МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Спеціальність Н1 Агрономія

Допускається до захисту
завідувач кафедри рослинництва та
цифрових технологій в агрономії
доцент_____ Панченко Т.В.
«__» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН В УМОВАХ НВЦ БНАУ

Рівень вищої освіти: другий (магістерський рівень)
Кваліфікація: «Магістр з агрономії»

Виконав: Могиляк Богдан Геннадійович _____
прізвище, ім'я, по батькові *підпис*

Керівник: професор Грабовський М.Б. _____
вчене звання, прізвище, ініціали *підпис*

Біла Церква – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Агробіотехнологічний факультет
Спеціальність Н1 Агрономія

Затверджую
Гарант ОП «Агрономія»
професор_____Грабовський М.Б.
«04» вересня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувачу

Могиляку Богдану Геннадійовичу

Тема: «Формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від рівня удобрення та густоти рослин в умовах НВЦ БНАУ»
Затверджено наказом ректора №496/С від 04.11.2025 р.

Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи до 17.11.2026 р.

Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані: огляд наукової літератури з вивчення густоти рослин та застосування добрив у технології кукурудзи; ґрунтово-кліматичні умови господарства; методика проведення досліджень; аналіз результатів досліджень з вивченню впливу густоти рослин та добрив на ріст, розвиток і продуктивність кукурудзи; економічна оцінка результатів досліду.

Календарний план виконання роботи

Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури	до 14.09.2026	виконано
Методична частина	до 21.09.2026	виконано
Дослідницька частина	до 25.10.2026	виконано
Оформлення роботи	до 17.11.2026	виконано
Перевірка на плагіат	до 01.11.2026	виконано
Подання на рецензування	до 09.11.2026	виконано
Попередній розгляд на кафедрі	05.11.2026	виконано
Розміщення в репозитарії БНАУ з накладанням КЕП	до 22.11.2026	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи _____ професор Грабовський М.Б.
підпис *вчене звання, прізвище, ініціали*

Здобувач _____ Могиляк Б.Г.
підпис *прізвище, ініціали*

Дата отримання завдання «04» вересня 2025 р.

ДЕКЛАРАЦІЯ
про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи

Я, Могиляк Богдан Геннадійович здобувач другого рівня вищої освіти за освітньою програмою Н1 Агрономія, підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми:

«Формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від рівня удобрення та густоти рослин в умовах НВЦ БНАУ» виконано мною з дотриманням принципів і правил академічної доброчесності.

Підтверджую, що:

- роботу виконано особисто на основі власних розробок і суджень;
- у роботі належним чином зазначено авторство та джерела використаних текстів, ідей, даних, зображень та інших матеріалів;
- наведені результати дослідження, дані та висновки є достовірними;
- робота не містить свідомо сфабрикованої чи сфальсифікованої інформації.

У процесі виконання роботи було використано інструменти штучного інтелекту, зокрема для оформлення та редагування тексту (Gemini), для перекладу тексту (Google Translate). Відомості про це наведено в роботі згідно з вимогами законодавства та встановленими правилами академічної доброчесності.

Я усвідомлюю відповідальність за зміст кваліфікаційної роботи та дотримання вимог академічної доброчесності під час її підготовки.

Дата: 20.11.2026

РЕФЕРАТ

Могиляк Б.Г. Формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від рівня удобрення та густоти рослин в умовах НВЦ БНАУ

Встановлено, що інтеграція біопрепарату на фоні мінеральних добрив потужно стимулює інтенсивність наростання вегетативної маси, лінійних розмірів рослин та оптимізує фотосинтетичні показники. Максимальна висота рослин (239,3 см у ДН Велд та 229,6 см у ДН Стяг) була зафіксована за густоти 70 тис. шт/га на фоні удобрення $N_{100}P_{50}$ + BioStim Forte 0,25 л/га. За цих же умов агроценоз формував найбільшу площу листкової поверхні у фазу цвітіння (до 43,6 тис. $м^2$/га) та накопичував максимальну кількість сухої біомаси на момент воскової стиглості.

Аналіз елементів структури врожаю засвідчив, що найвищі індивідуальні показники рослин (кількість зерен у ряді, маса зерна з качана 174,5–184,4 г, маса 1000 зерен 310,7–330,1 г) формувалися на розріджених посівах (50 тис. шт/га) за інтенсивного трофічного забезпечення. Незважаючи на це, найвища загальна врожайність зерна (10,00 т/га для гібрида ДН Стяг та 9,49 т/га для ДН Велд) досягалася завдяки збільшенню густоти ценозу до 70 тис. шт/га при застосуванні мінерального фону $N_{100}P_{50}$ та максимальної дози біодобрива 0,25 л/га.

Економічна оцінка доводить, що отримання максимальної врожайності за рахунок високих норм добрив не гарантує найвищої рентабельності виробництва через закон спадної віддачі. Найефективнішою та найбільш фінансово доцільною визнана ресурсоощадна модель технології: загущення посіву до 70 тис. шт/га на фоні зниженої норми мінеральних добрив $N_{80}P_{40}$ із внесенням 0,25 л/га BioStim Forte. Завдяки раціональному використанню ресурсів ця технологія забезпечила рекордний рівень рентабельності 126,1 % для гібрида ДН Стяг та 106,4 % для гібрида ДН Велд.

Ключові слова: *кукурудза, гібрид, густота стояння, біодобриво, економічна ефективність.*

ANNOTATION

Mogilyak B.G. Determinants of grain yield in maize hybrids of different maturity groups depending on fertilization level and plant density at the Research Station of the BTNAU

It was established that the integration of the biological preparation against the background of mineral fertilizers powerfully stimulates the intensity of vegetative mass accumulation, linear dimensions of plants, and optimizes photosynthetic indicators. The maximum plant height (239.3 cm for DN Veld and 229.6 cm for DN Stiah) was recorded at a density of 70 thousand plants/ha against the background of $N_{100}P_{50}$ fertilization + BioStim Forte 0.25 L/ha. Under the same conditions, the agrocenosis formed the largest leaf surface area in the flowering phase (up to 43.6 thousand m^2/ha) and accumulated the maximum amount of dry biomass at the time of wax ripeness.

Analysis of the yield structure elements showed that the highest individual plant indicators (number of grains per row, grain weight per ear 174.5–184.4 g, 1000-grain weight 310.7–330.1 g) were formed on thinned sowings (50 thousand plants/ha) under intensive trophic provision. Despite this, the highest overall grain yield (10.00 t/ha for the DN Stiah hybrid and 9.49 t/ha for DN Veld) was achieved by increasing the cenosis density to 70 thousand plants/ha while applying the mineral background $N_{100}P_{50}$ and the maximum studied dose of bio-fertilizer 0.25 L/ha.

The economic assessment proves that obtaining the maximum yield at the expense of high fertilizer rates does not guarantee the highest production profitability due to the law of diminishing returns. The resource-saving technology model was recognized as the most effective and financially feasible: increasing the plant density to 70 thousand plants/ha against the background of a reduced mineral fertilizer rate $N_{80}P_{40}$ with the application of 0.25 L/ha BioStim Forte. Thanks to the rational use of resources, this technology provided a record profitability level of 126.1% for the DN Stiah hybrid and 106.4% for the DN Veld hybrid.

Keywords: *maize, hybrid, plant density, bio-fertilizer, economic efficiency.*

ЗМІСТ

Вступ 7
Розділ 1. Огляд літератури..... 9
Розділ 2. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень..... 21
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови ……..... 21
2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень..... 23
Розділ 3. Мета, завдання і методика проведення досліджень..... 26
3.1. Мета та завдання досліджень…… 26
3.2. Схема досліду та методики досліджень…… 26
3.3. Характеристика гібридів кукурудзи та добрива BioStim Forte… 27
3.4. Технологія вирощування досліджуваних гібридів кукурудзи у досліді……. 30
Розділ 4. Результати досліджень…….. 32
4.1. Вплив рівня удобрення та густоти рослин на формування висоти рослин гібридів кукурудзи..... 32
4.2. Формування площі листкової поверхні гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних факторів…….. 34
4.3. Динаміка накопичення сухої речовини посівами кукурудзи залежно від рівня удобрення та густоти рослин…… 38
4.4. Вплив досліджуваних факторів на індивідуальну зернову продуктивність рослин гібридів кукурудзи..... 39
4.5. Урожайність зерна гібридів кукурудзи……. 45
4.6. Економічна ефективність вирощування кукурудзи..... 48
Висновки 54
Рекомендації виробництву…… 56
Список використаних джерел..... 57

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Кукурудза є однією з найважливіших стратегічних сільськогосподарських культур, яка відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої, кормової та енергетичної безпеки. В умовах сьогодення, які характеризуються стрімким зростанням вартості матеріально-технічних ресурсів, зокрема мінеральних добрив, а також глобальними змінами клімату, традиційні екстенсивні підходи до вирощування цієї культури втрачають свою рентабельність. Аграрне виробництво потребує переходу до інноваційних, ресурсоощадних та екологічно безпечних технологій. Поява на ринку нових високопродуктивних гібридів кукурудзи, таких як ДН Стяг та ДН Велд, вимагає детального уточнення для них оптимальної передзбиральної густоти стояння рослин та ефективних схем комплексного живлення. Тому дослідження впливу мінеральних добрив у поєднанні з біопрепаратом BioStim Forte на продуктивність кукурудзи за різної густоти ценозу є надзвичайно актуальним, своєчасним і має вагоме значення для аграрної науки та практики.

Мета досліджень полягала у встановлені закономірностей формування врожайності кукурудзи залежно від використання біологічного добрива та густоти рослин в умовах в умовах НВЦ БНАУ.

Об’єктом дослідження є процеси росту, розвитку, формування фотосинтетичного апарату, індивідуальної продуктивності, врожайності зерна та економічної ефективності гібридів кукурудзи.

Предметом дослідження виступають гібриди кукурудзи ДН Стяг та ДН Велд, передзбиральна густота стояння рослин, норми мінеральних добрив, норми внесення біологічного препарату BioStim Forte (0,15 та 0,25 л/га).

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань у роботі застосовувався комплекс загальнонаукових та спеціальних методів: польовий; фенологічний; біометричний; ваговий; розрахунково-порівняльний; математико-статистичний (дисперсійний та кореляційно-регресійний аналіз).

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що проведено комплексну оцінку сумісної дії знижених норм мінеральних добрив та передпосівного застосування біологічного добрива BioStim Forte на фоні різної густоти стояння рослин сучасних гібридів кукурудзи ДН Стяг і ДН Велд. Встановлено закономірності формування асиміляційного апарату, накопичення сухої біомаси та елементів структури качана під впливом досліджуваних факторів.

Практичне значення отриманих результатів. На основі проведених досліджень сільськогосподарському виробництву запропоновано технологію вирощування гібридів кукурудзи ДН Стяг і ДН Велд. Виробниче впровадження моделі технології, яка передбачає посів із густотою 70 тисяч рослин на гектар, внесення мінеральних добрив у дозі $N_{80}P_{40}$ та застосування у передпосівну культивацію біодобрива BioStim Forte у нормі 0,25 л/га, дозволяє господарствам суттєво заощадити кошти на придбанні міндобрив. Розроблені рекомендації можуть бути успішно використані аграрними підприємствами різних форм власності в зоні Лісостепу.

РОЗДІЛ 1
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Кукурудза (Zea mays L.) є однією з найважливіших і найпоширеніших сільськогосподарських культур у світовому землеробстві, яка завдяки своїй універсальності та надзвичайно високому генетичному потенціалу врожайності відіграє ключову роль у забезпеченні глобальної продовольчої, кормової та енергетичної безпеки. В Україні, яка володіє унікальними ґрунтово-кліматичними ресурсами, кукурудза традиційно займає провідні позиції в структурі посівних площ. Висока продуктивність цієї культури зумовлена насамперед її біологічною природою: належність до С4-типу фотосинтезу дозволяє їй значно ефективніше, порівняно з С3-культурами (пшениця, ячмінь, соя), асимілювати вуглекислий газ та трансформувати сонячну радіацію в органічну речовину, особливо за умов підвищених температур та інтенсивного освітлення [28, 57, 66].

Процес формування врожаю кукурудзи є складною інтегральною функцією, яка залежить від синергетичної взаємодії багатьох ендогенних (генетичні особливості гібрида, група стиглості за ФАО) та екзогенних факторів (агрокліматичні умови року вирощування, рівень мінерального живлення, густота стояння рослин, система захисту від шкідливих організмів тощо). Серед керованих технологічних чинників найбільш вагомий вплив на реалізацію продуктивного потенціалу культури здійснюють оптимізація системи удобрення та просторове розміщення рослин у посіві (густота стояння та ширина міжрядь). Сучасні високопродуктивні гібриди інтенсивного типу здатні формувати врожайність зерна на рівні 12–15 т/га і більше, проте досягнення таких показників неможливе без глибокого розуміння фізіологічних потреб рослин на кожному етапі онтогенезу та їх своєчасного і повного задоволення [50, 77].

Особливістю сучасного етапу розвитку аграрної науки є перехід від екстенсивних до інтенсивних, біологізованих та ресурсоощадних технологій

вирощування. Це вимагає комплексного підходу до управління формуванням урожайності, який базується на точній діагностиці живлення, використанні регуляторів росту, мікробіологічних препаратів нового покоління та оптимізації архітектоніки посіву залежно від конкретних ґрунтово-кліматичних умов [8, 35].

Кукурудза характеризується специфічними та надзвичайно високими вимогами до забезпечення елементами мінерального живлення, що пояснюється інтенсивним накопиченням величезної вегетативної маси протягом порівняно короткого періоду часу. Коренева система цієї культури мичкувата і складається з трьох типів коренів: зародкових (первинних), вузлових (вторинних) та опорних (повітряних). На початкових етапах вегетаційного періоду (від сходів до фази 3-4 листків) інтенсивність росту надземної частини значно випереджає розвиток кореневої системи. Первинні корені розвиваються повільно і функціонують переважно у верхньому, часто пересушеному шарі ґрунту [46, 56].

Ця фізіологічна особливість зумовлює вкрай низьку здатність молодих рослин ефективно засвоювати поживні речовини з ґрунтового розчину в критичний період закладання елементів продуктивності. Саме тому агрономічна наука наполягає на необхідності внесення стартових добрив у локальний спосіб під час сівби. Такі добрива мають містити елементи у легкодоступних, водорозчинних формах (передусім фосфор та азот), що стимулює початковий ріст кореневої системи, дозволяє рослині швидко подолати стрес і перейти до автотрофного живлення. Згодом, по мірі утворення потужної системи вторинних вузлових коренів (починаючи з фази 6-8 листків), кукурудза набуває здатності активно екстрагувати необхідні макро- та мікроелементи з набагато глибших ґрунтових горизонтів (до 1,5–2,0 метрів) [11, 47, 76].

Динаміка споживання поживних речовин рослинами кукурудзи відзначається суттєвою нерівномірністю протягом вегетації. До настання фази формування восьмого справжнього листка культура споживає лише мізерну частку від своєї загальної сезонної потреби в поживних речовинах (близько 2–5% азоту, 1–2% фосфору і 3–4% калію). Однак у цей період закладаються репродуктивні органи (волоть і приймочки), тому навіть тимчасовий дефіцит

живлення на ранніх етапах призводить до незворотного зниження потенційної кількості зерен у качані. Період найбільш інтенсивного, лавинного поглинання елементів живлення розпочинається за 10–14 днів до викидання волоті і триває до стадії молочної стиглості зерна. У цей час, який є критичним щодо вологозабезпечення та живлення, кукурудза засвоює від 70% до 85% від усієї необхідної кількості елементів живлення. Варто зазначити, що акумуляція азотних та фосфорних сполук, хоч і з меншою інтенсивністю, не припиняється і продовжується навіть під час фази наливу та фізіологічного достигання зерна [30, 54].

Отже, стратегія системи удобрення має бути побудована таким чином, щоб забезпечити безперебійне надходження необхідних елементів синхронно з кривою фізіологічної потреби рослинного організму.

Азот є основним «будівельним матеріалом» для рослин кукурудзи, базисом для синтезу амінокислот, білків, нуклеїнових кислот та хлорофілу. Нестача азоту миттєво позначається на рості: рослини стають пригніченими, набувають блідо-зеленого або жовтуватого забарвлення, починаючи зі старих нижніх листків (через високу реутилізаційну здатність азоту). Дефіцит азоту в період закладки качанів призводить до зменшення кількості рядів зерен та зерен у ряду, а нестача під час наливу до формування щуплого зерна з низьким вмістом білка [28].

Водночас, надмірне азотне живлення, особливо на фоні нестачі фосфору і калію, стимулює буйний ріст вегетативної маси на шкоду генеративним органам, подовжує вегетаційний період, робить тканини пухкими, що знижує стійкість до хвороб, вилягання та подовжує час дозрівання [10, 64].

Фосфор відіграє незамінну роль в енергетичному обміні клітини (АТФ, АДФ), процесах фосфорилювання, фотосинтезі та диханні. Його значення особливо велике на двох етапах онтогенезу: на початку вегетації для стимулювання росту кореневої системи та закладання генеративних органів, і в період цвітіння та дозрівання для прискорення наливу зерна, поліпшення його якості (збільшення вмісту крохмалю та жиру). Ознакою фосфорного

голодування є поява фіолетового, пурпурового або червонуватого антоціанового забарвлення на краях нижніх листків. Це часто спостерігається весною за умов тривалих похолодань, коли навіть за достатнього вмісту фосфору в ґрунті його засвоєння кореневою системою блокується низькими температурами [41, 53].

Калій має надзвичайно важливе фізіологічне значення для кукурудзи, яка є культурою з високим вмістом вуглеводів. Калій не входить до складу органічних сполук рослини, але виступає каталізатором багатьох ферментативних реакцій. Він оптимізує водний баланс, регулюючи роботу продихового апарату, підвищує посухостійкість та зимостійкість, посилює відтік вуглеводів з листків до качанів. Завдяки калію суттєво зміцнюються механічні тканини (склеренхіма) стебла, що запобігає виляганню посівів навіть при високій густоті стояння. Крім того, достатнє калійне забезпечення підвищує імунітет рослин і резистентність до ураження збудниками кореневих і стеблових гнилей. Нестача калію проявляється у вигляді крайового опіку (некрозу) листків. Дослідження показують, що максимальна потреба у калію припадає на період інтенсивного росту стебла до викидання волоті [6, 45, 71].

Окрім класичних макроелементів (NPK), повноцінне живлення кукурудзи неможливе без забезпечення мезоелементами (сірка, магній, кальцій) та мікроелементами (цинк, марганець, бор, мідь, залізо, молібден). Сучасні тенденції хімізації землеробства, спрямовані на використання висококонцентрованих комплексних добрив, очищених від домішок, призвели до поступового виснаження запасів мікроелементів у ґрунтах України.

Магній є центральним у молекулі хлорофілу (до 20% від загального вмісту магнію в рослині), а також бере участь в активації ферментів синтезу вуглеводів та транспортуванні фосфору. Його дефіцит викликає міжжилковий хлороз на старих листках. Сірка входить до складу незамінних амінокислот (цистеїн, метіонін) і є необхідною для синтезу білків. Сучасна тенденція до зниження концентрації діоксиду сірки в атмосферних опадах зумовила зростаючу потребу у сульфатних формах добрив. Значна частка ґрунтової сірки іммобілізована в органічній речовині і стає доступною лише після мікробіологічної мінералізації.

В умовах легких за механічним складом ґрунтів інтенсивно промивного режиму сульфати легко мігрують у нижні шари, тому сірку необхідно вносити систематично [1, 54, 66].

Кукурудза належить до культур-індикаторів, які надзвичайно гостро реагують на дефіцит цинку та виявляють середню або підвищену чутливість до нестачі марганцю і бору. Для формування 1 тон зерна з відповідною кількістю листостеблової маси культура виносить з ґрунту до 350-400 г/га цинку, близько 80 г/га марганцю, 70 г/га бору та 50-60 г/га міді [42, 60].

Дефіцит цинку найчастіше проявляється не через відсутність елемента в ґрунті, а внаслідок його переходу у важкодоступні форми (ретроградація). Це масово спостерігається на карбонатних ґрунтах, за умов високого рівня pH, а також при внесенні надвисоких доз фосфорних добрив, які утворюють з цинком нерозчинні фосфати цинку. Візуальні симптоми дефіциту цинку (блідо-жовті або білі смуги між жилками на молодих листках) з'являються вже на ранніх етапах вегетації. Цинк є структурним компонентом ферментів, що беруть участь у синтезі ауксинів – гормонів росту. За його нестачі рослини набувають карликового вигляду через скорочення міжвузлів. Оперативним вирішенням цієї проблеми є фоліарне внесення водорозчинних (хелатних) цинковмісних композицій або ж інкрустація насіння перед сівбою. Обробка насіння цинком значно підвищує енергію проростання та стимулює інтенсивний розвиток кореневих волосків [17, 23, 59].

Бор відіграє фундаментальну роль у репродуктивних процесах. Він відповідає за формування пилку, оптимізує процеси проростання пилкового зерна, ріст пилкової трубки по приймочці та безпосередньо процес запліднення зав'язей. Дефіцит бору у фазу цвітіння призводить до часткової стерильності волоті, череззерниці (неповного озернення качана) та значних втрат урожаю. Марганець бере активну участь у процесах дихання, фотосинтезу, засвоєнні нітратного азоту та синтезі вітаміну С. На ґрунтах із нейтральною або слаболужною реакцією часто фіксується «приховане» марганцеве голодування, яке не має чітких візуальних проявів, але відчутно гальмує фотосинтетичну

активність і знижує продуктивність на 10–12%. Дослідження доводять, що інтеграція багатокомпонентних полімерних мікродобрив у бакові суміші разом із страховими гербіцидами у фазу 4–8 листків дозволяє не лише забезпечити рослини мікроелементами, але й зняти гербіцидний стрес [22, 44, 45].

В умовах зростання антропогенного навантаження на агроекосистеми та глобальних змін клімату, все більшого значення набуває застосування екологічно безпечних біологічних препаратів та регуляторів росту рослин. Цей напрямок сільськогосподарської мікробіології та фізіології спрямований на максимальну мобілізацію внутрішніх резервів рослинного організму та оптимізацію симбіотичних взаємозв'язків у системі «ґрунт-мікроорганізми-рослина». Дія сучасних біопрепаратів не обмежується лише фунгіцидним чи інсектицидним ефектом; вони комплексно впливають на ростові та обмінні процеси [2, 73].

Дослідження вітчизняних та світових вчених заклали підґрунтя для вивчення фітогормонів – ендогенних речовин, що синтезуються самими тканинами рослини (ауксини, гібереліни, цитокініни, абсцизова кислота, етилен) і регулюють процеси клітинного поділу, диференціації та старіння. Сучасні екзогенні регулятори росту містять науково обґрунтований комплекс фітогормонів, амінокислот, вітамінів (групи В) та мікроелементів-синергістів. Застосування таких препаратів шляхом передпосівної обробки насіння або позакореневого обприскування дозволяє цілеспрямовано регулювати біологічні процеси [26, 34].

Зокрема, препарати на основі продуктів термофільного метанового бродіння (з високою цитокініновою активністю) здатні підвищувати стійкість рослин кукурудзи до екстремально високих температур та повітряної посухи, запобігати швидкому розпаду хлорофілу і продовжувати період активного фотосинтезу (stay green). Вітчизняні регулятори росту (Емістим С, Біоспектр БТ, Зеастимулін та ін.) продемонстрували свою високу конкурентоздатність. За даними наукових інститутів НААН, використання Емістиму С при обробці насіння кукурудзи підвищує його енергію проростання на 2–8%. Сходи

з'являються раніше, є більш дружними і вирівняними. За рахунок активізації процесів різогенезу, об’єм кореневої системи та її водопоглинальна здатність зростають на 25–30%, що дає суттєву перевагу рослинам на початкових етапах розвитку, підвищуючи їх конкурентоспроможність у боротьбі з бур’янами. Прибавка врожаю зерна при цьому становить 10–19%, а економічна окупність препаратів може сягати сотень разів [15, 33, 52].

Окремим і надзвичайно перспективним напрямком є використання мікробних препаратів (біоінокулянтів), створених на основі азотфіксувальних, фосформобілізуючих мікроорганізмів та грибів-ендофітів. Специфічні штами мікроорганізмів, колонізуючи ризосферу кукурудзи, здатні фіксувати атмосферний азот і переводити важкодоступні форми ґрунтового фосфору у засвоювані фосфати за рахунок виділення органічних кислот. Крім того, мікрофлора ризосфери синтезує фізіологічно активні речовини, які діють як потужні стимулятори росту.

Дослідженнями В.В. Волкогона та співавторів доведено, що бактеризація насіння кукурудзи мікробними комплексами не лише покращує фосфорно-калійне живлення, але й суттєво підвищує коефіцієнт засвоєння рослинами азоту з мінеральних добрив, запобігаючи його непродуктивним втратам (денітрифікації та вимиванню). Завдяки цьому можна скоротити дози внесення мінеральних добрив без зниження врожайності, що має велике значення для збереження екологічної рівноваги в агроландшафтах [8, 9].

Наукові дані підтверджують ефективність застосування новітніх мікробіологічних препаратів, зокрема Ентеронорміну, у посівах кукурудзи, що активізує мікробіоценоз ґрунту та підвищує продуктивність культури [19].

Управління густотою стояння рослин є одним з найпотужніших та найдоступніших інструментів регулювання продуктивності кукурудзи у сучасному землеробстві. На відміну від багатьох інших злаків, що здатні до інтенсивного кущіння (утворення додаткових продуктивних пагонів), кукурудза формує врожай переважно за рахунок єдиного головного стебла та одного (рідше двох) повноцінних качанів. Тому кількість рослин на одиницю площі

безпосередньо визначає як індивідуальну продуктивність окремої рослини, так і загальну урожайність ценозу [17, 30].

Оптимальна густота стояння є величиною динамічною і залежить від складної взаємодії багатьох чинників: генетичних особливостей гібрида, його групи стиглості, габітусу рослини, рівня родючості ґрунту, фону мінерального живлення та вологозабезпеченості зони вирощування. Науковцями розроблено базові рекомендації: для ранньостиглих гібридів (з коротким вегетаційним періодом і меншою вегетативною масою) потрібна вища густота стояння порівняно з середньо- та пізньостиглими формами. Чим сприятливіші умови вологозабезпечення та чим вищий рівень мінерального живлення (NPK), тим більшою може бути передзбиральна густота рослин. Згідно з результатами численних багаторічних досліджень, для умов посушливого Степу (де сума опадів становить 350–400 мм) оптимальною є густота 45–60 тис. шт./га. У зоні нестійкого зволоження Лісостепу (400–500 мм опадів) цей показник збільшується до 65–85 тис. шт./га, а в сприятливих умовах достатнього зволоження Полісся (понад 500–600 мм опадів) і на зрошенні максимальні врожаї досягаються при густоті 75–90 тис. шт./га і вище [29, 30, 70].

При надмірному загущенні посівів різко загострюється внутрішньовидова конкуренція за життєво важливі ресурси: світло (ФАР), вологу та поживні речовини ґрунту. Як наслідок, рослини формують тонші стебла і дрібніше листя. Зменшення діаметра стебла на фоні його видовження (етиоляції) у боротьбі за світло катастрофічно знижує стійкість посівів до вилягання під дією вітрів та злив. Загущення погіршує аерацію посіву, створюючи сприятливий мікроклімат для спалаху грибкових захворювань (фузаріоз, пухирчаста сажка). Більше того, сильна конкуренція за ресурси призводить до затримки цвітіння жіночих суцвіть відносно чоловічих (розрив у часі викидання волоті та появи ниток), що спричиняє погане запилення, неповне озернення качанів та збільшення % стерильних (безкачанних) рослин. З іншого боку, зріджені посіви характеризуються товстими стеблами, великими качанами і високою індивідуальною продуктивністю, але через недостатню кількість рослин на

гектарі не здатні сформувати високий загальний врожай, неефективно використовуючи площу поля, енергію сонця та добрива [43, 48].

Важливим елементом архітектоніки є не лише кількість рослин, а й просторове розміщення їх на площі, тобто форма площі живлення, що регулюється шириною міжрядь та способом сівби. В Україні домінуючим залишається широкорядний пунктирний спосіб сівби з шириною міжрядь 70 см. Така ширина історично обумовлена необхідністю проведення міжрядних культивацій для боротьби з бур'янами та розпушування ґрунту. Проте із впровадженням високоефективних гербіцидів та появою сучасної точної збиральної техніки, здатної працювати з вузькими міжряддями, науковці активно вивчають доцільність переходу на посів з міжряддям 50 см або 45 см, особливо для скоростиглих гібридів. Звуження міжрядь дозволяє наблизити форму індивідуальної площі живлення до квадрата, що забезпечує більш рівномірне просторове розміщення кореневих систем у ґрунті. Рослини швидше змикають листя в міжряддях, затінюючи поверхню ґрунту, що значно знижує непродуктивне випаровування вологи (фізичну евапорацію) та ефективно пригнічує розвиток бур'янів на ранніх етапах [5–12, 43, 51, 57–61].

Дослідження Дудки М.І., Кравець С.С. та ін. [43, 53] підтверджують тенденцію до підвищення врожайності зерна кукурудзи при зменшенні ширини міжрядь в умовах достатнього зволоження, хоча результати можуть варіювати залежно від ґрунтово-кліматичної зони та генетики гібрида.

Рівномірність розміщення насіння в рядку має критичне значення. Пропуски та наявність насінин-двійників («двійнят») є неприпустимими у сучасному насінництві, оскільки сильніша рослина в парі пригнічує слабшу, перетворюючи її на специфічний вид бур'яну, який лише виносить поживні речовини, але не формує качана [38].

Адаптивність технології вирощування кукурудзи нерозривно пов'язана з правильним підбором гібридів за групою стиглості. Система класифікації ФАО (Food and Agriculture Organization) дозволяє аграріям чітко орієнтуватися у вегетаційному періоді та сумі ефективних температур, необхідних для повної

зрілості зерна певного гібрида. Гібриди поділяються на ранньостиглі (ФАО 150–199), середньоранні (200–299), середньостиглі (300–399) та пізньостиглі (понад 400).

Кожна група стиглості демонструє специфічну реакцію на зміну технологічних чинників. Ранньостиглі гібриди формують меншу кількість листків (12-14), мають меншу висоту та менший об'єм кореневої системи. Через це вони слабше використовують ґрунтові ресурси, але здатні формувати урожай за короткий проміжок часу. Для компенсації меншої індивідуальної продуктивності такі гібриди вимагають істотного загущення та підвищених норм легкозасвоюваних добрив у прикореневу зону. Навпаки, пізньостиглі гібриди (ФАО 350 і вище) формують потужний листостебловий апарат (до 20 і більше листків), глибоку кореневу систему і мають тривалий період фотосинтетичної активності. Їхній потенціал урожайності є найвищим (понад 15 т/га), однак вони вкрай негативно реагують на загущення. Зайва густота для них призводить до катастрофічного дефіциту вологи у другій половині літа, масової стерильності та вилягання. Отже, для таких гібридів густота стояння має бути меншою, але фон живлення повинен забезпечувати тривале надходження азоту і калію аж до фази воскової стиглості [25, 33, 49].

Урожайність кукурудзи, як біологічної системи, є безпосереднім результатом її фотосинтетичної діяльності. Площа листкової поверхні (індекс листкової поверхні, Leaf Area Index), динаміка її формування та тривалість активного функціонування є вирішальними факторами у перетворенні сонячної енергії в органічну речовину. Дослідження фізіологів та агрономів доводять, що найвищі показники зернової продуктивності досягаються за умови швидкого наростання площі листя на початку вегетації, утримання LAI на рівні 4-5 м²/м² ґрунту в період цвітіння - наливу зерна, і поступового її відмирання на етапі дозрівання [49, 50, 67, 71].

Система удобрення (зокрема, азот і магній) безпосередньо впливає на вміст хлорофілу a і b у листках, збільшуючи чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ). Застосування стимуляторів росту і мікробних препаратів збільшує

тривалість роботи фотосинтетичного апарату, сповільнюючи процеси старіння (руйнування хлорофілу). Разом із тим, густота стояння рослин та архітектоніка посіву визначають просторове розміщення листя у фітоценозі, кут їх нахилу та ступінь перехоплення сонячної радіації. У загущених посівах формується велика загальна площа листя на гектар, але через взаємне затінення листки нижніх та середніх ярусів отримують мало світла. Коли рівень освітленості нижніх листків падає нижче компенсаційної точки, вони починають витрачати більше пластичних речовин на власне дихання, ніж синтезують їх під час фотосинтезу, перетворюючись на паразитуючі органи, що прискорює їх відмирання і знижує продуктивність рослини. Оптимізація всіх цих факторів : удобрення, ФАО, густоти та ширини міжрядь, спрямоване на створення посіву з ідеальною оптичною структурою [3, 10, 65].

В умовах жорсткої ринкової конкуренції та зростання цін на ресурси (мінеральні добрива, насіння, паливно-мастильні матеріали) оцінка технологій вирощування кукурудзи не може обмежуватися лише агрономічними показниками. Вона вимагає комплексного економічного та біоенергетичного аналізу. Використання інтенсивних норм добрив забезпечує найвищі врожаї, проте, через закон спадної віддачі, кожний додатковий кілограм діючої речовини приносить менший приріст урожаю, що може знизити загальну рентабельність та рівень прибутку з гектара. Застосування біопрепаратів, мікродобрив та регуляторів росту відзначається надзвичайно високою економічною ефективністю. Витрати на їх придбання (особливо препаратів вітчизняного виробництва) є порівняно мізерними, а окупність може складати десятки і сотні грн прибутку на кожну вкладену гривню [31, 38, 58, 65].

Останнім часом, у світлі глобального переходу на відновлювані джерела енергії, кукурудза розглядається не лише як продовольча чи фуражна культура, але й як найважливіша сировина для біоенергетики (виробництво біоетанолу із зерна та біогазу з силосної маси і рослинних решток). Праці вітчизняних вчених фундаментально обґрунтовують агроенергетичну оцінку технологій. Визначено, що оптимізація мінерального живлення та густоти стояння рослин у посівах

кукурудзи, а також створення сумісних посівів із сорго цукровим, дозволяють максимізувати вихід сухої біомаси з гектара і значно підвищити розрахунковий вихід біометану або енергетичну цінність вироблених паливних пелет [5, 13, 14, 20].

Крім того, врахування впливу систем удобрення на баланс гумусу та міграцію біогенних елементів [54, 78] є обов’язковою умовою екологічно безпечного, сталого землеробства. Комплексний та збалансований підхід до управління формуванням урожайності кукурудзи є запорукою економічної сті аграрних підприємств та забезпечення енергетичної незалежності держави [12, 16, 18, 21, 63].

РОЗДІЛ 2
ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови

Польові досліди проведені в (2025-2026 рр.) на дослідному полі Навчально-виробничого центру Білоцерківського НАУ. Територія проведення досліджень належить до Білоцерківської рівнини, яка є складовою Придніпровської височини. Рельєф місцевості переважно рівнинний та слабохвилястий, з абсолютними відмітками висот 150–300 м над рівнем моря. Ґрунтові води, які характеризуються високою концентрацією гідрокарбонатів кальцію, залягають відносно неглибоко. Історичні ксерофітні вузьколисті рослинні угруповання Лісостепу на сьогодні майже повністю трансформовані агровиробництвом.

Дослідна ділянка представлена чорноземом типовим, середньогумусним, крупнопилувато-легкосуглинковим, що сформувався на карбонатних лесах та лесоподібних суглинках. Профіль ґрунту відзначається глибоким проникненням гумусу (понад 100–125 см). Навіть на глибині одного метра його запаси становлять близько 20–21 % від загальної кількості в орному горизонті (де вміст варіює в межах 4–6 %). Горизонт залягання карбонатів кальцію та магнію фіксується на глибині 59–73 см. Механічний склад орного шару включає близько 41–49 % крупного пилу та 15 % мулуватих часток. Агрофізичні показники чорнозему типового приведено в таблиці 1.

Агрохімічні параметри орного шару (0–30 см) підтверджують високу потенційну родючість, характерну для даної ґрунтово-кліматичної зони: вміст гумусу становить 3,6 %, загального азоту – 0,307 %, рухомого фосфору (P_2O_5) – 4,08 мг, обмінного калію (K_2O) – 7,65 мг на 100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину (pH сольової витяжки) становить 6,2, гідролітична кислотність – 2,9 мг-екв., сума поглинених основ – 18,5 мг-екв.

Таблиця 1. **Характеристика загальних фізичних властивостей чорнозему типового середньогумусного**

Шар ґрунту	Щільність твердої фази, г/см^3	Об'ємна маса, г/см^3	Загальна пористість, %	Максимальна гігроскопічність, %
0-10	2,59	1,20	66,0	5,50
10-20	2,57	1,21	54,0	5,51
20-30	2,63	1,27	50,0	5,65
30-40	2,63	1,26	50,0	5,78
40-60	2,65	1,25	54,0	5,66
60-80	2,65	1,23	56,0	5,66
80-100	2,66	1,20	56,0	6,05

Агрофізичні показники повністю відповідають типовим чорноземам. Відповідно до наведених даних, об'ємна маса ґрунту у профілі 0–100 см варіює в межах 1,20–1,27 г/см^3, а щільність твердої фази становить 2,57–2,66 г/см^3. Загальна пористість коливається від 50,0 % до 66,0 %, при цьому максимальна гігроскопічність перебуває на рівні 5,50–6,05 %. За умови збалансованого внесення добрив, такі фізико-хімічні властивості створюють оптимальне середовище для формування високої продуктивності сільськогосподарських культур.

Регіон досліджень знаходиться у зоні помірно-континентального клімату, якому притаманне нестійке та дефіцитне зволоження. Середньорічна норма опадів коливається від 250 до 700 мм. Близько 60 % вологи випадає у квітні–жовтні, причому на вегетаційний період кукурудзи (травень–вересень) припадає орієнтовно 55 % від загальної суми опадів. Основні запаси ґрунтової вологи формуються за рахунок осінньо-зимових опадів. Літні дощі часто мають інтенсивний зливовий характер, через що їх ефективне засвоєння ґрунтом не перевищує 20–25 %. Високий температурний фон та суховії зі швидкістю 10–20 м/с (фіксуються 15–20 діб на рік) провокують інтенсивну евапорацію.

Гідротермічний коефіцієнт зволоження (за Івановим) дорівнює 0,53 за рік та знижується до 0,37–0,40 у теплий сезон.

Середньорічна температура повітря становить 7,9 ºС. Безморозний період триває 150–185 діб, а перші осінні заморозки традиційно спостерігаються на початку жовтня. Тривалість активної вегетації (із середньодобовою температурою вище +10 ºС) становить 165–170 днів. Сума ефективних температур за цей час накопичується в межах 1200–1300 ºС, що є достатнім для повного фізіологічного визрівання кукурудзи, включно з гібридами середньопізньої групи стиглості.

Зимовий період відзначається нестабільним сніговим покривом та частими відлигами з підвищенням температур до +5–10 ºС. Весна характеризується стрімким потеплінням, де вже у квітні денні температури сягають 11–13 ºС. Літо спекотне та переважно безхмарне, супроводжується тривалими посушливими вікнами, коли запаси вологи в ґрунті можуть падати до рівня мертвого запасу. Осінній сезон характеризується різким похолоданням, нічними заморозками та зростанням кількості похмурих і дощових днів.

2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень

Успішне вирощування кукурудзи в умовах регіону критично залежить від тривалості теплового періоду та забезпечення ґрунту вологою на етапі сівби, оскільки саме ці фактори визначають швидкість появи сходів і темпи подальшого росту вегетативної маси. Для об'єктивної оцінки агрокліматичних умов під час проведення польових експериментів було використано офіційні метеорологічні показники Білоцерківської станції.

Погодні умови 2025 року відзначалися певною нестабільністю. У квітні фіксувалася мінлива та прохолодна погода, яка супроводжувалася нічними мінусовими температурами і регулярними опадами у вигляді дощу. На початку травня температурний режим був помірно теплим, проте розподіл опадів виявився вкрай нерівномірним, а 9 та 10 травня спостерігалося зниження температури із заморозками на поверхні ґрунту та на висоті 2 см. Упродовж

другої декади травня погода формувалася під впливом зміни циклонів і антициклонів, при цьому середня температура повітря становила 13,8 °С, що дещо нижче за багаторічні значення. Третя декада відзначилася нестабільністю та локальними грозами. За підсумками травня сума опадів досягла 112 мм, перевищивши норму на 65 %, а середньодобова температура зупинилася на позначці 14,3 °С, що відповідало 96 % від стандарту.

Червень 2025 року характеризувався мінливістю, прохолодою на початку та достатнім рівнем зволоження. У другій і третій декадах відбулося поступове підвищення температури на тлі інтенсивних дощів. Загалом середньодобова температура червня склала 20,4 °С (на 17 % вище норми), а кількість опадів досягла 83,1 мм, що лише на 6 % менше за багаторічні дані.

У липні 2025 року спостерігався відчутний дефіцит вологи. Перша декада була помірно теплою з показником 21,2 °С та повною відсутністю дощів. Друга декада принесла суху і спекотну погоду: температура піднялася до 24,3 °С, а кількість опадів становила лише 9 мм. У третій декаді температурний фон дещо знизився до 21,4 °С, при цьому випало 38 мм опадів. У середньому за липень повітря прогрілося до 23,7 °С (на 27 % вище норми), проте сума опадів склала критичні 35,0 мм, що на 61 % менше за стандартні показники.

Серпень 2025 року відзначився середньодобовою температурою 20,4 °С, перевищивши норму на 14,6 %. Випадання опадів було дуже строкатим: у першій декаді їхня кількість становила 28 мм (114 % від норми), у другій декаді цей показник впав до 57 %, а в третій знову зріс до 103 % від стандартних значень.

Вересень 2025 року розпочався з прохолодної погоди через проходження атмосферних фронтів, унаслідок чого мінімальні нічні температури падали до 5-7 °С. Друга декада забезпечила суху, сонячну та теплу погоду, тоді як третя знову продемонструвала температурні контрасти. Місячна сума опадів склала 32,7 мм за середньої температури повітря 13,1 °С.

Метеорологічна ситуація 2026 року мала свої специфічні відмінності. Квітень супроводжувався різкими перепадами температурного режиму та

надмірним зволоженням. Місячна сума опадів сягнула 101 мм, що на 56 мм перевищило багаторічну норму. Натомість травень виявився аномально сухим зі стабільним температурним фоном. За весь місяць випало лише 5,7 мм вологи, що на 51,6 мм менше від норми, тоді як середньодобова температура досягла 15,1 °С (при багаторічному показнику 14,3 °С).

Червень 2026 року повернув нестійку та прохолодну погоду зі значною кількістю дощів. Особливо відчутне похолодання та інтенсивні зливи були зафіксовані протягом третьої декади. Середньомісячна температура повітря зупинилася на рівні 19,8 °С, а сумарна кількість опадів склала 68,6 мм.

Упродовж липня та серпня 2026 року утримувалася помірно тепла погода. Середньодобові показники температури в цей період варіювали в межах 21,6-22,4 °С. Опади випадали з різною інтенсивністю, забезпечивши сумарно від 57,4 до 41,2 мм вологи.

Вересень 2026 року розпочався зі спекотної та сухої погоди в першій декаді. Зниження температурних показників разом із випаданням дощів відбулося виключно в третій декаді. За підсумками першого осіннього місяця кількість опадів склала 32,6 мм, а середня температура трималася на рівні 17,3°С.

Завершення активної вегетації у жовтні 2026 року супроводжувалося сухою та прохолодною погодою в першій декаді, коли фіксувалися локальні заморозки як на поверхні ґрунту, так і в повітрі. Протягом усього жовтня випало 76,8 мм опадів, а середньодобова температура повітря знизилася до 12,6 °С.

РОЗДІЛ 3
МЕТА, ЗАВДАННЯ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Мета та завдання досліджень

Мета досліджень полягала у встановлені закономірностей формування врожайності кукурудзи залежно від використання біологічного добрива та густоти рослин в умовах в умовах НВЦ БНАУ.

Для досягнення даної мети поставлені наступні задачі:

- дослідити особливості росту та розвитку рослин гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти рослин і застосування добрив;
- встановити вплив добрив і різної густоти рослин на формування фотосинтетичної продуктивності рослин кукурудзи;
- визначити особливості формування елементів структури врожаю та врожайності зерна гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних факторів;
- провести економічну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології вирощування гібридів кукурудзи.

3.2. Схема досліду та методики досліджень

Дослідження проводили у 2025-2026 рр. згідно схеми наведеній у таблиці 2.

Таблиця 2. **Схема польового досліду**

Фактор А. Гібриди	Фактор В. Густота рослин, тис. шт/га	Фактор С. Удобрення
ДН Стяг (ФАО 280) ДН Велд (ФАО 340)	50 70	Без добрив; $N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га $N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га $N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га $N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га

Повторність у досліді трьохразова. Розміщення варіантів – систематичне.

Площа облікової дослідної ділянки – 42 м^2, загальної – 36 м^2.

Польові експерименти супроводжувалися комплексом фенологічних, біометричних і лабораторних аналізів, виконаних за загальноприйнятими агрономічними протоколами:

– Спостереження за проходженням міжфазних періодів здійснювали відповідно до положень «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [56]. Початком кожної фенологічної фази вважали день, коли відповідні візуальні ознаки фіксувалися у 10 % рослин, а повним настанням — у 75 % рослин;

– Біометричні вимірювання висоти проводили на 25 попередньо маркованих кілочками рослинах у двох несуміжних повторностях під час ключових етапів органогенезу [57];

– Накопичення сухої речовини та динаміку наростання листостеблової маси оцінювали шляхом відбору рослинних зразків з одного погонного метра, їх подальшого зважування та термостатно-вагового висушування (за температури 105 °C) з перерахунком на гектарну площу [58];

– Фотосинтетичний апарат оцінювали за площею листкової поверхні (метод «висічок» за Мойсейченком В. Ф. та Єщенком В. О. [57]), фотосинтетичним потенціалом посіву (ФПП) та чистою продуктивністю фотосинтезу (ЧПФ);

– Статистична обробка масивів даних виконувалася методами дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу за допомогою програмних комплексів MS Excel, Statistica та Agrostat [59];

– Економічну оцінку розраховували на базі технологічних карт, визначаючи рівень рентабельності та базові фінансові показники для кожної досліджуваної моделі технології [74, 76].

3.3. Характеристика гібридів кукурудзи та добрива BioStim Forte

BioStim Forte – рідкий концентрований мікробіологічний препарат виробництва компанії «ІМЕКС АГРО», призначений для кукурудзи та

соняшнику. Його застосовують під час сівби для обробки насіння безпосередньо в рядку, зокрема одночасно з внесенням рідких комплексних добрив (РКД). Препарат містить культури грибів роду Trichoderma spp. (5%, титр 20 × 10^9 КУО/г) і бактерій роду Bacillus spp. (5%, титр 30 × 10^9 КУО/г), поверхнево-активні речовини (30%), індол-3-оцтову кислоту (IAA, 0,003%) та інші біологічно активні сполуки. Препаративна форма - рідина. За інформацією виробника, препарат сприяє підвищенню енергії та швидкості проростання насіння, стимулює розвиток кореневої системи, допомагає рослинам адаптуватися до несприятливих умов середовища та захищає корені від комплексу ґрунтових фітопатогенів протягом активної вегетації. Також заявлено поліпшення азотного, фосфорного й калійного живлення рослин і підвищення врожайності на 5–15%. Останній показник є заявленим виробником ефектом і залежить від ґрунтово-кліматичних умов, технології вирощування та інших чинників.

Препарат вносять одночасно із сівбою через систему подачі РКД у рядок. Виробник передбачає три варіанти приготування робочого розчину: на водній основі, із сумішшю РКД і води або на 100% РКД. У першому випадку в бак вносять половину необхідної кількості води, додають BioStim Forte з розрахунку 0,15 л/га за постійного перемішування, після чого доливають воду до потрібного об’єму. У другому варіанті спочатку в бак додають необхідну кількість води, потім препарат і після перемішування доливають РКД. У третьому варіанті до половини необхідного об’єму РКД додають препарат, перемішують і доливають решту РКД. Загальну витрату води та РКД визначають відповідно до технічних характеристик сівалки й технології внесення. Препарат сумісний із більшістю рідких комплексних добрив, але виробник прямо забороняє його застосування в суміші з хімічними фунгіцидами. Термін зберігання становить 8 місяців за температури від +2 до +25 °C; препарат потрібно зберігати в сухому місці, захищеному від прямих сонячних променів.

ДН Стяг – український простий модифікований середньоранній гібрид кукурудзи селекції Державної установи «Інститут зернових культур НААН

України», занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2020 році. ФАО гібрида становить 280, напрям використання зерно та силос. Він рекомендований для вирощування у Степу, Лісостепу та Поліссі. Рослини високорослі, заввишки 260–280 см, не кущаться, висота прикріплення качана становить 100–110 см. Качан добре озернений, завдовжки 23–24 см, має 16 рядів зерен, по 42–43 зернини в ряду, зі червоним стрижнем. Зерно жовто-оранжеве, зубоподібне, маса 1000 зерен становить 270–280 г. Гібрид характеризується добрим стартовим ростом, задовільно переносить короткочасні весняні похолодання та добре реагує на поліпшення умов вирощування, зокрема внесення мінеральних добрив і зрошення. Він стійкий до пухирчастої та летючої сажки, фузаріозних гнилей і кукурудзяного метелика; посухо- та жаростійкість оцінено у 8 балів. За даними оригінатора, гібрид формує до 55 т/га зеленої маси з умістом сухої речовини до 35 %, що забезпечує його придатність для виробництва силосу. Рекомендована передзбиральна густота становить 50–55 тис. рослин/га у Степу, 65–70 тис./га в Лісостепу та 70–75 тис./га на Поліссі. Максимальну врожайність зерна 13,70 т/га отримано на зрошенні в Інституті зрошуваного землеробства НААН у 2019 році за збиральної вологості зерна 12,3%.

ДН Велд – простий модифікований середньостиглий гібрид кукурудзи української селекції, створений Державною установою «Інститут зернових культур НААН України». Має ФАО 340, занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2020 році. Призначений для вирощування на зерно та силос; рекомендована зона вирощування за каталогом оригінатора — Степ. Рослини заввишки 250–260 см, добре облиствлені, стійкі до вилягання та ламкості стебла. Висота прикріплення нижнього качана становить 80–90 см. Качан завдовжки 24–25 см, містить 16–18 рядів зерен, по 43–45 зерен у ряду; стрижень червоний. Вихід зерна становить 80,4 %. Зерно жовто-помаранчеве, зубоподібне, маса 1000 зерен близько 290–300 г. Гібрид характеризується високою та ю врожайністю зерна й силосу, ремонтантністю, а також стійкістю до основних хвороб кукурудзи. Добре реагує на поліпшення умов вирощування.

За генетичними характеристиками близький до гібридів Моніка 350 МВ (ФАО 350), ДН Джулія (ФАО 340) та Запорізький 333 МВ (ФАО 330), проте, за даними оригінатора, відзначається вищою врожайністю зерна та її стабільністю за роками. Потенційна врожайність зерна становить 17,5 т/га, силосу – 61,5 т/га. Максимальну врожайність зерна 16,6 т/га отримано на зрошенні у 2018 році в Інституті зрошуваного землеробства НААН за збиральної вологості зерна 12,5 %. Рекомендована передзбиральна густота рослин у Степу становить 45–50 тис. рослин/га, на зрошенні – 60–65 тис. рослин/га.

3.4. Технологія вирощування досліджуваних гібридів кукурудзи у досліді

Агротехнічний комплекс вирощування досліджуваних гібридів кукурудзи базувався на загальноприйнятих та науково обґрунтованих рекомендаціях для умов Лісостепової зони України, які були максимально адаптовані до ґрунтово-кліматичних особливостей конкретного господарства. В якості попередника на дослідних ділянках виступала соя, яка є надзвичайно цінною зернобобовою культурою, що залишає після себе оптимальну структуру ґрунту та сприяє накопиченню доступного біологічного азоту.

Осінній цикл польових операцій розпочинався відразу після збирання врожаю сої. Для подрібнення пожнивних решток, розпушування верхнього шару та провокації проростання насіння наявних бур'янів проводили лущення стерні у два сліди дисковою бороною типу АГ-2,4 на глибину 8-12 см. Після цього здійснювали розкидне внесення основного фосфорного удобрення. У цій ролі використовували гранульований амофос із вмістом діючих речовин 12 % азоту та 52 % фосфору. Наступним етапом була глибока зяблева оранка на глибину 23-25 см, яку виконували оборотним ярусним плугом. Це забезпечувало якісне загортання рослинних залишків і добрив у кореневмісний шар, а також сприяло інтенсивному накопиченню осінньо-зимової вологи.

З настанням фізичної стиглості ґрунту навесні проводили ранньовесняне боронування важкими зубовими боронами БЗТС-1,0 для закриття вологи,

вирівнювання поверхні поля та руйнування ґрунтової кірки. Передпосівний обробіток ґрунту включав суцільну культивацію комбінованим агрегатом типу Європак на глибину загортання насіння 4-6 см. Безпосередньо під цю передпосівну культивацію вносили азотні мінеральні добрива у формі карбаміду із вмістом азоту 46 %. Норма внесення карбаміду чітко диференціювалася відповідно до розроблених схем і варіантів досліду.

Система інтегрованого захисту посівів кукурудзи передбачала обов'язковий та своєчасний контроль сегетальної рослинності і шкідливих комах. Для захисту від широкого спектра однорічних та багаторічних злакових і дводольних бур’янів застосовували бакову суміш післясходових гербіцидів на основі діючих речовин мезотріон у концентрації 480 г/л та нікосульфурон у концентрації 40 г/л. Обприскування посівів проводили самохідним обприскувачем у найбільш чутливу фазу розвитку бур’янів, коли рослини кукурудзи мали 3-5 справжніх листків. Для мінімізації втрат врожаю від пошкоджень фітофагами, зокрема гусеницями стеблового кукурудзяного та лучного метеликів, бавовникової совки, а також для жорсткого контролю популяції злакових попелиць, посіви обробляли високоефективним інсектицидом Ампліго.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вплив рівня удобрення та густоти рослин на формування висоти рослин гібридів кукурудзи

Протягом усього періоду вегетації кукурудза висуває високі вимоги до площі живлення, гідротермічного режиму та інсоляції. Оптимальне вологозабезпечення та збалансований мінеральний фон стимулюють лінійний ріст, тоді як дефіцит ресурсів або температурні стреси викликають його гальмування [60]. Зниження температури навколишнього середовища нижче 15°С на ранніх етапах розвитку критично пригнічує фотосинтетичні процеси, уповільнює формування кореневої системи та послаблює імунітет, що незворотно знижує майбутню врожайність [61].

Висота рослин виступає ключовим морфометричним індикатором, який відображає реакцію генотипу на агротехнічні та кліматичні умови. Розуміння динаміки лінійного росту в онтогенезі дозволяє оперативно коригувати технологію вирощування [62]. Лінійний приріст у перші 15–20 діб після появи сходів є досить швидким і становить 1,5–2,5 см на добу. Згодом настає короткочасне уповільнення (на 8–10 діб), оскільки пластичні речовини перенаправляються на розбудову вторинної кореневої системи. Після цього інтенсивність росту знову стрімко зростає і досягає свого піку (до 10–13 см за добу) за 8–12 діб до викидання волоті. Повне припинення лінійного росту відбувається наприкінці фази цвітіння, коли рослина досягає 95–100 % від своєї генетично зумовленої висоти [63].

За результатами проведених польових експериментів встановлено, що лінійний ріст рослин кукурудзи знаходився у прямій залежності від генетичних особливостей досліджуваних гібридів, гідротермічних умов року вирощування, густоти стояння та застосованої системи удобрення. Аналіз біометричних показників свідчить, що інтенсивніше наростання листостеблової маси відбувалося у 2026 році, який відзначався більш сприятливим режимом

зволоження порівняно з 2025 роком. Використання передпосівної обробки ґрунту препаратом BioStim Forte на різних фонах мінерального живлення забезпечило стійку тенденцію до збільшення висоти стебла протягом усього періоду вегетації (табл. 3).

Таблиця 3. **Висота рослин гібридів кукурудзи, см**

Гібрид	Густота, тис/га	Удобрення	2025 р.	2026 р.	Середнє
ДН Стяг	50	Без добрив (к)	188,2	202,6	195,4
		$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	205,3	219,2	212,3
		$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	210,7	223,7	217,2
		$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	195,0	209,9	202,5
		$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	197,2	212,0	204,6
	70	Без добрив (к)	196,5	210,3	203,4
		$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	216,8	232,1	224,5
		$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	222,9	236,3	229,6
		$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	202,1	214,6	208,4
		$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	205,7	219,0	212,4
ДН Велд	50	Без добрив (к)	201,2	213,5	207,4
		$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	219,0	231,8	225,4
		$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	221,6	233,5	227,6
		$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	209,6	219,7	214,7
		$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	211,0	219,9	215,5
	70	Без добрив (к)	209,7	223,0	216,4
		$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	228,4	243,5	236,0
		$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	232,6	246,0	239,3
		$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	211,2	226,7	219,0
		$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	215,5	227,8	221,7

Чітка закономірність посилення ростових процесів спостерігалася при збільшенні щільності посіву з 50 до 70 тис. шт/га. Це явище має фізіологічне обґрунтування, оскільки в загущених посівах загострюється внутрішньовидова конкуренція за сонячне світло, що стимулює витягування міжвузлів. Зокрема, на контрольних ділянках без застосування добрив рослини гібрида ДН Стяг за густоти 50 тис. шт/га формували стебло середньою висотою 195,4 см, тоді як за густоти 70 тис. шт/га цей показник зростав до 203,4 см. Аналогічна просторова

динаміка була зафіксована і для гібрида ДН Велд у якого висота рослин збільшувалася з 207,4 см до 216,4 см відповідно.

Комплексна оптимізація системи живлення суттєво покращила біометричні параметри гібрида ДН Стяг. За базової густоти стояння 50 тис. шт/га внесення мінеральних добрив у нормі $N_{100}P_{50}$ спільно з біодобривом BioStim Forte у дозі 0,15 л/га дозволило отримати рослини висотою 212,3 см. Збільшення норми біологічного препарату до 0,25 л/га на такому ж мінеральному фоні забезпечило максимальну для цієї густоти висоту на рівні 217,2 см, що перевищило показники контролю на 21,8 см. При зниженні норми мінеральних добрив до $N_{80}P_{40}$, але за умови використання біопрепарату, висота рослин становила 202,5-204,6 см. У загущених посівах із нормою 70 тис. шт/га максимальний лінійний ріст гібрида ДН Стяг сягнув 229,6 см на ділянках із живленням $N_{100}P_{50}$ та максимальною дозою BioStim Forte 0,25 л/га.

Гібрид ДН Велд характеризувався загалом більш високорослим морфотипом порівняно з гібридом ДН Стяг. За густоти 50 тис. шт/га найвища інтенсивність росту відмічена на варіанті з живленням $N_{100}P_{50}$ та додаванням 0,25 л/га BioStim Forte, де середня висота сягнула 227,6 см, перевищивши контрольну ділянку на 20,2 см. Зменшення мінерального фону до $N_{80}P_{40}$ із застосуванням біодобрива сформувало рослини заввишки 214,7-215,5 см. Максимум висоти у всьому досліді був зафіксований саме для гібрида ДН Велд за щільності ценозу 70 тис. шт/га. За умов максимального забезпечення елементами живлення ($N_{100}P_{50}$ + BioStim Forte 0,25 л/га) рослини досягли 239,3 см, що на 22,9 см більше за контроль. Варіанти зі живленням $N_{80}P_{40}$ та біопрепаратом за цієї ж густоти забезпечили лінійний ріст у межах 219,0-221,7 см.

4.2. Формування площі листкової поверхні гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних факторів

Аналіз ефективності агротехнічних прийомів (удобрення, регулювання густоти стояння) обов'язково передбачає моніторинг фотосинтетичної

активності фітоценозу. Умови вирощування безпосередньо детермінують продукційні процеси, що фіналізуються формуванням зернової маси. Продуктивність агроценозу базується на двох фундаментальних явищах: інтенсивності ростових процесів та потужності фотосинтезу. Забезпечення оптимальної площі листкової поверхні є ключовою передумовою отримання високих врожаїв [60, 65]. Базовими індикаторами ефективності виступають площа листків, індекс листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу.

Будучи культурою С4-типу, кукурудза характеризується надефективним циклом асиміляції вуглекислого газу. Її продуктивність у розрахунку на одиницю листкової поверхні перевищує показники С3-культур з помірних широт у 1,5–3 рази завдяки оптимізованому газообміну та економному витрачанню вологи [62]. Однак цей механізм жорстко залежить від тепла: при падінні температури нижче 12 °С інтенсивність фотосинтезу різко гальмується [60].

Для умов Лісостепу України науково обґрунтований оптимум площі листкової поверхні кукурудзи становить 40–50 тис. м²/га, хоча ця константа є мінливою і безпосередньо коригується архітектонікою гібрида та технологічними прийомами [66]. Налив зерна забезпечується переважно верхнім ярусом листків, який адаптований до інтенсивної ФАР, тоді як нижні яруси працюють в умовах затінення. Пік розвитку листкової поверхні фіксується орієнтовно на 70-ту добу вегетації (період цвітіння волоті), після чого площа активної асиміляційної поверхні плавно деградує, досягаючи нуля приблизно на 130-ту добу [62].

Аналіз даних таблиці 4 свідчить, що площа листкової поверхні посівів кукурудзи є надзвичайно динамічним показником, який закономірно змінюється впродовж періоду органогенезу та перебуває у прямій залежності від густоти стояння рослин, оптимізації системи удобрення та морфологічних особливостей конкретного гібрида.

Таблиця 4. **Площа листкової поверхні посівів кукурудзи (середнє за 2025–2026 рр.), тис. м^2/га**

Густота, тис/га	Удобрення	Фази росту і розвитку			
		12 листків	цвітіння	молочна стиглість	воскова стиглість
ДН Стяг					
50	Без добрив (к)	18,5	33,3	30,6	27,0
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	24,5	40,1	38,2	33,8
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	25,4	40,8	39,5	34,7
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	21,5	35,5	32,3	28,7
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	22,4	36,6	33,2	29,7
70	Без добрив (к)	24,9	39,2	38,3	34,6
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	26,5	43,1	40,9	36,7
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	28,1	43,6	41,4	37,6
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	23,3	37,1	34,8	31,4
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	23,6	37,6	35,2	31,9
ДН Велд					
50	Без добрив (к)	18,0	32,2	30,1	26,5
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	24,6	38,7	36,2	33,2
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	25,3	39,5	37,9	34,5
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	20,7	34,4	32,0	28,4
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	21,4	34,8	32,9	29,0
70	Без добрив (к)	24,3	37,8	37,1	34,3
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	26,1	41,0	39,2	35,6
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	27,0	41,4	40,3	36,9
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	22,1	36,2	33,1	30,6
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	22,7	37,1	34,5	31,6

Загальна тенденція для всіх без винятку варіантів польового експерименту полягає в тому, що наростання асиміляційного апарату відбувається поступово, починаючи від фази 12 листків, і досягає свого

максимуму в критичний період цвітіння. Після проходження цієї фази запускаються незворотні фізіологічні процеси старіння та відмирання листя нижніх ярусів, що призводить до поступового зменшення функціонуючої площі листкової поверхні під час настання молочної та воскової стиглості зерна.

Збільшення густоти стояння рослин очікувано стимулювало формування більшої сумарної площі листків у перерахунку на 1гектар. У гібрида ДН Стяг на

контрольних ділянках без застосування добрив за базової густоти 50 тис/га максимальна площа листків у період цвітіння становила 33,3 тис. м^2/га, тоді як загущення до 70 тис/га дозволило збільшити цей параметр до 39,2 тис. м^2/га. Аналогічна позитивна просторова динаміка була зафіксована і в гібрида ДН Велд, де на контролі площа зростала з 32,2 до 37,8 тис. м^2/га при переході від зрідженого до загущеного посіву.

Поєднання мінеральних добрив та застосування рідкого біопрепарату BioStim Forte забезпечило потужний стимулюючий ефект на розвиток вегетативної маси. Найвищі показники площі листкової поверхні фіксувалися на ділянках із максимальним фоном мінерального живлення $N_{100}P_{50}$ та одночасним додаванням біологічного добрива у нормі 0,25 л/га. Для гібрида ДН Стяг за щільності ценозу 70 тис/га пікове значення площі листя у фазу цвітіння сягнуло 43,6 тис. м^2/га, що перевершило контрольний варіант тієї ж густоти на 4,4 тис. м^2/га. Навіть за меншої щільності 50 тис/га цей варіант живлення допоміг розкрити потенціал рослин і сформувати 40,8 тис. м^2/га асиміляційної поверхні.

Пропорційне зниження норми мінеральних добрив до рівня $N_{80}P_{40}$ із фоліарним застосуванням біопрепарату також гарантувало суттєві прибавки робочої площі листків порівняно з контрольними ділянками. Гібрид ДН Велд за густоти 70 тис/га на фоні $N_{80}P_{40}$ сформував від 36,2 до 37,1 тис. м^2/га площі листя у фазу цвітіння, залежно від внесеної дози препарату BioStim Forte. Варто відмітити, що збільшення норми біопрепарату з 0,15 до 0,25 л/га призводило до додаткового приросту листкової поверхні на всіх досліджуваних фонах мінерального живлення.

Порівняльна характеристика двох гібридів демонструє, що ДН Стяг відзначався інтенсивнішим формуванням асиміляційної поверхні порівняно з гібридом ДН Велд. За максимальної інтенсифікації умов живлення ($N_{100}P_{50}$ та 0,25 л/га біопрепарату) і максимальної густоти гібрид ДН Стяг демонстрував пролонговану життєздатність листового апарату і площу на рівні 37,6 тис. м^2/га навіть на етапі воскової стиглості, тоді як у гібрида ДН Велд цей показник знижувався до 36,9 тис. м^2/га.

4.3. Динаміка накопичення сухої речовини посівами кукурудзи залежно від рівня удобрення та густоти рослин

Фотосинтез виступає основним механізмом якісного і кількісного живлення рослинного організму. Фінальний рівень господарської продуктивності гібридів жорстко детермінується інтенсивністю засвоєння елементів живлення, швидкістю їх переробки через внутрішній метаболізм, а також загальною динамікою росту і розвитку [67].

Аналіз даних таблиці 5 показує, що динаміка накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи має стійку тенденцію до безперервного зростання впродовж усього вегетаційного періоду.

Таблиця 5. **Наростання сухої речовини кукурудзи залежно від досліджуваних факторів (у середньому за 2025–2026 рр.), т/га**

Густота, тис/га	Удобрення	Фази росту і розвитку			
		12 листків	цвітіння	молочна стиглість	воскова стиглість
ДН Стяг					
50	Без добрив (к)	2,63	7,97	11,17	15,89
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	3,03	9,31	13,61	19,72
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	3,20	9,62	14,11	20,27
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	2,61	7,90	11,95	16,91
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	2,74	8,43	12,24	17,37
70	Без добрив (к)	3,03	9,00	12,15	17,35
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	3,41	10,31	15,54	21,65
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	3,54	10,70	16,37	22,88
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	2,87	8,82	12,57	18,28
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	2,98	9,27	13,29	19,15
ДН Велд					
50	Без добрив (к)	2,47	7,81	10,57	15,46
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	2,87	9,03	13,29	19,10
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	2,95	9,28	13,77	19,79
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	2,45	7,77	11,52	16,32
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	2,58	8,10	12,12	17,31
70	Без добрив (к)	2,87	8,52	11,78	16,98
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	3,29	10,14	15,16	21,37
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	3,33	10,39	16,01	22,29
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	2,73	8,46	12,33	17,76
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	2,84	8,77	12,98	18,77

Процес накопичення біомаси знаходився у прямій залежності від генетичних особливостей гібрида, густоти стояння рослин та застосованого фону живлення.

Збільшення щільності посіву з 50 до 70 тис/га закономірно сприяло формуванню вищої маси сухої речовини з розрахунку на гектар площі. На контрольних ділянках без застосування добрив у гібрида ДН Стяг у фазу воскової стиглості за густоти 50 тис/га цей показник становив 15,89 т/га, тоді як загущення до 70 тис/га дозволило збільшити масу до 17,35 т/га. Для гібрида ДН Велд на контролі ці показники зростали з 15,46 до 16,98 т/га відповідно.

Комплексне застосування мінеральних добрив у поєднанні з препаратом BioStim Forte суттєво інтенсифікувало процеси накопичення сухої речовини на всіх етапах органогенезу. Максимальні показники продуктивності у досліді були зафіксовані на варіантах із внесенням $N_{100}P_{50}$ та підвищеної дози біопрепарату 0,25 л/га за густоти стояння 70 тис/га. За таких оптимізованих умов гібрид ДН Стяг сформував 22,88 т/га сухої маси, що на 5,53 т/га перевищило показник контрольного варіанту відповідної густоти. Гібрид ДН Велд за аналогічного живлення накопичив 22,29 т/га сухої речовини.

Зменшення мінерального фону до $N_{80}P_{40}$ із фоліарним внесенням біопрепарату також забезпечило достовірні прибавки сухої маси порівняно з контролем, хоча й дещо поступалося варіантам з максимальним живленням. Порівняльна характеристика двох гібридів свідчить, що ДН Стяг відзначався більш інтенсивними темпами накопичення сухої речовини на всіх досліджуваних фонах та етапах розвитку порівняно з гібридом ДН Велд.

4.4. Вплив досліджуваних факторів на індивідуальну зернову продуктивність рослин гібридів кукурудзи

Урожайність кукурудзи генерується за рахунок складових елементів індивідуальної продуктивності: кількості повноцінних качанів на одній рослині та числа рядів зерен. Хоча ці параметри є генетично закріпленими біологічними ознаками кожного конкретного гібрида, їх фактична реалізація тісно корелює з

факторами навколишнього середовища. Гідротермічний режим, густота стояння та система мінерального живлення здатні суттєво змінювати архітектоніку качана та кінцевий вихід зерна з однієї рослини [60, 68].

Аналіз експериментальних даних, наведених у таблиці 6, дозволяє детально оцінити процеси формування основних елементів індивідуальної продуктивності качана, а саме кількості рядів зерен та кількості зерен у кожному ряді.

Таблиця 6. **Формування кількості рядів та зерен у ряду у гібридів кукурудзи, шт. (у середньому за 2025–2026 рр.)**

Густота, тис/га	Удобрення	Гібриди			
		ДН Стяг		ДН Велд	
		рядів зерен, шт	зерен у ряді, шт	рядів зерен, шт	зерен у ряді, шт
50	Без добрив (к)	15,6	30,1	16,0	30,8
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	17,0	33,1	17,0	33,2
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	17,0	33,5	17,1	33,8
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	16,0	31,3	16,2	32,3
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	16,1	31,7	16,2	32,5
70	Без добрив (к)	16,0	28,7	15,5	29,6
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	17,1	31,2	16,9	32,3
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	17,2	31,6	17,0	32,6
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	16,3	30,1	16,2	29,8
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	16,3	30,4	16,2	30,1

Ці структурні показники є визначальними для кінцевої врожайності гібридів кукурудзи і знаходяться під впливом як генетичних особливостей рослин, так і зовнішніх агротехнічних факторів, таких як густота стояння та рівень мінерального живлення у поєднанні з біопрепаратами. У середньому за роки досліджень прослідковується чітка закономірність: посилення конкуренції між рослинами при загущенні посівів призводить до певного зниження кількості зерен у ряді, проте оптимізація умов живлення здатна ефективно нівелювати цей негативний вплив.

Розглядаючи реакцію гібрида ДН Стяг на зміну густоти стояння та фону удобрення, можна відмітити, що кількість рядів зерен є більш генетичною ознакою, тоді як озерненість ряду відрізняється вищою мінливістю. На контрольному варіанті без застосування добрив за густоти 50 тисяч рослин на гектар гібрид ДН Стяг формував у середньому 15,6 рядів зерен при кількості зерен у ряді 30,1 шт.

Максимальна інтенсифікація живлення, що передбачала внесення мінеральних добрив у дозі $N_{100}P_{50}$ разом із передпосівним застосуванням біодобрива BioStim Forte у нормі 0,25 л/га, дозволила суттєво покращити ці показники: кількість рядів зросла до 17,0 шт, а кількість зерен у ряді досягла 33,5 шт. Застосування зниженої норми мінеральних добрив $N_{80}P_{40}$ у комбінації з препаратом BioStim Forte забезпечило від 16,0 до 16,1 рядів та 31,3-31,7 шт зерен у ряді. Підвищення щільності ценозу до 70 тисяч рослин на гектар на контрольному варіанті зумовило незначне збільшення кількості рядів до 16,0 шт, але призвело до падіння озерненості ряду до 28,7 шт через посилення внутрішньовидової конкуренції. Внесення максимальної дози добрив на загущеному посіві дозволило гібриду ДН Стяг сформувати 17,2 ряди зерен та 31,6 шт зерен у ряді.

Гібрид ДН Велд продемонстрував дещо вищі вихідні показники індивідуальної продуктивності качана порівняно з гібридом ДН Стяг. На посіві 50 тисяч рослин на гектар без застосування добрив цей гібрид утворював 16,0 рядів зерен, а кількість зерен у ряді становила 30,8 шт. Інтеграція мінерального живлення $N_{100}P_{50}$ та максимальної норми біопрепарату 0,25 л/га забезпечила приріст показників до 17,1 рядів та 33,8 зерен у ряді відповідно. На фоні зниженого живлення $N_{80}P_{40}$ гібрид ДН Велд формував 16,2 ряди зерен, а кількість зерен у ряді коливалася в межах 32,3-32,5 шт залежно від дози рідкого біодобрива. Загущення посіву гібрида ДН Велд до 70 тисяч рослин на гектар призвело до зменшення показників на контролі до 15,5 рядів та 29,6 шт зерен у ряді. Оптимізація живлення на такому загущеному фоні за рахунок норми $N_{100}P_{50}$

та препарату BioStim Forte 0,25 л/га дозволила пом'якшити стрес від конкуренції та отримати 17,0 рядів зерен при озерненості ряду 32,6 шт.

Отримані результати переконливо свідчать, що використання мінеральних добрив у поєднанні з сучасними біологічними препаратами є важливим інструментом розкриття генетичного потенціалу кукурудзи. Збільшення норми внесення біодобрива BioStim Forte з 0,15 до 0,25 л/га супроводжувалося достовірним приростом кількості зерен у ряді на всіх досліджуваних фонах мінерального живлення. Таким чином, поєднання оптимальної площі живлення та трофічного забезпечення дозволяє сформувати качани з максимальними елементами продуктивності.

Результати дворічних експериментальних досліджень, відображені у таблиці 7, дозволяють здійснити глибокий аналіз процесів формування ключових елементів індивідуальної продуктивності кукурудзи, до яких належать маса зерна з одного качана та маса 1000 зерен.

Таблиця 7. **Формування маси зерна з качана та маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи, г (у середньому за 2025–2026 рр.)**

Густота, тис /га	Удобрення	ДН Стяг		ДН Велд	
		маса зерна з одного качана, г	маса 1000 зерен, г	маса зерна з одного качана, г	маса 1000 зерен, г
50	Без добрив (к)	147,0	299,0	143,7	277,9
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	180,9	328,7	170,7	308,2
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	184,4	330,1	174,5	310,7
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	160,1	325,2	150,8	299,6
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	163,3	325,6	152,4	301,8
70	Без добрив (к)	137,8	288,5	128,1	268,1
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	167,0	319,2	159,5	297,7
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	171,3	321,6	164,1	302,1
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	150,8	314,1	138,4	291,9
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	152,4	314,9	141,0	294,7

Зазначені вагові показники виступають фінальними індикаторами ефективності роботи асиміляційного апарату рослин протягом усього

вегетаційного періоду та прямо детермінують кінцевий рівень господарської врожайності. Аналіз масиву даних доводить, що реалізація генетичного потенціалу гібридів перебуває у тісній взаємозалежності від просторової конфігурації агроценозу, а саме густоти стояння, та оптимізації трофічного ланцюга шляхом внесення мінеральних добрив і сучасних біостимуляторів.

Оцінюючи реакцію гібрида ДН Стяг на зміну умов вирощування, можна констатувати чітку закономірність, за якої розріджені посіви забезпечують кращі умови для індивідуального розвитку кожної рослини, що конвертується у вищі вагові показники. На контрольних ділянках без застосування добрив за густоти стояння 50 тис/га маса зерна з одного качана у цього гібрида становила 147,0 г, тоді як маса 1000 зерен фіксувалася на рівні 299,0 г.

Комплексна інтенсифікація живлення кардинально змінила ситуацію. Застосування повного мінерального фону $N_{100}P_{50}$ у поєднанні з передпосівним внесенням біодобрива BioStim Forte у нормі 0,15 л/га дозволило збільшити масу зерна з качана до 180,9 г, а масу 1000 зерен до 328,7 г. Максимальний результат для гібрида ДН Стяг за цієї густоти забезпечило підвищення дози біопрепарату до 0,25 л/га на фоні $N_{100}P_{50}$, де маса зерна з качана сягнула максимуму в досліді 184,4 г, при масі 1000 зерен 330,1 г. Зниження мінерального живлення до рівня $N_{80}P_{40}$ також демонструвало позитивну динаміку порівняно з контролем, формуючи масу зерна з качана в межах 160,1-163,3 г та масу 1000 зерен 325,2-325,6 г залежно від дози рідкого біопрепарату.

Ущільнення посівів гібрида ДН Стяг до 70 тис/га очікувано спровокувало загострення внутрішньовидової конкуренції за вологу та елементи живлення, що призвело до редукції індивідуальної продуктивності. На контрольному варіанті загущеного посіву маса зерна з качана впала до 137,8 г, а маса 1000 зерен знизилася до 288,5 г. Проте інтеграція максимального фону живлення $N_{100}P_{50}$ та 0,25 л/га препарату BioStim Forte дозволила ефективно компенсувати стрес від конкуренції, підвищивши масу зерна з качана до 171,3 г та масу 1000 зерен до 321,6 г. Варіанти з живленням $N_{80}P_{40}$ за густоти 70 тис/га гарантували масу з

качана на рівні 150,8-152,4 г, що також суттєво перевищувало показники контролю.

Аналізуючи показники гібрида ДН Велд, варто відмітити, що його генетична архітектура зумовлює дещо нижчі значення маси зерна та крупності насіння порівняно з гібридом ДН Стяг, проте загальні тенденції реакції на агротехнічні фактори залишаються ідентичними. За базової густоти 50 тис/га контрольні рослини гібрида ДН Велд формували 143,7 г зерна з одного качана при масі 1000 зерен 277,9 г. Оптимізація умов вирощування за рахунок фону $N_{100}P_{50}$ та максимальної норми біостимулятора 0,25 л/га забезпечила приріст маси зерна з качана до 174,5 г, а маси 1000 зерен до 310,7 г. Економ-варіант удобрення $N_{80}P_{40}$ на цьому ж розрідженому посіві формував качани з масою зерна від 150,8 до 152,4 г, при цьому крупність насіння варіювала від 299,6 до 301,8 г.

Найбільший депресивний вплив на індивідуальну продуктивність зафіксовано на контрольних ділянках гібрида ДН Велд за максимальної густоти стояння 70 тис/га, де маса зерна з качана опустилася до найнижчої в досліді позначки 128,1 г, а маса 1000 зерен склала лише 268,1 г. Використання мінеральних добрив $N_{100}P_{50}$ та біопрепарату BioStim Forte у нормі 0,25 л/га на загущених посівах гібрида ДН Велд виявилося потужним антистресовим інструментом, який дозволив підняти масу зерна з качана до 164,1 г, а масу 1000 зерен покращити до 302,1 г. При застосуванні добрив у дозі $N_{80}P_{40}$ та біостимулятора 0,15-0,25 л/га зафіксовано масу зерна з качана в діапазоні 138,4-141,0 г, що демонструє меншу, але статистично значущу прибавку відносно загущеного контролю.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що застосування рідкого біопрепарату навіть у мінімальній досліджуваній дозі 0,15 л/га на фоні базового мінерального живлення стимулює процеси наливу зерна. Збільшення норми біодобрива до 0,25 л/га незмінно супроводжується додатковим нарощуванням маси 1000 зерен та загальної ваги зерна з качана у обох гібридів незалежно від

рівня ущільнення ценозу, що підтверджує високу фізіологічну ефективність такого комплексного підходу в сучасних технологіях вирощування.

4.5. Урожайність зерна гібридів кукурудзи

Кінцевою метою будь-яких польових досліджень є розробка інструментів максимізації врожайності та покращення якісних показників зерна. Досягнення успіху можливе лише за умови глибокого розуміння фізіології ростових процесів та їхньої взаємодії з агрокліматичними параметрами. Урожайність є інтегральним результатом впливу навколишнього середовища на рослину. Зміна умов вегетації одразу трансформує елементи структури врожаю, що детермінує загальний рівень валового збору [15, 32, 70–72].

Для забезпечення рентабельності сучасного агробізнесу нові гібриди кукурудзи повинні гарантувати високу і, головне, стабільну продуктивність. Вирішення цього завдання вимагає нівелювання технологічних викликів (оптимізація живлення та густоти) та адаптації до нерегульованих факторів (погодні аномалії, дефіцит ґрунтової вологи). Основна стратегія полягає у раціональному використанні локального ґрунтово-кліматичного потенціалу за рахунок грамотного підбору адаптивних гібридів [73].

Аналіз експериментальних даних, які представлені у таблиці 8, дає можливість здійснити комплексну оцінку впливу агротехнічних та кліматичних факторів на формування кінцевої урожайності зерна двох досліджуваних гібридів кукурудзи. Урожайність є головним інтегральним показником, який відображає ефективність фотосинтетичної діяльності посівів та рівень реалізації генетичного потенціалу рослин за конкретних умов вирощування. Результати досліджень переконливо свідчать, що рівень зернової продуктивності знаходився у прямій залежності від погодних умов року, біологічних особливостей гібрида, передзбиральної густоти стояння рослин та оптимізації фону мінерального живлення із застосуванням біологічного стимулятора.

Оцінюючи вплив гідротермічних умов на продуктивність кукурудзи, варто відмітити суттєву різницю між роками проведення досліджень.

Таблиця 8. **Урожайність зерна гібридів кукурудзи, т/га**

Густота, тис/га	Удобрення	2025 р.	2026 р.	Середнє
ДН Стяг				
50	Без добрив (к)	5,88	8,57	7,23
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	8,31	9,86	9,09
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	8,63	10,15	9,39
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	7,30	8,77	8,04
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	7,57	9,08	8,33
70	Без добрив (к)	6,42	9,13	7,78
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	8,88	10,55	9,72
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	9,21	10,79	10,00
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	7,83	9,29	8,56
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	8,12	9,65	8,89
ДН Велд				
50	Без добрив (к)	5,57	7,54	6,56
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	8,09	8,97	8,53
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	8,33	9,19	8,76
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	7,03	7,65	7,34
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	7,37	7,97	7,67
70	Без добрив (к)	6,18	8,26	7,22
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	8,68	9,74	9,21
	$N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	8,99	9,98	9,49
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га	7,57	8,56	8,07
	$N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га	7,96	8,81	8,39
$НІР_{05}$ т/га	2025 р.	A=0,03, B=0,02, C=0,08, AB=0,06, AC=0,14, BC=0,09, ABC=0,18		
	2026 р.	A=0,07, B=0,05, C=0,14, AB=0,09, AC=0,16, BC=0,12, ABC=0,26		

Більш сприятливим для росту і розвитку рослин виявився 2026 рік, що закономірно відобразилося на значно вищих показниках урожайності на всіх без винятку варіантах досліду порівняно з 2025 роком.

Розглядаючи контрольні ділянки, де мінеральні добрива не застосовувалися, можна прослідкувати базовий рівень продуктивності гібридів за рахунок природної родючості ґрунту. За посіву з густотою стояння 50 тисяч рослин на гектар гібрид ДН Стяг у середньому за два роки сформував урожайність на рівні 7,23 т/га, тоді як у 2025 році цей показник становив 5,88 т/га, а у 2026 році досяг 8,57 т/га. Гібрид ДН Велд за аналогічних умов контролю

продемонстрував дещо нижчий результат, сформувавши середню врожайність 6,56 т/га, з коливаннями від 5,57 т/га у 2025 році до 7,54 т/га у 2026 році.

Підвищення густоти стояння рослин з 50 до 70 тисяч на гектар мало позитивний вплив на формування валового збору зерна з одиниці площі для обох досліджуваних гібридів. На контрольному варіанті гібрида ДН Стяг таке ущільнення ценозу дозволило підвищити середню врожайність з 7,23 до 7,78 т/га, причому у 2026 році урожайність склала 9,13 т/га, а у 2025 році 6,42 т/га. Подібна тенденція прослідковувалася і для гібрида ДН Велд, де на контролі загущення забезпечило приріст середньої врожайності з 6,56 до 7,22 т/га, з показниками 6,18 т/га у 2025 році та 8,26 т/га у 2026 році.

Найбільший вплив на рівень урожайності мало застосування мінеральних добрив у комплексі з препаратом біологічного походження. Внесення повної дози мінерального живлення $N_{100}P_{50}$ спільно з біодобривом у нормі 0,15 л/га забезпечило стрімке зростання продуктивності. Для гібрида ДН Стяг за густоти 50 тисяч рослин на гектар середня урожайність на цьому фоні зросла до 9,09 т/га. Збільшення дози рідкого біопрепарату до 0,25 л/га на такому ж мінеральному фоні дозволило отримати 9,39 т/га зерна в середньому за роки досліджень, при цьому у 2025 році зібрали 8,63 т/га, а у 2026 році 10,15 т/га.

Максимальна врожайність у всьому досліді була зафіксована на ділянках гібрида ДН Стяг за густоти стояння 70 тисяч рослин на гектар та найвищого рівня інтенсифікації живлення. Використання мінеральних добрив $N_{100}P_{50}$ разом із 0,25 л/га біостимулятора дозволило досягти середньої врожайності рівно 10,00 т/га, що є максимумом цього експерименту. По роках цей показник варіював від 9,21 т/га у 2025 році до 10,79 т/га у 2026 році. Зниження дози біопрепарату до 0,15 л/га на цьому ж загущеному фоні зумовило незначне падіння середньої врожайності до 9,72 т/га.

Гібрид ДН Велд також максимально реалізував свій генетичний потенціал за найвищого рівня мінерального живлення та максимальної щільності посіву. На варіанті з живленням $N_{100}P_{50}$ та нормою препарату 0,25 л/га за густоти 70 тисяч рослин на гектар середня врожайність сягнула 9,49 т/га. У розрізі років

урожайність склала 8,99 т/га у 2025 році та 9,98 т/га у 2026 році. Розрідження посіву до 50 тисяч рослин на гектар за ідентичного рівня удобрення призвело до зниження середньої продуктивності до 8,76 т/га.

Варіанти зі зниженою нормою мінеральних добрив $N_{80}P_{40}$ також продемонстрували високу ефективність порівняно з контролем, хоча й закономірно поступалися варіантам з максимальним живленням. Для гібрида ДН Стяг за густоти 70 тисяч рослин на гектар живлення $N_{80}P_{40}$ з додаванням 0,15 л/га біопрепарату забезпечило середню врожайність 8,56 т/га, а збільшення дози стимулятора до 0,25 л/га підвищило цей показник до 8,89 т/га. Аналогічні варіанти економного живлення для гібрида ДН Велд за густоти 70 тисяч рослин на гектар дозволили отримати середню врожайність 8,07 та 8,39 т/га відповідно до норми внесення біопрепарату. На зріджених посівах з густотою 50 тисяч рослин на гектар ці показники для гібрида ДН Велд становили 7,34 та 7,67 т/га.

Одержані результати польових досліджень підтверджуються математичною обробкою даних. Статистичний аналіз підтверджує достовірність отриманих розбіжностей між різними варіантами досліду. Найменша істотна різниця на п'ятивідсотковому рівні значимості у 2025 році для фактора А становила 0,03 т/га, для фактора В склала 0,02 т/га, а для фактора С дорівнювала 0,08 т/га. Взаємодія факторів також є статистично достовірною, зокрема для АВ показник становить 0,06 т/га, АС дорівнює 0,14 т/га, ВС складає 0,09 т/га, а взаємодія всіх трьох факторів АВС дорівнює 0,18 т/га. У 2026 році показники найменшої істотної різниці були дещо вищими: для фактора А вони становили 0,07 т/га, для фактора В дорівнювали 0,05 т/га, для фактора С склали 0,14 т/га, взаємодія АВ становила 0,09 т/га, АС дорівнювала 0,16 т/га, ВС склала 0,12 т/га, а комплексна взаємодія АВС становила 0,26 т/га.

4.6. Економічна ефективність вирощування кукурудзи

Поряд із завданням підвищення валових зборів зерна, першочерговим викликом для агровиробників залишається збереження високої економічної рентабельності. Цей аспект стає критично важливим на тлі загальносвітової

тенденції до випереджального зростання вартості ресурсів порівняно з цінами на кінцеву сільськогосподарську продукцію. Інтенсифікація виробництва нерозривно пов’язана із залученням додаткових матеріальних інвестицій, що вимагає жорсткого контролю витрат праці та оптимізації виробничих процесів [74, 75].

У період воєнного стану порушення логістичних ланцюгів та висока вартість матеріально-технічних засобів створили додаткові ризики для довгострокового планування. Зростання собівартості змушує аграріїв коригувати технології, знижуючи норми внесення добрив і пестицидів, що закономірно провокує спад урожайності [76, 77]. Відповіддю на ці виклики є перехід до сучасних ресурсоощадних моделей господарювання. Вони базуються на розкритті потенціалу високоефективних гібридів, впровадженні збалансованого живлення та інтеграції дешевших біопрепаратів. Часткове заміщення дорогих мінеральних добрив мікробіологічними комплексами дозволяє оптимізувати економічні витрати на гектар та втримати показники рентабельності без катастрофічного падіння продуктивності [78].

Впровадження новітніх та модернізація традиційних систем вирощування кукурудзи обов'язково мають супроводжуватися глибоким фінансовим аналізом, оскільки будь-які агротехнічні рішення повинні гарантувати високу економічну віддачу. Аграрний сектор постійно оновлюється завдяки появі інноваційних гібридів, і для кожного з них необхідно ретельно підбирати індивідуальні параметри, такі як передзбиральна кількість рослин на гектар чи оптимальні норми внесення добрив. Варто розуміти, що зміна системи живлення чи коригування густоти посіву не призводять до збільшення кількості технологічних операцій або зміни їхньої послідовності в полі. Головний наслідок таких модифікацій відображається виключно на масі зібраного врожаю, що у свою чергу потребує проведення чітких математичних розрахунків для визначення доцільності понесених витрат. Оцінка фінансової успішності вирощування базується на показнику окупності залучених матеріальних ресурсів.

Кукурудза традиційно вважається однією з найбільш прибуткових культур, однак вона потребує надзвичайно великих капіталовкладень порівняно з іншими злаками. Висока собівартість зумовлена значними витратами на придбання мінеральних добрив, засобів захисту рослин та пального, на які загалом припадає від 59 до 73 % загального бюджету технологічної карти. Велику частку також займає оплата механізованих робіт, яка становить близько половини всіх витрат, де обробіток ґрунту забирає до 19 %, а догляд за вегетуючими рослинами до 12 %. Зниження собівартості кожної отриманої тони зерна можливе лише за умови переходу на вирощування сучасних гібридів інтенсивного типу та глобальної оптимізації агротехнологій. Саме такий підхід гарантує зростання валового збору, збільшення чистого прибутку та підвищення рівня рентабельності виробництва. Для всебічної характеристики фінансової успішності досліджуваних гібридів застосовувалися такі критерії як загальна вартість отриманої продукції, розмір виробничих витрат, сума умовно чистого прибутку з одного гектара та загальний відсоток рентабельності.

Аналіз економічних показників, які наведені у таблиці 9, дає можливість об'єктивно оцінити доцільність застосування різних норм добрив та біопрепаратів на двох фонах густоти стояння рослин. Згідно з отриманими розрахунками, економічна ефективність вирощування кукурудзи має пряму залежність від генетичних властивостей гібрида, щільності ценозу та інтенсивності мінерального живлення. Загальна тенденція вказує на те, що гібрид ДН Стяг забезпечує значно вищу фінансову віддачу порівняно з гібридом ДН Велд за всіх досліджуваних умов. Також чітко прослідковується закономірність, за якої збільшення густоти стояння з 50 до 70 тис./га забезпечує зростання виробничих витрат, проте це повністю компенсується суттєвим збільшенням вартості вирощеної продукції та чистого прибутку.

Розглядаючи економічні показники гібрида ДН Стяг за розрідженого посіву з густотою 50 тис/га, можна побачити базові цифри на контрольному варіанті без застосування добрив. За урожайності 7,2 т/га виробничі витрати склали 28801 грн/гар, що дозволило отримати продукцію вартістю 49130 грн.

Таблиця 9. **Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи (за 2025–2026 рр.)**

Густота рослин, тис/га	Удобрення*	Урожайність зерна, т/га	Виробничі витрати, грн/га.	Вартість вирощеної продукції, грн.	Умовно чистий прибуток, грн.	Собівартість 1 т насіння, грн.	Рівень рентабельності, %
ДН Стяг							
50	1	7,2	28801,0	49130,0	20329,0	3986,3	70,6
	2	9,1	29957,0	61778,0	31821,0	3297,4	106,2
	3	9,4	30379,0	63852,0	33473,0	3235,3	110,2
	4	8,0	25983,0	54638,0	28655,0	3233,7	110,3
	5	8,3	26396,0	56610,0	30214,0	3170,7	114,5
70	1	7,8	29127,0	52870,0	23743,0	3746,2	81,5
	2	9,7	30284,0	66062,0	35778,0	3117,2	118,1
	3	10,0	30705,0	68000,0	37295,0	3070,5	121,5
	4	8,6	26311,0	58208,0	31897,0	3073,7	121,2
	5	8,9	26722,0	60418,0	33696,0	3007,5	126,1
ДН Велд							
50	1	6,6	29615,0	44574,0	14959,0	4517,9	50,5
	2	8,5	30773,0	58004,0	27231,0	3607,6	88,5
	3	8,8	31193,0	59568,0	28375,0	3560,8	91,0
	4	7,3	26797,0	49912,0	23115,0	3650,8	86,3
	5	7,7	27209,0	52156,0	24947,0	3547,5	91,7
70	1	7,2	30024,0	49096,0	19072,0	4158,4	63,5
	2	9,2	31181,0	62628,0	31447,0	3385,6	100,9
	3	9,5	31602,0	64498,0	32896,0	3331,8	104,1
	4	8,1	27208,0	54842,0	27634,0	3373,6	101,6
	5	8,4	27619,0	57018,0	29399,0	3293,9	106,4

*1- Без добрив; 2- $N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,15 л/га; 3- $N_{100}P_{50}$ +BioStim Forte 0,25 л/га; 4- $N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,15 л/га; 5- $N_{80}P_{40}$ +BioStim Forte 0,25 л/га.

Умовно чистий прибуток на цьому варіанті становив 20329 грн, собівартість однієї тони насіння сягнула 3986,3 грн, а рівень рентабельності – 70,6 %. Максимальні виробничі витрати за цієї густоти спостерігалися на варіанті з внесенням добрив у дозі $N_{100}P_{50}$ та застосуванням біопрепарату у нормі 0,25 л/га – 30379 грн/га. Проте саме цей варіант забезпечив найвищу вартість вирощеної продукції у розмірі 63852 грн та максимальний умовно чистий прибуток 33473 грн. Варіант зі нормою добрив $N_{80}P_{40}$ та максимальною дозою

біопрепарату 0,25 л/га вимагав витрат на суму 26396 грн, що при урожайності 8,3 тони на гектар дозволило досягти найвищого рівня рентабельності 114,5 % та найнижчої собівартості однієї тони зерна на рівні 3170,7 грн.

Ущільнення посіву гібрида ДН Стяг до 70 тисяч рослин на гектар призвело до покращення всіх економічних показників. На контрольному варіанті рівень рентабельності зріс до 81,5 %, а чистий прибуток склав 23743 грн. Найбільший умовно чистий прибуток у всьому досліді був зафіксований саме для гібрида ДН Стяг за максимальної густоти та інтенсивного живлення $N_{100}P_{50}$ з додаванням 0,25 л/га біостимулятора. Виробничі витрати тут сягнули 30705 грн, але завдяки урожайності 10,0 тон на гектар вартість продукції склала 68000 грн, що згенерувало 37295 грн чистого прибутку при рентабельності 121,5 %. Економічно найвигіднішим виявився варіант з оптимізованим живленням $N_{80}P_{40}$ та 0,25 л/га біопрепарату. Завдяки раціональному використанню ресурсів виробничі витрати знизилися до 26722 грн, що забезпечило рекордний рівень рентабельності 126,1 % та мінімальну у досліді собівартість однієї тони зерна на рівні 3007,5 грн.

Гібрид ДН Велд продемонстрував меншу економічну привабливість, проте зберіг аналогічні закономірності реагування на елементи технології. За густоти 50 тис/га без використання добрив витрати склали 29615 грн, що при врожаї 6,6 т/га дало лише 14959 грн прибутку і найнижчу в експерименті рентабельність 50,5 %. Собівартість однієї тони на контролі була найвищою і становила 4517,9 грн. Максимальний прибуток для цієї густоти у розмірі 28375 грн було отримано за умови застосування норми $N_{100}P_{50}$ та 0,25 л/га біодобрива, при цьому рентабельність склала 91,0 %. Оптимізована система живлення $N_{80}P_{40}$ з тією ж м дозою біологічного препарату дозволила досягти рентабельності 91,7% при виробничих витратах 27209 грн, що зробило собівартість тони насіння рівною 3547,5 грн.

Підвищення густоти стояння гібрида ДН Велд до 70 тисяч рослин на гектар дозволило подолати рубіж рентабельності у 100 відсотків на інтенсивних варіантах. На контролі без добрив показник рентабельності хоч і зріс, але

становив лише 63,5 % при прибутку 19072 грн. Використання удобрення $N_{100}P_{50}$ разом з 0,25 л/га біологічного препарату потребувало найбільших інвестицій у розмірі 31602 грн на гектар. Проте це дало змогу виростити продукцію вартістю 64498 грн, отримати чистий прибуток 32896 грн та вийти на рівень рентабельності 104,1 %. Найкращий економічний ефект для гібрида ДН Велд знову ж таки продемонстрував варіант із ресурсоощадною нормою добрив $N_{80}P_{40}$ та 0,25 л/га стимулятора росту. Витрати тут склали 27619 грн, але за рахунок урожайності 8,4 т/га чистий прибуток досяг 29399 грн, рівень рентабельності піднявся до 106,4 %, а собівартість однієї тони знизилася до 3293,9 грн.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що використання біологічного добрива BioStim Forte у нормі 0,25 л/га на фоні мінерального живлення $N_{100}P_{50}$ та посів з густотою 70 тис/га забезпечило формування найбільшої висоти рослин кукурудзи – 239,3 см у гібрида ДН Велд і 229,6 см у гібрида ДН Стяг, що відповідно на 22,9 та 26,2 см більше за показники рослин на контрольному варіанті. Відмічено, що на аналогічних варіантах досліду за норми мінеральних добрив $N_{80}P_{40}$ висота рослин була нижчою.

2. Виявлено, що найбільш сприятливі умови для формування максимальної фотосинтетичної продуктивності посівів кукурудзи зафіксовані на варіантах з використанням у передпосівну культивацію препарату BioStim Forte у нормі 0,25 л/га на фоні удобрення $N_{100}P_{50}$. У фазу цвітіння за густоти рослин 70 тис/га площа листкової поверхні досягала максимальних значень і становила у гібрида ДН Стяг 43,6 тис. $м^2$/га, а у гібрида ДН Велд 41,4 тис. $м^2$/га. Зменшення густоти посіву до 50 тис/га призводило до закономірного зниження загальної площі листків у перерахунку на гектар.

3. Біометричні дослідження засвідчили, що максимальні у досліді показники індивідуальної продуктивності рослин формувались на зріджених посівах за густоти 50 тис/га з внесенням біодобрива BioStim Forte у нормі 0,25 л/га на фоні $N_{100}P_{50}$. На цих варіантах формувалась найвища кількість зерен у ряді – 33,5 шт у гібрида ДН Стяг і 33,8 шт у гібрида ДН Велд, маса зерна з одного качана становила відповідно 184,4 г і 174,5 г, а маса 1000 зерен досягала 330,1 г і 310,7 г.

4. Встановлено, що в середньому по досліду врожайність зерна була значно вищою у сприятливому 2026 році порівняно з 2025 роком. Максимальна урожайність зерна у розрізі варіантів досліду відмічена на ділянках з гібридом ДН Стяг з густотою 70 тис/га за удобренням $N_{100}P_{50}$ та BioStim Forte 0,25 л/га – 10,00 т/га. Гібрид ДН Велд за аналогічних умов забезпечив середню урожайність на рівні 9,49 т/га.

5. Економічна оцінка моделей технологій вирощування гібридів кукурудзи підтверджує високу ефективність застосування ресурсоощадних систем живлення. Доведено, що найефективнішою з економічної точки зору є технологія, яка передбачає знижене внесення мінеральних добрив у дозі $N_{80}P_{40}$, використання біологічного добрива BioStim Forte у нормі 0,25 л/га та посів з густотою 70 тис/га. Це забезпечує максимальний рівень рентабельності виробництва: 126,1 % у гібрида ДН Стяг та 106,4 % у гібрида ДН Велд при найнижчій собівартості вирощеної продукції.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Навчально-виробничого центру Білоцерківського НАУ рекомендується вирощувати гібриди кукурудзи ДН Стяг і ДН Велд на фоні внесення мінеральних добрив у нормі $N_{80}P_{40}$ та застосуванням у передпосівну культивацію біологічного добрива BioStim Forte (0,25 л/га).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко С. М., Машинник С. В. Застосовуйте «Нутрівант плюс» та отримуйте щедрий врожай кукурудзи. Агроном. 2008. № 2. С. 52–53.

2. Анішин Л. А. Вітчизняні біологічно активні препарати просяться на поля України. Пропозиція. 2004. № 10. С. 48–50.

3. Асанішвілі Н. М., Юла В. М., Шляхтурова С. П. Формування елементів структури врожаю кукурудзи під впливом технології вирощування в Лісостепу. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Умань, 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 663-676.

4. Басюк П. Л., Грабовський М. Б. Агроенергетична оцінка продуктивності кукурудзи при застосуванні мікродобрив і регуляторів росту. Аграрні інновації. 2025. № 33. С. 20–29.

5. Вахній С. П., Грабовський М. Б., Панченко Т. В., Павліченко К. В., Степаненко М. В., Мостипан О. В. Енергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно та виробництво паливних пелет. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2026. Том 79 (2). С. 7–17.

6. Влащук А., Прищепко М., Желтова А. Цариця полів. Чинники урожайності. Farmer. 2017. №3 (87). С. 12-13.

7. Волкодава В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Київ, 2001. 69 с.

8. Волкогон В.В. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. К.: Аграрна наука, 2011. 156 с.

9. Волкогон В.В., Дімова С.Б., Волкогон К. І., Борулько Р.О., Бердніков О.М. Вплив мікробних препаратів на засвоєння культурними рослинами поживних речовин. Вісник аграрної науки. 2010. № 5. С. 25–28.

10. Городній М.М., Павлик Р.М. Вплив систематичного використання добрив в сівозміні на формування асиміляційного апарату посівів та

продуктивність кукурудзи. Науковий вісник НУБіП України. Київ, 2010. № 149. С. 54-60.

11. Господаренко Г. Удобрення кукурудзи. Агробізнес сьогодні. 2010. №10(185). С. 18-19.

12. Грабовський М.Б. Ефективність застосування мінеральних добрив у одновидових та сумісних посівах сорго цукрового та кукурудзи. Техніка і технології АПК. 2018. № 8–9 (107). С. 21–24.

13. Грабовський М.Б. Продуктивність сумісних посівів сорго цукрового й кукурудзи та вихід біогазу залежно від густоти стояння рослин і ширини міжрядь. Біоенергетика. 2018. №2 (12). С. 32–34.

14. Грабовський М.Б. Урожайність кукурудзи на силос залежно від рівня мінерального живлення в умовах Центрального Лісостепу України. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2014. №7. С. 49–53.

15. Грабовський М.Б., Вахній С.П., Лозінський М.В., Панченко Т.В., Басюк П.Л. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від застосування комплексних мінеральних добрив. Агробіологія. 2021. №2. С. 33-42.

16. Грабовський М. Б., Городецький О.С., Павліченко К.В. Формування продуктивності кукурудзи на силос залежно від рівня мінерального живлення. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Біла Церква, 2020. С. 3-4.

17. Грабовський М.Б., Грабовська Т.О. Продуктивність кукурудзи на силос в залежності від густоти стояння рослин. Агробіологія. 2015. №2 (121). С. 77–83.

18. Грабовський М.Б., Грабовська Т.О., Городецький О.С., Курило В.Л. Формування продуктивності кукурудзи на силос залежно від фону мінерального живлення. Зрошуване землеробство. 2019. Вип. 71. С. 37–40.

19. Грабовський М.Б., Грабовська Т.О., Ященко С.А. Застосування препарату Ентеронормін у посівах кукурудзи. АгроТерра. 2020. № 1(8). С. 49-56.

20. Грабовський М.Б., Козак Л.А., Лозінський М. В., Городецький О.С., Степаненко М. В. Економічна оцінка елементів технології вирощування кукурудзи для отримання зерна і біоетанолу. Зрошуване землеробство. 2024. Вип. 82. С. 20-25.

21. 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.

22. Дудка В. Позакореневе підживлення: хибні теорії та практичні помилки. Агроном. 2010. № 4 (30). С. 24–27.

23. Дудка М., Шевченко О. Мікродобрива й кукурудза. Farmer the Ukrainian. №5(77). 2016. С. 68-69.

24. Дудка М.І., Якунін О.П. Формування врожайності зерна кукурудзи залежно від способу сівби та густоти стояння рослин в північному Степу України. Зернові культури. 2023. Т. 7. № 1. С. 76–84.

25. Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. Вісник ПДАА. 2016. №4. С. 63–65.

26. Жилкін В.А. Регулятори росту в рослинництві. К.: МНТЦ «Агробіотех», 2007. 27 с.

27. Засуха Т. Вітчизняні регулятори росту – це надійно. Пропозиція. 2001. № 3. С. 76.

28. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво. Підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. С. 249–265.

29. Зубець М.В. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України. Київ: Аграрна наука, 2004. 986 с.

30. Зубець М.В. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України. Київ: Аграрна наука, 2010. 980 с.

31. Кабак К. М. Шляхи підвищення економічної ефективності виробництва сільськогосподарських культур. Перспективні напрямки розвитку економіки. 2018. № 2. С. 56-65.

32. Каленська С. М., Шевчук О. Я., Дмитрощак М. Я. Рослинництво. Київ: НАУУ, 2005. 502 с.

33. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Реакція гібридів кукурудзи різних груп стиглості на удобрення та економічна ефективність вирощування. Таврійський науковий вісник. 2019. Вип. 106. С. 63–69.

34. Калінін Ф. Л. Застосування регуляторів росту в сільському господарстві. К.: Урожай, 1989. 168 с.

35. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи різного рівня інтенсивності. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 3 (107). С. 19–27.

36. Кирпа М.Я. Визначення якості насіння кукурудзи та його підготовка до сівби. Сучасні аграрні технології. 2013. № 3. С. 18-22.

37. Коваленко О., Ковбель А. Елементи живлення та стреси польових культур. Пропозиція. 2013. № 5 (215). С.78–79.

38. Ковальчук О.В. Економічна ефективність виробництва продукції рослинництва. Розвиток економіки, підприємництва, торгівлі та біржової діяльності. 2018. № 15. С.58-63.

39. Козак Л.А., Грабовський М.Б., Качан Л.М., Павліченко К.В., Німенко С.С. Ефективність застосування регуляторів росту при вирощуванні кукурудзи на зерно за контрастних умов. Таврійський науковий вісник. 2025. № 142. Ч. 1. С. 124–136.

40. Кордін О. І. Вплив гідротермічних умов на схожість насіння різних за холодостійкістю гібридів кукурудзи. Погода і зернове господарство України. Дніпропетровськ, 2004. С. 58–63.

41. Корми для тварин. Методи відбирання проб: ДСТУ ISO 6497:2005. К.: Держспоживстандарт України, 2008. 19 с.

42. Корчагіна І. Кукурудза – 2011. Agroexpert: практичний посібник аграрія. 2011. № 3 (32). С. 34-37.

43. Кравець С.С. Формування продуктивності кукурудзи залежно від ширини міжрядь і гербіцидів в північному Степу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук. Дніпропетровськ. 2013. 19 с.

44. Крамарьов С. Живлення через листок. Farmer. 2013. № 5. С. 38-40.

45. Крамарьов С.М., Шевченко М.С., Шевченко В.М. Позакореневе підживлення посівів гібридів кукурудзи. Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН. 2000. № 12–13. С. 36–39.

46. Кур'ята В. Г. Фізіологія рослин. Вінниця: Гіпаніс, 2005. 100 с.

47. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.

48. Мазур В. А., Азуркін В. О., Поліщук І. С. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння для виробництва біоетанолу. Зб. наук. пр. ВНАУ. 2011. С. 27–30.

49. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Формування площі листкової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. Біоресурси і природокористування. 2018. Т. 10, №1, 2. С. 108–114.

50. Мазур В. А., Шевченко Н. В., Циганська О. І. Висота рослин кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. Сільське господарство та лісівництво. 2018. № 8 (1). С. 5-13.

51. Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О. та ін. Ефективність застосування біопрепаратів під час вирощування ліній кукурудзи за різної густоти рослин. Аграрні інновації. 2021. № 5. С. 135-142.

52. Мерленко І. М., Зінчук М. І., Штань С. С. Застосування стимуляторів росту рослин та біопрепаратів як фактор біологізації. Охорона родючості ґрунтів. К., 2004. Вип. 1. С. 105–114.

53. Минкін М.В., Берднікова О.Г., Минкіна Г.О. Формування продуктивності кукурудзи на зерно залежно від живлення та густоти стояння. Таврійський науковий вісник. 2019. № 106. С. 103-109.

54. Мілютенко Т.Б., Демидов О.А., Шерстобоєва О.В. Міграція біогенних елементів з ґрунту за різних систем удобрення. Агроекологічний журнал. 2014. №1. С. 60-64.

55. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Вища школа, 1994. 334 с.

56. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. Київ. Либідь. 2005. 808 с.

57. Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України / За ред. В. Ф. Камінського. Київ: Едельвейс, 2015. 428 с.

58. Непочатенко О. О. Фінанси підприємств: підручник. Умань: Сочінський, 2012. 501 с.

59. Павліченко К. В., Грабовський М. Б., Панченко Т. В., Лозінський М. В., Німенко С. С. Вплив макро- і мікродобрив на показники якості вегетативної маси рослин кукурудзи та вихід біометану. Зернові культури. 2025. №2. С. 251–261.

60. Павліченко К.В., Грабовський М.Б. Урожайність зеленої і сухої маси гібридів кукурудзи та вихід біогазу залежно від застосування макро- і мікродобрив. Зрошуване землеробство. 2022. Вип. 77. С. 79-85.

61. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на кількість качанів у гібридів кукурудзи. Вісник аграрної науки. 2018. №8(785). С. 24-32.

62. Паламарчук В.Д., Дідур І.М. та ін. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи. Вінниця: Друк, 2020. 536 с.

63. Панченко Т., Новохацький М., Грабовський М. Комплексна оцінка впливу обробітку ґрунту й удобрення на елементи структури та врожайність кукурудзи. Техніко-технологічні аспекти розвитку. 2023. Вип. 33 (47). С. 78–93.

64. Панченко Т.В., Козак Л.А., Грабовський М.Б. Агробіологічні особливості росту та продуктивності кукурудзи за різних систем удобрення. Рослинництво, селекція і насінництво. 2026. № 1. С.430-450.

65. Пархомець М. К., Уніят Л.М. Інноваційні методи управління виробництва зерна кукурудзи. Економічний аналіз. 2018. Т. 28. № 3. С. 176-183.

66. Пастернак В. Елементи мінерального живлення рослин. УкрАгроРесурс. 2015. 30 с.

67. Патика В. П. Що дає виробникам рослинної продукції застосування препарату КЛЕПС? Агробізнес сьогодні. 2002. № 5. С. 10–13.

68. Патика В.П., Макаренко Н.А., Моклячук Л.І. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів. Київ: Основа, 2005. 300 с.

69. Патика В.П., Пасічник Л.А. Фітопатогенні бактерії: фундаментальні і прикладні аспекти. Вісник УНУС. 2014. № 2. С. 7-11.

70. Пащенко Ю.М., Остапенко М.А., Єремко Л.С. Строки сівби та густота стояння рослин гібридів кукурудзи. Вісник ДДАУ. 2007. №2. С. 24-28.

71. Писаренко П. В. та ін. Фотосинтетичний потенціал рослин кукурудзи залежно від умов вирощування. Миронівський вісник. 2015. №. 1. С. 243–251.

72. Пономаренко С. Біостимулятори росту. Як зменшити пестицидний стрес на поля. Захист рослин. 1997. №1. С. 4-5.

73. Рекомендації по застосуванню регуляторів росту рослин в сільськогосподарському виробництві. Київ, 2006. 24 с.

74. Степаненко М. В., Грабовський М. Б. Вплив системи удобрення на лінійні розміри рослин кукурудзи. Аграрні інновації. 2023. №21. С. 104-109.

75. Bircher J.A., Auger D.L., Riddle N.C. In search of the molecular basis of heterosise. Plant cell. 2003. V. 15, 10. P. 2236-2240.

76. Bramm A. Physiologische Grundlagen des Wasser und Stoffhaushaltes von Mais. Z. Be. Wasser. 1980. H. 2. S. 113–119.

77. Calvino P. A., Andradeb F. A. Maize Yield as Affected by Water Availability, Soil Depth, and Crop Management. Agronomy Journal. 2003. № 95. P. 275–281.

78. Prymak I., Grabovskyi M., Voitovyk M. et al. Changes in the balance of humus in the soil of five-field crop rotation depending on fertilizer systems. Scientific Papers Series Management. 2026. Vol. 26. Issue 1. P.749–760.