
| 60. | Зерно кукурудзи DKC 4590 (II строк) | 5398 | 62,77 | 45,22 | 72,04 |
| 61. | Зерно кукурудзи DKC 4 (II строк) | 5773 | 64,05 | 45,60 | 71,19 |
| 62. | Зерно кукурудзи DKC 3476 (III строк) | 5774 | 69,02 | 52,76 | 76,44 |
| 63. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (III строк) | 5775 | 65,84 | 51,63 | 78,42 |
| 64. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (III строк) | 5776 | 66,80 | 52,44 | 78,50 |
| 65. | Зерно кукурудзи DKC 3705 (III строк) | 5777 | 66,34 | 49,92 | 75,25 |
| 66. | Зерно кукурудзи DKC 4490 (II строк) | 5778 | 60,00 | 44,67 | 74,45 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 67. | Зерно кукурудзи DKC 4490 (III строк) | 5779 | 60,00 | 45,84 | 76,40 |
| 68. | Зерно кукурудзи DKC 4626 (III строк) | 5780 | 64,08 | 47,87 | 74,70 |
| 69. | Зерно кукурудзи DKC 10 (II строк) | 5781 | 56,70 | 42,03 | 74,13 |
| 70. | Зерно кукурудзи DKC 3203 (III строк) | 5782 | 73,77 | 55,60 | 75,37 |
| 71. | Зерно кукурудзи DKC 4626 (II строк) | 5783 | 58,69 | 43,78 | 74,60 |
| 72. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (III строк) | 5784 | 67,98 | 50,38 | 74,11 |
| 73. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (III строк) | 5785 | 66,12 | 49,35 | 74,64 |
| 74. | Зерно кукурудзи DKC 2870 (III строк) | 5786 | 79,47 | 59,00 | 74,24 |
| 75. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (III строк) | 5787 | 69,64 | 51,30 | 73,66 |
| 76. | Зерно кукурудзи DKC 4 (III строк) | 5788 | 64,02 | 45,88 | 71,67 |
| 77. | Зерно кукурудзи DK 391 (II строк) | 5789 | 60,98 | 45,94 | 75,34 |
| 78. | Зерно кукурудзи DKC 3 (III строк) | 5790 | 68,77 | 49,67 | 72,23 |
| 79. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (III строк) | 5791 | 69,05 | 50,52 | 73,16 |
| 80. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (III строк) | 5792 | 67,24 | 51,13 | 76,04 |
| 81. | Зерно кукурудзи DKC 5 (III строк) | 5793 | 66,24 | 48,83 | 73,72 |
| 82. | Зерно кукурудзи DKC 4795 (III строк) | 5794 | 62,11 | 46,39 | 74,69 |
| 83. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (III строк) | 5795 | 68,77 | 50,85 | 73,94 |
| 84. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (III строк) | 5796 | 67,56 | 49,94 | 73,92 |
| 85. | Зерно кукурудзи DKC 3759 (III строк) | 5797 | 67,27 | 50,91 | 75,68 |
| 86. | Зерно кукурудзи DK 315 (III строк) | 5798 | 64,53 | 48,75 | 75,55 |
| 87. | Зерно кукурудзи EG 3421 (III строк) | 5799 | 70,23 | 52,71 | 75,05 |
| 88. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (III строк) | 5800 | 62,63 | 47,51 | 75,86 |
| 89. | Зерно кукурудзи DKC 3511 (III строк) | 5801 | 64,01 | 50,38 | 78,71 |
| 90. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (III строк) | 5802 | 74,13 | 55,29 | 74,59 |
| 91. | Зерно кукурудзи DKC 10 (III строк) | 5803 | 62,19 | 46,36 | 74,55 |
| 92. | Зерно кукурудзи DKC 4685 (III строк) | 5804 | 59,80 | 44,58 | 74,55 |
| 93. | Зерно кукурудзи DKC 7 (III строк) | 5805 | 61,94 | 47,35 | 76,44 |
| 94. | Зерно кукурудзи DK 391 (III строк) | 5806 | 61,45 | 46,48 | 75,64 |
| 95. | Зерно кукурудзи DK 440 (III строк) | 5807 | 62,17 | 47,38 | 76,21 |
| 96. | Зерно кукурудзи DKC 4590 (III строк) | 5808 | 61,50 | 46,61 | 75,79 |
| 97. | Зерно кукурудзи DKC 2 (III строк) | 5809 | 68,02 | 52,17 | 76,70 |
| 98. | Зерно кукурудзи DKC 2787 (III строк) | 5810 | 68,36 | 51,21 | 74,91 |
| 99. | Зерно кукурудзи DK 391 (I строк) | 5811 | 71,44 | 53,55 | 74,96 |
| 100. | Зерно кукурудзи DK 440 (I строк) | 5812 | 73,59 | 53,93 | 73,28 |

Завідувач відділу оцінки якості,
безпеки кормів і сировини,
кандидат с.-г. наук **Л.П. Чорнолата**

**Результати випробувань: Вміст крохмалю (2013 рік):**

| № | Назва зразка | Суха речовина,% | Крохмаль в натуральній речовині,% | Крохмаль в АСР, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (контроль) | 72,33 | 53,36 | 73,77 |
| 2. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біомаг 5-7) | 73,40 | 54,29 | 73,96 |
| 3. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біомаг 10-12) | 73,83 | 55,15 | 74,70 |
| 4. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (моноцинк 5-7) | 73,26 | 54,40 | 74,26 |
| 5. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (моноцинк 10-12) | 74,95 | 56,94 | 75,97 |
| 6. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (росток 5-7) | 73,28 | 54,51 | 74,39 |
| 7. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (росток 10-12) | 73,43 | 55,68 | 75,83 |
| 8. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (вимпел 5-7) | 71,65 | 53,04 | 74,03 |
| 9. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (вимпел 10-12) | 73,23 | 54,55 | 74,49 |
| 10. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (контроль) | 65,63 | 46,44 | 70,76 |
| 11. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (біомаг 5-7) | 68,89 | 49,59 | 71,98 |
| 12. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (біомаг 10-12) | 70,07 | 50,85 | 72,57 |
| 13. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (моноцинк 5-7) | 71,13 | 51,92 | 72,99 |
| 14. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (моноцинк 10-12) | 71,87 | 52,57 | 73,15 |
| 15. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (росток 5-7) | 72,08 | 51,88 | 71,98 |
| 16. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (росток 10-12) | 72,67 | 52,65 | 72,45 |
| 17. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (вимпел 5-7) | 69,82 | 49,60 | 71,04 |
| 18. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (вимпел 10-12) | 70,66 | 50,77 | 71,85 |
| 19. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (контроль) | 70,31 | 50,41 | 71,70 |
| 20. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (біомаг 5-7) | 71,54 | 51,78 | 72,38 |
| 21. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (біомаг 10-12) | 72,05 | 52,69 | 73,13 |
| 22. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (моноцинк 5-7) | 72,48 | 52,95 | 73,05 |
| 23. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (моноцинк 10-12) | 73,06 | 53,81 | 73,65 |
| 24. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (росток 5-7) | 71,59 | 51,98 | 72,61 |
| 25. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (росток 10-12) | 72,01 | 52,96 | 73,55 |
| 26. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (вимпел 5-7) | 70,75 | 50,84 | 71,86 |
| 27. | Зерно кукурудзи DKC 2949 (вимпел 10-12) | 70,82 | 51,01 | 72,03 |
| 28. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (контроль) | 77,34 | 55,75 | 72,08 |
| 29. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біомаг 5-7) | 78,11 | 56,86 | 72,79 |
| 30. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біомаг 10-12) | 79,12 | 57,93 | 73,22 |
| 31. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (моноцинк 5-7) | 79,21 | 59,38 | 74,97 |
| 32. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (моноцинк 10-12) | 79,26 | 59,53 | 75,11 |
| 33. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (росток 5-7) | 79,15 | 57,86 | 73,10 |
| 34. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (росток 10-12) | 79,65 | 59,36 | 74,53 |
| 35. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (вимпел 5-7) | 77,96 | 56,27 | 72,18 |
| 36. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (вимпел 10-12) | 78,52 | 57,22 | 72,87 |
| 37. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (контроль) | 68,39 | 48,89 | 71,49 |
| 38. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (біомаг 5-7) | 70,36 | 50,63 | 71,96 |
| 39. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (біомаг 10-12) | 71,65 | 52,06 | 72,66 |
| 40. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (моноцинк 5-7) | 72,59 | 53,38 | 73,54 |
| 41. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (моноцинк 10-12) | 73,11 | 54,37 | 74,37 |
| 42. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (росток 5-7) | 71,34 | 52,10 | 73,03 |
| 43. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (росток 10-12) | 72,25 | 53,28 | 73,74 |
| 44. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (вимпел 5-7) | 69,89 | 50,20 | 71,83 |
| 45. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (вимпел 10-12) | 70,12 | 50,44 | 71,93 |
| 46. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (контроль) | 72,07 | 54,92 | 76,20 |
| 47. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (біомаг 5-7) | 72,25 | 55,48 | 76,79 |
| 48. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (біомаг 10-12) | 72,53 | 55,76 | 76,88 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 49. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (моноцинк 5-7) | 73,55 | 57,02 | 77,53 |
| 50. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (моноцинк 10-12) | 74,12 | 57,88 | 78,09 |
| 51. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (росток 5-7) | 72,55 | 55,75 | 76,84 |
| 52. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (росток 10-12) | 72,93 | 56,81 | 77,90 |
| 53. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (вимпел 5-7) | 71,56 | 54,72 | 76,47 |
| 54. | Зерно кукурудзи DKC 3420 (вимпел 10-12) | 71,65 | 54,84 | 76,54 |
| 55. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (контроль) | 73,44 | 53,54 | 72,90 |
| 56. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (біомаг 5-7) | 73,86 | 54,33 | 73,56 |
| 57. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (біомаг 10-12) | 74,26 | 55,07 | 74,16 |
| 58. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (моноцинк 5-7) | 75,59 | 56,63 | 74,92 |
| 59. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (моноц. 10-12) | 76,11 | 57,18 | 75,13 |
| 60. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (росток 5-7) | 73,55 | 54,51 | 74,11 |
| 61. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (росток 10-12) | 74,38 | 55,54 | 74,67 |
| 62. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (вимпел 5-7) | 73,12 | 53,55 | 73,24 |
| 63. | Зерно кукурудзи Переяславський 230СВ (вимпел 10-12) | 73,84 | 54,40 | 73,57 |
| 64. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (контроль) | 70,53 | 51,27 | 72,69 |
| 65. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біомаг 5-7) | 69,32 | 51,98 | 74,99 |
| 66. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біомаг 10-12) | 70,32 | 53,40 | 75,94 |
| 67. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (моноцинк 5-7) | 70,45 | 53,03 | 75,27 |
| 68. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (моноцинк 10-12) | 70,00 | 54,22 | 77,46 |
| 69. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (росток 5-7) | 70,06 | 52,18 | 74,48 |
| 70. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (росток 10-12) | 70,54 | 52,84 | 74,91 |
| 71. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (вимпел 5-7) | 69,73 | 51,28 | 73,54 |
| 72. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (вимпел 10-12) | 69,86 | 51,67 | 73,96 |
| 73. | Зерно кукурудзи DK 391 (контроль) | 71,44 | 53,55 | 74,96 |
| 74. | Зерно кукурудзи DK 391 (біомаг 5-7) | 73,36 | 55,18 | 75,22 |
| 75. | Зерно кукурудзи DK 391 (біомаг 10-12) | 75,36 | 56,83 | 75,41 |
| 76. | Зерно кукурудзи DK 391 (моноцинк 5-7) | 76,36 | 56,28 | 73,70 |
| 77. | Зерно кукурудзи DK 391 (моноцинк 10-12) | 77,27 | 58,23 | 75,36 |
| 78. | Зерно кукурудзи DK 391 (росток 5-7) | 76,13 | 57,12 | 75,03 |
| 79. | Зерно кукурудзи DK 391 (росток 10-12) | 74,84 | 58,09 | 77,62 |
| 80. | Зерно кукурудзи DK 391 (вимпел 5-7) | 74,69 | 56,10 | 75,11 |
| 81. | Зерно кукурудзи DK 391 (вимпел 10-12) | 73,48 | 55,45 | 75,46 |
| 82. | Зерно кукурудзи DK 440 (контроль) | 73,59 | 53,93 | 73,28 |
| 83. | Зерно кукурудзи DK 440 (біомаг 5-7) | 73,64 | 54,35 | 73,80 |
| 84. | Зерно кукурудзи DK 440 (біомаг 10-12) | 74,05 | 54,90 | 74,14 |
| 85. | Зерно кукурудзи DK 440 (моноцинк 5-7) | 74,68 | 55,93 | 74,89 |
| 86. | Зерно кукурудзи DK 440 (моноцинк 10-12) | 75,10 | 56,30 | 74,97 |
| 87. | Зерно кукурудзи DK 440 (росток 5-7) | 74,26 | 54,97 | 74,02 |
| 88. | Зерно кукурудзи DK 440 (росток 10-12) | 74,37 | 55,57 | 74,72 |
| 89. | Зерно кукурудзи DK 440 (вимпел 5-7) | 74,09 | 54,51 | 73,57 |
| 90. | Зерно кукурудзи DK 440 (вимпел 10-12) | 74,37 | 54,86 | 73,77 |
| 91. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (контроль) | 60,96 | 45,99 | 75,44 |
| 92. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (біомаг 5-7) | 62,35 | 47,17 | 75,65 |
| 93. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (біомаг 10-12) | 63,25 | 48,04 | 75,95 |
| 94. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (моноцинк 5-7) | 64,12 | 49,44 | 77,11 |
| 95. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (моноцинк 10-12) | 65,50 | 50,73 | 77,45 |
| 96. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (росток 5-7) | 63,78 | 48,83 | 76,56 |
| 97. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (росток 10-12) | 64,20 | 49,43 | 76,99 |
| 98. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (вимпел 5-7) | 63,23 | 47,78 | 75,57 |
| 99. | Зерно кукурудзи DKC 4964 (вимпел 10-12) | 63,56 | 48,12 | 75,71 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 100. | Зерно кукурудзи DK 315 (контроль) | 68,69 | 50,96 | 74,19 |
| 101. | Зерно кукурудзи DK 315 (біомаг 5-7) | 69,45 | 52,06 | 74,96 |
| 102. | Зерно кукурудзи DK 315 (біомаг 10-12) | 70,05 | 52,81 | 75,39 |
| 103. | Зерно кукурудзи DK 315 (моноцинк 5-7) | 70,57 | 54,29 | 76,93 |
| 104. | Зерно кукурудзи DK 315 (моноцинк 10-12) | 71,23 | 54,95 | 77,14 |
| 105. | Зерно кукурудзи DK 315 (росток 5-7) | 69,36 | 52,53 | 75,74 |
| 106. | Зерно кукурудзи DK 315 (росток 10-12) | 69,82 | 53,17 | 76,15 |
| 107. | Зерно кукурудзи DK 315 (вимпел 5-7) | 68,96 | 51,25 | 74,32 |
| 108. | Зерно кукурудзи DK 315 (вимпел 10-12) | 69,25 | 51,93 | 74,99 |

Завідувач відділу зоотехнічної оцінки
та стандартизації кормів,
кандидат с.-г. наук **Л.П. Чорнолата**

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**
**ІНСТИТУТ КОРМІВ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОДІЛЛЯ НААН**

ЛАБОРАТОРІЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ КОРМІВ І СИРОВИНИ
СВІДОЦТВО ПРО АТЕСТАЦІЮ №ПУ-0111/14
Видане 08 серпня 2014 року чинне до 23 липня 2017 року

Адреса: 21100, м. Вінниця
пр. Юності, 16
тел/факс 46-41-16
тел. лабор. 43-81-94
ел. пошта zoolab@ukr.net
http://www.fri.vin.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Інституту
кормів та сільського
господарства Поділля НААН
**О.В. Корнійчук**
17 грудня 2014 р.

## ПРОТОКОЛ №92

## ВИПРОБУВАНЬ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ КОРМІВ

**Заявник:** *ФОП Паламарчук В.Д.*
**Об'єкт випробувань**: *зерно кукурудзи, реєстр. № -№ 1335-1389*
**Мета випробувань:** *визначення сухої речовини, визначення крохмалю*
**Дата надходження зразків до випробувальної лабораторії:** *30.10.2014*
**Дата проведення випробувань:** *30.10.14.-17.12.14 р.*

**Результати випробувань наведені у таблицях:**

**1. Хімічний склад у натуральній речовині, %**

| № | Назва зразка | Шифр | Суха речовина,% | Крохмаль в натуральній речовині,% | Крохмаль в АСР, % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (M) 4 см | 1335 | 78,68 | 58,84 | 74,78 |
| 2. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (S) 4 см | 1336 | 76,96 | 58,29 | 75,74 |
| 3. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (S) 4 см | 1337 | 77,27 | 58,23 | 75,36 |
| 4. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (M) 4 см | 1338 | 80,62 | 58,03 | 71,98 |
| 5. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (M) 4 см | 1339 | 79,41 | 56,94 | 71,70 |
| 6. | Зерно кукурудзи DK 315 (S) 4 см | 1340 | 79,80 | 62,19 | 77,93 |
| 7. | Зерно кукурудзи DK 315 (M) 4 см | 1341 | 79,51 | 60,86 | 76,54 |
| 8. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (S) 4 см | 1342 | 80,49 | 58,30 | 72,43 |
| 9. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (V) 4 см | 1343 | 79,72 | 58,19 | 72,99 |
| 10. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (S) 4 см | 1344 | 78,67 | 57,78 | 73,45 |
| 11. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (S) 4 см | 1345 | 77,97 | 60,05 | 77,02 |
| 12. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (V) 4 см | 1346 | 80,65 | 58,07 | 72,00 |
| 13. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (M) 4 см | 1347 | 76,28 | 56,80 | 74,46 |
| 14. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (V) 4 см | 1346 | 79,07 | 60,44 | 76,44 |
| 15. | Зерно кукурудзи DK 315 (V) 4 см | 1349 | 76,94 | 58,97 | 76,64 |
| 16. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (M) 4 см | 1350 | 80,15 | 60,12 | 75,01 |
| 17. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (V) 4 см | 1351 | 90,62 | 67,87 | 74,90 |
| 18. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (V) 4 см | 1352 | 79,40 | 60,49 | 76,18 |
| 19. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (V) 7 см | 1353 | 81,51 | 60,85 | 74,65 |
| 20. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (S) 7 см | 1354 | 83,20 | 62,00 | 74,52 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 21. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (M) 7 см | 1355 | 81,07 | 59,07 | 72,86 |
| 22. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (M) 7 см | 1356 | 82,39 | 59,31 | 71,99 |
| 23. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (S) 7 см | 1357 | 78,75 | 57,12 | 72,53 |
| 24. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (V) 7 см | 1358 | 78,56 | 57,01 | 72,57 |
| 25. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (M) 7 см | 1359 | 78,45 | 58,73 | 74,86 |
| 26. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (S) 7 см | 1360 | 78,40 | 59,62 | 76,05 |
| 27. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (V) 7 см | 1361 | 77,94 | 59,14 | 75,88 |
| 28. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (M) 7 см | 1362 | 79,98 | 59,52 | 74,42 |
| 29. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (S) 7 см | 1363 | 77,07 | 58,64 | 76,09 |
| 30. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (V) 7 см | 1364 | 78,76 | 61,35 | 77,89 |
| 31. | Зерно кукурудзи DK 315 (M) 7 см | 1365 | 80,24 | 61,89 | 77,13 |
| 32. | Зерно кукурудзи DK 315 (S) 7 см | 1366 | 77,56 | 61,01 | 78,66 |
| 33. | Зерно кукурудзи DK 315 (V) 7 см | 1367 | 79,00 | 61,33 | 77,63 |
| 34. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (M) 7 см | 1368 | 77,84 | 60,33 | 77,51 |
| 35. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (S) 7 см | 1369 | 76,82 | 60,16 | 78,31 |
| 36. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (V) 7 см | 1370 | 77,14 | 60,48 | 78,40 |
| 37. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (M) 11 см | 1371 | 81,40 | 59,80 | 73,46 |
| 38. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (S) 11 см | 1372 | 79,07 | 59,27 | 74,96 |
| 39. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (V) 11 см | 1373 | 79,59 | 59,63 | 74,92 |
| 40. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (M) 11 см | 1374 | 76,99 | 55,52 | 72,11 |
| 41. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (S) 11 см | 1375 | 79,54 | 58,01 | 72,93 |
| 42. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (V) 11 см | 1376 | 80,74 | 58,89 | 72,94 |
| 43. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (M) 11 см | 1377 | 77,40 | 58,27 | 75,28 |
| 44. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (S) 11 см | 1378 | 78,86 | 60,43 | 76,63 |
| 45. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (V) 11 см | 1379 | 78,66 | 59,75 | 75,96 |
| 46. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (M) 11 см | 1380 | 77,83 | 58,23 | 74,82 |
| 47. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (S) 11 см | 1381 | 77,38 | 60,10 | 77,67 |
| 48. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (V) 11 см | 1382 | 77,03 | 60,05 | 77,96 |
| 49. | Зерно кукурудзи DK 315 (M) 11 см | 1383 | 77,59 | 60,51 | 77,99 |
| 50. | Зерно кукурудзи DK 315 (S) 11 см | 1384 | 76,13 | 60,09 | 78,93 |
| 51. | Зерно кукурудзи DK 315 (V) 11 см | 1385 | 77,96 | 60,90 | 78,12 |
| 52. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (M) 11 см | 1386 | 81,89 | 62,16 | 75,91 |
| 53. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (S) 11 см | 1387 | 78,32 | 61,62 | 78,68 |
| 54. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (V) 11 см | 1388 | 76,65 | 59,85 | 78,08 |
| 55. | Зерно кукурудзи Харківський 195 МВ 7 см | 1389 | 83,64 | 60,82 | 72,70 |

Завідувач відділу оцінки якості,
безпеки кормів і сировини,
кандидат с.-г. наук **Л.П. Чорнолата**

**Результати випробувань: Вміст крохмалю (2015 рік):**

| № | Назва зразка | Суха речовина,% | Крохмаль в натуральній речовині,% | Крохмаль в АСР, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (контроль) | 79,78 | 57,54 | 72,12 |
| 2. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біомаг 5-7) | 79,82 | 56,65 | 70,97 |
| 3. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біомаг 10-12) | 80,67 | 57,59 | 71,39 |
| 4. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (росток 5-7) | 79,85 | 56,48 | 70,73 |
| 5. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (росток 10-12) | 80,24 | 56,84 | 70,84 |
| 6. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (моноцинк 5-7) | 80,65 | 57,45 | 71,23 |
| 7. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (моноцинк 10-12) | 81,23 | 58,12 | 71,55 |
| 8. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біом+рост 5-7) | 80,69 | 57,79 | 71,62 |
| 9. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біом+рост 10-12) | 81,32 | 58,59 | 72,05 |
| 10. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біом+моноц 5-7) | 81,25 | 58,93 | 72,53 |
| 11. | Зерно кукурудзи Харків. 195МВ (біом+моноц 10-12) | 81,68 | 59,44 | 72,77 |
| 12. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (контроль) | 80,47 | 56,9 | 70,71 |
| 13. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біомаг 5-7) | 79,57 | 55,34 | 69,55 |
| 14. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біомаг 10-12) | 79,89 | 55,91 | 69,98 |
| 15. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (росток 5-7) | 80,01 | 55,55 | 69,43 |
| 16. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (росток 10-12) | 81,06 | 57,00 | 70,32 |
| 17. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (моноцинк 5-7) | 81,55 | 56,94 | 69,82 |
| 18. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (моноцинк 10-12) | 81,98 | 57,50 | 70,14 |
| 19. | Зерно кукурудзи DKC 2971(біом+рост 5-7) | 80,54 | 56,49 | 70,14 |
| 20. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біом+рост 10-12) | 80,64 | 56,62 | 70,21 |
| 21. | Зерно кукурудзи DKC 2971(біом+моноц 5-7) | 81,25 | 57,12 | 70,30 |
| 22. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біом+моноц 10-12) | 81,68 | 57,47 | 70,36 |
| 23. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (контроль) | 78,16 | 56,86 | 72,75 |
| 24. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (біомаг 5-7) | 78,56 | 56,15 | 71,47 |
| 25. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (біомаг 10-12) | 78,61 | 56,24 | 71,54 |
| 26. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (росток 5-7) | 79,03 | 56,07 | 70,95 |
| 27. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (росток 10-12) | 79,05 | 56,33 | 71,26 |
| 28. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (моноцинк 5-7) | 79,54 | 57,24 | 71,96 |
| 29. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (моноцинк 10-12) | 79,93 | 57,83 | 72,35 |
| 30. | Зерно кукурудзи DKC 3795(біом+рост 5-7) | 78,35 | 56,56 | 72,19 |
| 31. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (біом+рост 10-12) | 78,56 | 56,84 | 72,35 |
| 32. | Зерно кукурудзи DKC 3795(біом+моноц 5-7) | 79,96 | 58,04 | 72,59 |
| 33. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (біом+моноц 10-12) | 80,33 | 58,35 | 72,64 |
| 34. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (контроль) | 75,64 | 55,95 | 73,97 |
| 35. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біомаг 5-7) | 75,66 | 55,50 | 73,35 |
| 36. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біомаг 10-12) | 76,01 | 55,83 | 73,45 |
| 37. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (росток 5-7) | 75,72 | 55,94 | 73,88 |
| 38. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (росток 10-12) | 75,89 | 56,12 | 73,95 |
| 39. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (моноцинк 5-7) | 76,11 | 56,24 | 73,89 |
| 40. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (моноцинк 10-12) | 76,15 | 56,79 | 74,58 |
| 41. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біом+рост 5-7) | 76,19 | 55,60 | 72,98 |
| 42. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біом+рост 10-12) | 76,15 | 55,66 | 73,09 |
| 43. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біом+моноц 5-7) | 76,53 | 56,78 | 74,19 |
| 44. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біом+моноц 10-12) | 76,55 | 57,07 | 74,55 |
| 45. | Зерно кукурудзи DK 315 (контроль) | 73,11 | 52,84 | 72,27 |
| 46. | Зерно кукурудзи DK 315 (біомаг 5-7) | 72,55 | 51,88 | 71,51 |
| 47. | Зерно кукурудзи DK 315 (біомаг 10-12) | 72,89 | 52,47 | 71,99 |
| 48. | Зерно кукурудзи DK 315 (росток 5-7) | 73,25 | 52,15 | 71,19 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 49. | Зерно кукурудзи ДК 315 (росток 10-12) | 73,13 | 52,79 | 72,19 |
| 50. | Зерно кукурудзи ДК 315 (моноцинк 5-7) | 73,65 | 52,23 | 70,92 |
| 51. | Зерно кукурудзи ДК 315 (моноцинк 10-12) | 73,79 | 53,12 | 71,99 |
| 52. | Зерно кукурудзи ДК 315 (біом+рост 5-7) | 73,85 | 52,54 | 71,14 |
| 53. | Зерно кукурудзи ДК 315 (біом+рост 10-12) | 73,91 | 52,71 | 71,32 |
| 54. | Зерно кукурудзи ДК 315 (біом+моноц 5-7) | 74,13 | 53,38 | 72,01 |
| 55. | Зерно кукурудзи ДК 315 (біом+моноц 10-12) | 74,62 | 53,89 | 72,22 |
| 56. | Зерно кукурудзи ДК 440 (контроль) | 70,12 | 51,67 | 73,69 |
| 57. | Зерно кукурудзи ДК 440 (біомаг 5-7) | 69,85 | 50,77 | 72,68 |
| 58. | Зерно кукурудзи ДК 440 (біомаг 10-12) | 70,11 | 51,36 | 73,26 |
| 59. | Зерно кукурудзи ДК 440 (росток 5-7) | 70,12 | 50,60 | 72,16 |
| 60. | Зерно кукурудзи ДК 440 (росток 10-12) | 70,55 | 51,97 | 73,66 |
| 61. | Зерно кукурудзи ДК 440 (моноцинк 5-7) | 71,24 | 52,00 | 72,99 |
| 62. | Зерно кукурудзи ДК 440 (моноцинк 10-12) | 71,43 | 52,33 | 73,26 |
| 63. | Зерно кукурудзи ДК 440 (біом+рост 5-7) | 70,56 | 50,74 | 71,91 |
| 64. | Зерно кукурудзи ДК 440 (біом+рост 10-12) | 70,98 | 51,10 | 71,99 |
| 65. | Зерно кукурудзи ДК 440 (біом+моноц 5-7) | 71,26 | 52,43 | 73,58 |
| 66. | Зерно кукурудзи ДК 440 (біом+моноц 10-12) | 71,65 | 52,94 | 73,89 |

Завідувач відділу зоотехнічної оцінки
та стандартизації кормів,
кандидат с.-г. наук **Л.П. Чорнолата**

*Додаток 12*

**1. Хімічний склад у натуральній речовині (2015 рік), %**

| № | Назва зразка | Шифр | Суха речовина,% | Крохмаль в натуральній речовині,% | Крохмаль в АСР, % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (M) 4 см | 4335 | 81,60 | 57,32 | 70,25 |
| 2. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (S) 4 см | 4336 | 81,78 | 58,20 | 71,17 |
| 3. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (V) 4 см | 4337 | 82,55 | 58,41 | 70,76 |
| 4. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (M) 4 см | 4338 | 83,46 | 59,50 | 71,29 |
| 5. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (S) 4 см | 4339 | 82,56 | 59,34 | 71,88 |
| 6. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (V) 4 см | 4340 | 82,56 | 59,73 | 72,35 |
| 7. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (M) 4 см | 4341 | 74,68 | 54,26 | 72,66 |
| 8. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (S) 4 см | 4342 | 75,74 | 55,70 | 73,54 |
| 9. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (V) 4 см | 4343 | 76,47 | 55,08 | 72,03 |
| 10. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (M) 4 см | 4344 | 77,14 | 56,62 | 73,40 |
| 11. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (S) 4 см | 4345 | 76,59 | 56,77 | 74,12 |
| 12. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (V) 4 см | 4346 | 77,65 | 58,93 | 75,89 |
| 13. | Зерно кукурудзи DK 315 (M) 4 см | 4347 | 70,58 | 50,74 | 71,89 |
| 14. | Зерно кукурудзи DK 315 (S) 4 см | 4346 | 71,79 | 52,98 | 73,80 |
| 15. | Зерно кукурудзи DK 315 (V) 4 см | 4349 | 69,96 | 51,68 | 73,87 |
| 16. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (M) 4 см | 4350 | 69,40 | 50,89 | 73,33 |
| 17. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (S) 4 см | 4351 | 69,45 | 52,23 | 75,21 |
| 18. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (V) 4 см | 4352 | 69,97 | 51,86 | 74,12 |
| 19. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (M) 7 см | 4353 | 81,25 | 57,03 | 70,19 |
| 20. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (S) 7 см | 4354 | 82,35 | 58,38 | 70,89 |
| 21. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (V) 7 см | 4355 | 81,98 | 57,77 | 70,47 |
| 22. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (M) 7 см | 4356 | 82,47 | 58,03 | 70,36 |
| 23. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (S) 7 см | 4357 | 82,78 | 58,87 | 71,12 |
| 24. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (V) 7 см | 4358 | 82,74 | 59,13 | 71,46 |
| 25. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (M) 7 см | 4359 | 75,11 | 54,42 | 72,45 |
| 26. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (S) 7 см | 4360 | 76,28 | 55,30 | 72,50 |
| 27. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (V) 7 см | 4361 | 76,58 | 54,85 | 71,62 |
| 28. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (M) 7 см | 4362 | 78,15 | 56,93 | 72,85 |
| 29. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (S) 7 см | 4363 | 78,28 | 57,35 | 73,26 |
| 30. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (V) 7 см | 4364 | 76,59 | 55,98 | 73,09 |
| 31. | Зерно кукурудзи DK 315 (M) 7 см | 4365 | 71,76 | 51,40 | 71,63 |
| 32. | Зерно кукурудзи DK 315 (S) 7 см | 4366 | 73,34 | 53,51 | 72,96 |
| 33. | Зерно кукурудзи DK 315 (V) 7 см | 4367 | 72,59 | 52,57 | 72,42 |
| 34. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (M) 7 см | 4368 | 69,77 | 50,84 | 72,87 |
| 35. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (S) 7 см | 4369 | 69,68 | 52,12 | 74,80 |
| 36. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (V) 7 см | 4370 | 69,61 | 52,18 | 74,96 |
| 37. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (M) 11 см | 4371 | 82,65 | 57,05 | 69,03 |
| 38. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (S) 11 см | 4372 | 80,95 | 56,00 | 69,18 |
| 39. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (V) 11 см | 4373 | 82,47 | 58,09 | 70,44 |
| 40. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (M) 11 см | 4374 | 83,59 | 58,70 | 70,22 |
| 41. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (S) 11 см | 4375 | 83,46 | 58,67 | 70,30 |
| 42. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (V) 11 см | 4376 | 83,44 | 58,35 | 69,93 |
| 43. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (M) 11 см | 4377 | 74,66 | 54,05 | 72,39 |
| 44. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (S) 11 см | 4378 | 75,52 | 54,40 | 72,03 |
| 45. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (V) 11 см | 4379 | 75,98 | 53,45 | 70,35 |
| 46. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (M) 11 см | 4380 | 77,24 | 55,64 | 72,04 |
| 47. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (S) 11 см | 4381 | 77,67 | 56,04 | 72,15 |
| 48. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (V) 11 см | 4382 | 77,47 | 56,38 | 72,78 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 49. | Зерно кукурудзи DK 315 (M) 11 см | 4383 | 70,89 | 49,81 | 70,26 |
| 50. | Зерно кукурудзи DK 315 (S) 11 см | 4384 | 72,17 | 52,05 | 72,12 |
| 51. | Зерно кукурудзи DK 315 (V) 11 см | 4385 | 73,14 | 52,87 | 72,29 |
| 52. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (M) 11 см | 4386 | 69,56 | 50,46 | 72,54 |
| 53. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (S) 11 см | 4387 | 69,75 | 51,58 | 73,95 |
| 54. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (V) 11 см | 4388 | 70,22 | 51,80 | 73,77 |

Завідувач відділу оцінки якості,
безпеки кормів і сировини,
кандидат с.-г. наук **Л.П. Чорнолата**

*Додаток 13*

**1. Хімічний склад у натуральній речовині (2016 рік), %**

| № | Назва зразка | Шифр | Суха речовина,% | Крохмаль в натуральній речовині,% | Крохмаль в АСР, % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (M) 4 см | 2517 | 81,79 | 59,54 | 72,80 |
| 2. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (S) 4 см | 2518 | 81,67 | 60,03 | 73,50 |
| 3. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (V) 4 см | 2519 | 83,67 | 61,25 | 73,20 |
| 4. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (M) 4 см | 2520 | 81,55 | 58,66 | 71,93 |
| 5. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (S) 4 см | 2521 | 81,46 | 59,55 | 73,10 |
| 6. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (V) 4 см | 2522 | 82,55 | 59,45 | 72,02 |
| 7. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (M) 4 см | 2523 | 70,56 | 52,12 | 73,87 |
| 8. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (S) 4 см | 2524 | 71,56 | 53,33 | 74,52 |
| 9. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (V) 4 см | 2525 | 70,55 | 52,34 | 74,19 |
| 10. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (M) 4 см | 2526 | 78,11 | 56,85 | 72,78 |
| 11. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (S) 4 см | 2527 | 78,49 | 57,86 | 73,72 |
| 12. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (V) 4 см | 2528 | 76,59 | 55,52 | 72,49 |
| 13. | Зерно кукурудзи DK 315 (M) 4 см | 2529 | 70,11 | 52,55 | 74,95 |
| 14. | Зерно кукурудзи DK 315 (S) 4 см | 2530 | 71,29 | 53,74 | 75,38 |
| 15. | Зерно кукурудзи DK 315 (V) 4 см | 2531 | 70,68 | 53,77 | 76,08 |
| 16. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (M) 4 см | 2532 | 69,55 | 50,82 | 73,07 |
| 17. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (S) 4 см | 2533 | 67,34 | 51,29 | 76,17 |
| 18. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (V) 4 см | 2534 | 69,98 | 51,94 | 74,22 |
| 19. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (M) 7 см | 2535 | 82,17 | 59,95 | 72,96 |
| 20. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (S) 7 см | 2536 | 83,55 | 62,36 | 74,64 |
| 21. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (V) 7 см | 2537 | 82,69 | 60,78 | 73,50 |
| 22. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (M) 7 см | 2538 | 83,48 | 60,82 | 72,86 |
| 23. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (S) 7 см | 2539 | 83,11 | 60,68 | 73,01 |
| 24. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (V) 7 см | 2540 | 81,45 | 60,1 | 73,79 |
| 25. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (M) 7 см | 2541 | 71,49 | 53,48 | 74,81 |
| 26. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (S) 7 см | 2542 | 70,59 | 54,25 | 76,85 |
| 27. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (V) 7 см | 2543 | 71,49 | 54,07 | 75,63 |
| 28. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (M) 7 см | 2544 | 77,55 | 57,81 | 74,55 |
| 29. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (S) 7 см | 2545 | 77,65 | 58,56 | 75,42 |
| 30. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (V) 7 см | 2546 | 77,88 | 59,35 | 76,21 |
| 31. | Зерно кукурудзи DK 315 (M) 7 см | 2547 | 71,27 | 53,74 | 75,40 |
| 32. | Зерно кукурудзи DK 315 (S) 7 см | 2548 | 70,89 | 54,49 | 76,87 |
| 33. | Зерно кукурудзи DK 315 (V) 7 см | 2549 | 72,56 | 55,83 | 76,94 |
| 34. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (M) 7 см | 2550 | 68,48 | 50,32 | 73,48 |
| 35. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (S) 7 см | 2551 | 69,47 | 53,66 | 77,24 |
| 36. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (V) 7 см | 2552 | 68,45 | 52,41 | 76,57 |
| 37. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (M) 11 см | 2553 | 81,56 | 59,64 | 73,12 |
| 38. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (S) 11 см | 2554 | 82,69 | 62,07 | 75,06 |
| 39. | Зерно кукурудзи DKC 2960 (V) 11 см | 2555 | 83,56 | 61,8 | 73,96 |
| 40. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (M) 11 см | 2556 | 81,49 | 58,72 | 72,06 |
| 41. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (S) 11 см | 2557 | 82,40 | 61,3 | 74,39 |
| 42. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (V) 11 см | 2558 | 82,77 | 60,84 | 73,50 |
| 43. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (M) 11 см | 2559 | 70,89 | 53,24 | 75,10 |
| 44. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (S) 11 см | 2560 | 71,28 | 54,27 | 76,14 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 45. | Зерно кукурудзи DKC 3472 (V) 11 см | 2561 | 70,56 | 53,3 | 75,54 |
| 46. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (M) 11 см | 2562 | 78,49 | 58,08 | 74,00 |
| 47. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (S) 11 см | 2563 | 78,56 | 59,92 | 76,27 |
| 48. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (V) 11 см | 2564 | 76,56 | 57,99 | 75,74 |
| 49. | Зерно кукурудзи DK 315 (M) 11 см | 2565 | 72,56 | 54,21 | 74,71 |
| 50. | Зерно кукурудзи DK 315 (S) 11 см | 2566 | 71,35 | 54,24 | 76,02 |
| 51. | Зерно кукурудзи DK 315 (V) 11 см | 2567 | 70,80 | 53,58 | 75,68 |
| 52. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (M) 11 см | 2568 | 69,54 | 51,9 | 74,63 |
| 53. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (S) 11 см | 2569 | 68,71 | 52,73 | 76,74 |
| 54. | Зерно кукурудзи DKC 4082 (V) 11 см | 2570 | 68,56 | 52,04 | 75,90 |

Завідувач відділу оцінки якості,
безпеки кормів і сировини,
кандидат с.-г. наук **Л.П. Чорнолата**

**Результати випробувань: Вміст крохмалю (2016 рік):**

| № | Назва зразка | Суха речовина,% | Крохмаль в натуральній речовині,% | Крохмаль в АСР, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (контроль) | 82,25 | 59,91 | 72,84 |
| 2. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біомаг 5-7) | 81,92 | 60,08 | 73,34 |
| 3. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біомаг 10-12) | 83,25 | 61,57 | 73,96 |
| 4. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (росток 5-7) | 82,30 | 60,46 | 73,46 |
| 5. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (росток 10-12) | 82,46 | 60,67 | 73,58 |
| 6. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (моноцинк 5-7) | 82,55 | 61,55 | 74,56 |
| 7. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (моноцинк 10-12) | 81,63 | 61,19 | 74,96 |
| 8. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біом+рост 5-7) | 83,05 | 61,38 | 73,91 |
| 9. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біом+рост 10-12) | 83,13 | 62,09 | 74,69 |
| 10. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біом+моноц 5-7) | 83,76 | 62,52 | 74,64 |
| 11. | Зерно кукурудзи Харків. 195МВ (біом+моноц 10-12) | 82,55 | 61,84 | 74,91 |
| 12. | Зерно кукурудзи ДКС 2971 (контроль) | 81,21 | 58,46 | 71,99 |
| 13. | Зерно кукурудзи ДКС 2971 (біомаг 5-7) | 79,15 | 57,37 | 72,48 |
| 14. | Зерно кукурудзи ДКС 2971 (біомаг 10-12) | 80,98 | 59,08 | 72,96 |
| 15. | Зерно кукурудзи ДКС 2971 (росток 5-7) | 81,55 | 59,33 | 72,75 |
| 16. | Зерно кукурудзи ДКС 2971 (росток 10-12) | 79,23 | 58,01 | 73,22 |
| 17. | Зерно кукурудзи ДКС 2971 (моноцинк 5-7) | 79,94 | 58,80 | 73,56 |
| 18. | Зерно кукурудзи ДКС 2971 (моноцинк 10-12) | 80,25 | 59,82 | 74,54 |
| 19. | Зерно кукурудзи ДКС 2971(біом+рост 5-7) | 80,40 | 58,65 | 72,95 |
| 20. | Зерно кукурудзи ДКС 2971 (біом+рост 10-12) | 82,87 | 60,77 | 73,33 |
| 21. | Зерно кукурудзи ДКС 2971(біом+моноц 5-7) | 80,14 | 59,36 | 74,07 |
| 22. | Зерно кукурудзи ДКС 2971 (біом+моноц 10-12) | 81,55 | 61,05 | 74,86 |
| 23. | Зерно кукурудзи ДКС 3795 (контроль) | 77,54 | 57,49 | 74,14 |
| 24. | Зерно кукурудзи ДКС 3795 (біомаг 5-7) | 77,61 | 58,18 | 74,96 |
| 25. | Зерно кукурудзи ДКС 3795 (біомаг 10-12) | 77,67 | 58,90 | 75,83 |
| 26. | Зерно кукурудзи ДКС 3795 (росток 5-7) | 78,64 | 58,94 | 74,95 |
| 27. | Зерно кукурудзи ДКС 3795 (росток 10-12) | 80,84 | 60,77 | 75,17 |
| 28. | Зерно кукурудзи ДКС 3795 (моноцинк 5-7) | 77,95 | 58,05 | 74,47 |
| 29. | Зерно кукурудзи ДКС 3795 (моноцинк 10-12) | 79,95 | 60,33 | 75,46 |
| 30. | Зерно кукурудзи ДКС 3795(біом+рост 5-7) | 78,60 | 58,34 | 74,22 |
| 31. | Зерно кукурудзи ДКС 3795 (біом+рост 10-12) | 78,59 | 58,70 | 74,69 |
| 32. | Зерно кукурудзи ДКС 3795(біом+моноц 5-7) | 78,64 | 58,96 | 74,97 |
| 33. | Зерно кукурудзи ДКС 3795 (біом+моноц 10-12) | 77,73 | 58,85 | 75,71 |
| 34. | Зерно кукурудзи ДКС 3871 (контроль) | 71,55 | 53,83 | 75,23 |
| 35. | Зерно кукурудзи ДКС 3871 (біомаг 5-7) | 71,94 | 54,22 | 75,37 |
| 36. | Зерно кукурудзи ДКС 3871 (біомаг 10-12) | 72,04 | 54,36 | 75,46 |
| 37. | Зерно кукурудзи ДКС 3871 (росток 5-7) | 72,20 | 54,63 | 75,66 |
| 38. | Зерно кукурудзи ДКС 3871 (росток 10-12) | 72,57 | 55,49 | 76,46 |
| 39. | Зерно кукурудзи ДКС 3871 (моноцинк 5-7) | 71,80 | 54,16 | 75,43 |
| 40. | Зерно кукурудзи ДКС 3871 (моноцинк 10-12) | 72,17 | 54,65 | 75,72 |
| 41. | Зерно кукурудзи ДКС 3871 (біом+рост 5-7) | 73,37 | 55,86 | 76,13 |
| 42. | Зерно кукурудзи ДКС 3871 (біом+рост 10-12) | 73,64 | 56,45 | 76,66 |
| 43. | Зерно кукурудзи ДКС 3871 (біом+моноц 5-7) | 73,29 | 56,00 | 76,41 |
| 44. | Зерно кукурудзи ДКС 3871 (біом+моноц 10-12) | 73,13 | 56,19 | 76,84 |
| 45. | Зерно кукурудзи ДК 315 (контроль) | 71,27 | 53,73 | 75,39 |
| 46. | Зерно кукурудзи ДК 315 (біомаг 5-7) | 71,85 | 54,38 | 75,69 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 47. | Зерно кукурудзи DK 315 (біомаг 10-12) | 72,15 | 54,79 | 75,94 |
| 48. | Зерно кукурудзи DK 315 (росток 5-7) | 72,66 | 55,32 | 76,14 |
| 49. | Зерно кукурудзи DK 315 (росток 10-12) | 72,22 | 55,36 | 76,66 |
| 50. | Зерно кукурудзи DK 315 (моноцинк 5-7) | 71,58 | 54,53 | 76,18 |
| 51. | Зерно кукурудзи DK 315 (моноцинк 10-12) | 71,31 | 54,65 | 76,64 |
| 52. | Зерно кукурудзи DK 315 (біом+рост 5-7) | 72,07 | 55,38 | 7[illegible],84 |
| 53. | Зерно кукурудзи DK 315 (біом+рост 10-12) | 73,10 | 56,23 | 76,92 |
| 54. | Зерно кукурудзи DK 315 (біом+моноц 5-7) | 72,96 | 56,14 | 7[illegible],95 |
| 55. | Зерно кукурудзи DK 315 (біом+моноц 10-12) | 72,11 | 55,52 | [illegible]6,99 |
| 56. | Зерно кукурудзи DK 440 (контроль) | 70,79 | 53,18 | 75,12 |
| 57. | Зерно кукурудзи DK 440 (біомаг 5-7) | 70,83 | 53,62 | 75,70 |
| 58. | Зерно кукурудзи DK 440 (біомаг 10-12) | 70,67 | 53,88 | 76,24 |
| 59. | Зерно кукурудзи DK 440 (росток 5-7) | 71,55 | 54,86 | 76,67 |
| 60. | Зерно кукурудзи DK 440 (росток 10-12) | 70,67 | 54,35 | 76,91 |
| 61. | Зерно кукурудзи DK 440 (моноцинк 5-7) | 71,82 | 54,55 | 75,95 |
| 62. | Зерно кукурудзи DK 440 (моноцинк 10-12) | 71,56 | 55,05 | 76,93 |
| 63. | Зерно кукурудзи DK 440 (біом+рост 5-7) | 70,34 | 53,96 | 76,71 |
| 64. | Зерно кукурудзи DK 440 (біом+рост 10-12) | 70,89 | 54,54 | 76,94 |
| 65. | Зерно кукурудзи DK 440 (біом+моноц 5-7) | 70,45 | 54,23 | 7[illegible],98 |
| 66. | Зерно кукурудзи DK 440 (біом+моноц 10-12) | 71,11 | 54,95 | [illegible]7,27 |

Завідувач відділу зоотехнічної оцінки
та стандартизації кормів,
кандидат с.-г. наук **Л.П. Чорнолата**

*Додаток 15*

**Результати випробувань: Вміст крохмалю (2017 рік):**

| № | Назва зразка | Суха речовина,% | Крохмаль в натуральній речовині,% | Крохмаль в АСР, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (контроль) | 81,07 | 58,68 | 72,38 |
| 2. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біомаг 5-7) | 81,70 | 59,76 | 73,15 |
| 3. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біомаг 10-12) | 81,73 | 60,12 | 73,56 |
| 4. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (росток 5-7) | 80,89 | 59,25 | 73,25 |
| 5. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (росток 10-12) | 82,35 | 60,57 | 73,55 |
| 6. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (моноцинк 5-7) | 80,55 | 59,81 | 74,25 |
| 7. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (моноцинк 10-12) | 80,23 | 60,13 | 74,95 |
| 8. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біом+рост 5-7) | 80,95 | 59,48 | 73,48 |
| 9. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біом+рост 10-12) | 81,20 | 60,27 | 74,22 |
| 10. | Зерно кукурудзи Харківський 195МВ (біом+моноц 5-7) | 81,64 | 60,54 | 74,15 |
| 11. | Зерно кукурудзи Харків. 195МВ (біом+моноц 10-12) | 81,85 | 61,01 | 74,54 |
| 12. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (контроль) | 80,49 | 57,4 | 71,31 |
| 13. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біомаг 5-7) | 80,25 | 57,82 | 72,05 |
| 14. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біомаг 10-12) | 80,05 | 58,16 | 72,65 |
| 15. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (росток 5-7) | 81,60 | 59,05 | 72,37 |
| 16. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (росток 10-12) | 81,55 | 59,58 | 73,06 |
| 17. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (моноцинк 5-7) | 80,71 | 59,15 | 73,29 |
| 18. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (моноцинк 10-12) | 80,85 | 59,98 | 74,19 |
| 19. | Зерно кукурудзи DKC 2971(біом+рост 5-7) | 80,12 | 57,97 | 72,35 |
| 20. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біом+рост 10-12) | 80,65 | 58,85 | 72,97 |
| 21. | Зерно кукурудзи DKC 2971(біом+моноц 5-7) | 80,17 | 59,10 | 73,72 |
| 22. | Зерно кукурудзи DKC 2971 (біом+моноц 10-12) | 80,22 | 59,64 | 74,35 |
| 23. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (контроль) | 77,55 | 56,6 | 72,99 |
| 24. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (біомаг 5-7) | 79,10 | 59,11 | 74,73 |
| 25. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (біомаг 10-12) | 79,05 | 59,49 | 75,26 |
| 26. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (росток 5-7) | 79,56 | 58,92 | 74,06 |
| 27. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (росток 10-12) | 78,36 | 58,29 | 74,39 |
| 28. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (моноцинк 5-7) | 78,45 | 58,02 | 73,96 |
| 29. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (моноцинк 10-12) | 78,58 | 59,21 | 75,35 |
| 30. | Зерно кукурудзи DKC 3795(біом+рост 5-7) | 79,67 | 58,54 | 73,48 |
| 31. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (біом+рост 10-12) | 79,98 | 59,48 | 74,37 |
| 32. | Зерно кукурудзи DKC 3795(біом+моноц 5-7) | 79,66 | 59,60 | 74,82 |
| 33. | Зерно кукурудзи DKC 3795 (біом+моноц 10-12) | 79,93 | 60,31 | 75,45 |
| 34. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (контроль) | 71,57 | 53,59 | 74,88 |
| 35. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біомаг 5-7) | 71,73 | 53,92 | 75,17 |
| 36. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біомаг 10-12) | 71,17 | 53,61 | 75,33 |
| 37. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (росток 5-7) | 73,78 | 55,71 | 75,51 |
| 38. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (росток 10-12) | 72,88 | 55,59 | 76,28 |
| 39. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (моноцинк 5-7) | 72,22 | 54,41 | 75,34 |
| 40. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (моноцинк 10-12) | 72,06 | 54,50 | 75,63 |
| 41. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біом+рост 5-7) | 71,61 | 54,31 | 75,84 |
| 42. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біом+рост 10-12) | 71,97 | 54,87 | 76,24 |
| 43. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біом+моноц 5-7) | 71,53 | 54,40 | 76,05 |
| 44. | Зерно кукурудзи DKC 3871 (біом+моноц 10-12) | 71,95 | 55,22 | 76,75 |
| 45. | Зерно кукурудзи DK 315 (контроль) | 71,27 | 53,36 | 74,87 |
| 46. | Зерно кукурудзи DK 315 (біомаг 5-7) | 71,37 | 53,78 | 75,35 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 47. | Зерно кукурудзи DK 315 (біомаг 10-12) | 71,56 | 54,19 | 75,73 |
| 48. | Зерно кукурудзи DK 315 (росток 5-7) | 72,55 | 55,10 | 75,95 |
| 49. | Зерно кукурудзи DK 315 (росток 10-12) | 71,66 | 54,63 | 76,23 |
| 50. | Зерно кукурудзи DK 315 (моноцинк 5-7) | 71,17 | 54,01 | 75,89 |
| 51. | Зерно кукурудзи DK 315 (моноцинк 10-12) | 72,56 | 55,40 | 76,35 |
| 52. | Зерно кукурудзи DK 315 (біом+рост 5-7) | 72,19 | 54,97 | 76,15 |
| 53. | Зерно кукурудзи DK 315 (біом+рост 10-12) | 72,56 | 55,55 | 76,56 |
| 54. | Зерно кукурудзи DK 315 (біом+моноц 5-7) | 72,32 | 55,45 | 76,67 |
| 55. | Зерно кукурудзи DK 315 (біом+моноц 10-12) | 72,06 | 55,38 | 76,85 |
| 56. | Зерно кукурудзи DK 440 (контроль) | 71,81 | 53,56 | 74,59 |
| 57. | Зерно кукурудзи DK 440 (біомаг 5-7) | 71,45 | 53,76 | 75,24 |
| 58. | Зерно кукурудзи DK 440 (біомаг 10-12) | 71,62 | 54,35 | 75,89 |
| 59. | Зерно кукурудзи DK 440 (росток 5-7) | 72,42 | 55,29 | 76,35 |
| 60. | Зерно кукурудзи DK 440 (росток 10-12) | 72,84 | 55,93 | 76,78 |
| 61. | Зерно кукурудзи DK 440 (моноцинк 5-7) | 71,61 | 53,96 | 75,35 |
| 62. | Зерно кукурудзи DK 440 (моноцинк 10-12) | 72,04 | 55,14 | 76,54 |
| 63. | Зерно кукурудзи DK 440 (біом+рост 5-7) | 72,35 | 55,26 | 76,38 |
| 64. | Зерно кукурудзи DK 440 (біом+рост 10-12) | 72,65 | 55,70 | 76,67 |
| 65. | Зерно кукурудзи DK 440 (біом+моноц 5-7) | 72,35 | 55,60 | 76,85 |
| 66. | Зерно кукурудзи DK 440 (біом+моноц 10-12) | 72,57 | 55,89 | 77,02 |

Завідувач відділу зоотехнічної оцінки
та стандартизації кормів,
кандидат с.-г. наук **Л.П. Чорнолата**

Підписано до друку 29.10.2021
Формат 60х84/16. Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура
Times new roman. Умовних друкованих аркушів 15
Наклад 100 прим. За. № 2910
Видавець ФОП Кушнір Ю.В.
Реєстраційне свідоцтво про внесення суб’єкта
видавничої справидо Державного реєстру видавців
серія ДК № 5909 від 18.09.2017 р.
Віддруковано з оригіналу макету замовника в
ТОВ «Друк плюс» м. Вінниця, вул. 600-річчя, 25, 21027.