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

Допускається до захисту
завідувач кафедри землеробства,
агрохімії та ґрунтознавства
доцент_____ Єзерковська Л.В.
«05» _листопада 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Формування урожайності та якості зерна кукурудзи залежно від способів основного обробітку ґрунту та удобрення в умовах НВЦ БНАУ

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

Виконав: *Оверченко Денис Вадимович*_____
прізвище, ім'я, по батькові *підпис*

Керівник: доцент Єзерковська Л.В. _____
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.
«10» вересня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувачу
Оверченко Денис Вадимович

Тема: **«Формування урожайності та якості зерна кукурудзи залежно від способів основного обробітку ґрунту та удобрення 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 включає вивчення питань обробітку ґрунту та удобрення; ґрунтово-кліматичні умови; методика проведення досліджень; аналіз результатів досліджень за вивчення впливу системи основного обробітку ґрунту та удобрення на продуктивність кукурудзи та родючість грунту; 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 28.10.2026	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 15.11.2026	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи _____ доцент Єзерковська Л.В.
підпис *вчене звання, прізвище, ініціали*

Здобувач _____ Оверченко Д.В.
підпис *прізвище, ініціали*

Дата отримання завдання «10» вересня 2025 р.

ДЕКЛАРАЦІЯ
про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи

Я, Оверченко Денис Вадимович, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою Н1 Агрономія, підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми: «Формування урожайності та якості зерна кукурудзи залежно від способів основного обробітку ґрунту та удобрення 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 (ChatGPT), для перекладу тексту (Google Translate), для створення або редагування зображень (-), для написання чи оптимізації коду (-). 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: 13.11.2026

Анотація

Оверченко Д. В. Формування урожайності та якості зерна кукурудзи залежно від способів основного обробітку ґрунту та удобрення в умовах НВЦ БНАУ.

В умовах сучасних кліматичних змін та трансформації аграрного сектора України виникає гостра потреба в оптимізації систем основного обробітку ґрунту та мінерального живлення кукурудзи. Розробка ресурсоощадних елементів технології вирощування, які поєднують високу продуктивність культури зі збереженням водно-фізичного й агрохімічного стану чорноземів типових, є надзвичайно актуальним завданням для агрономічної науки та виробництва.

Мета та завдання роботи. Метою роботи є наукове обґрунтування та оцінка ефективності поєднання способів основного обробітку ґрунту, систем мінерального живлення та позакореневого біостимулювання при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Правобережного Лісостепу. Для досягнення мети було поставлено завдання: дослідити водно-фізичні й агрохімічні властивості ґрунту; оцінити фітосанітарний стан і забур'яненість посівів; встановити рівень урожайності та біохімічні показники якості зерна (білок, крохмаль, жир); розрахувати економічну ефективність.

Об’єкт дослідження – процеси формування продуктивності кукурудзи на зерно, водно-фізичного й агрохімічного режимів ґрунту та забур’яненості посівів залежно від агротехнічних чинників.

Предмет дослідження – способи основного обробітку ґрунту (оранка 25–27 см, дискування 10–12 см, No-till), форми та дози мінеральних добрив (K_{90}, $P_{45}K_{120}$, $N_{45}P_{45}K_{120}$) і біопрепарати (Гумікор, Квантум), їх вплив на врожайність та якість зерна кукурудзи.

Методи дослідження: польовий (закладання дослідів, фенологічні спостереження), лабораторний (грунтові та рослинні аналізи), вимірювально-ваговий (облік забур’яненості та структура врожаю), математично-

статистичний (дисперсійний аналіз) та розрахунково-порівняльний (економічна оцінка).

Основні результати та їх практичне значення. Доведено, що традиційна оранка на 25–27 см забезпечує оптимізацію щільності складення ґрунту (1,15–1,21 г/см³), а технологія No-till покращує збереження вологи у метровому шарі (до 170,2 мм) за рахунок мульчувального ефекту. Встановлено, що максимальну врожайність зерна (9,48 т/га), вміст сирого білка (10,8 %) та умовно-чистий прибуток (22 714 грн/га) забезпечує сумісна дія оранки, внесення $N_{45}P_{45}K_{120}$ та позакореневого живлення Квантумом.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості впровадження агропідприємствами Правобережного Лісостепу диференційованих технологічних моделей: інтенсивної (з оранкою та $N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум) – для максимізації прибутку, No-till – для посушливих умов та ерозійно небезпечних земель, або внесення біопрепаратів – для досягнення найвищої рентабельності (65,0–68,4 %) за обмеженого інвестування.

Кваліфікаційна робота магістра містить 61 сторінок, 8 таблиць, 5 рисунків, список використаних джерел із 48 найменувань.

Ключові слова: кукурудза на зерно, чорнозем типовий, оранка, дискування, No-till, мінеральні добрива, Гумікор, Квантум, урожайність, якість зерна, економічна ефективність

ANNOTATION

Overchenko D. V. Formation of yield and quality of maize grain depending on primary tillage methods and fertilization under the conditions of the research field of the Research and Production Center of BNAU.

Under conditions of current climate change and the transformation of Ukraine's agricultural sector, an urgent need arises to optimize primary tillage systems and mineral nutrition for maize. Developing resource-saving crop cultivation techniques that combine high crop productivity with the conservation of water-physical and agrochemical properties of Typical Chernozems is an exceptionally relevant task for agronomic science and production.

The purpose of the study is to provide a scientific justification and evaluate the effectiveness of combining primary tillage methods, mineral nutrition systems, and foliar biostimulation in growing grain maize under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. To achieve this goal, the following objectives were set: to investigate the water-physical and agrochemical properties of the soil; to evaluate the phytosanitary state and weed infestation of crops; to establish the yield level and biochemical grain quality indicators (protein, starch, fat); and to calculate the economic efficiency.

The processes of forming grain maize productivity, water-physical and agrochemical soil regimes, and crop weed infestation depending on agrotechnical factors.

Primary tillage methods (plowing at 25–27 cm, disking at 10–12 cm, No-till), forms and rates of mineral fertilizers (K_{90}, $P_{45}K_{120}$, $N_{45}P_{45}K_{120}$), and biopreparations (Humicor, Quantum), as well as their effect on maize grain yield and quality.

Field method (setting up experiments, phenological observations), laboratory method (soil and plant analyses), measuring-gravimetric method (weed accounting and yield structure), mathematical-statistical method (analysis of variance), and calculation-comparative method (economic evaluation).

It was proven that traditional plowing at 25–27 cm optimizes soil bulk density (1.15–1.21 g/cm³), while No-till technology improves moisture conservation in the 1-meter soil layer (up to 170.2 mm) due to the mulching effect. It was established that the maximum grain yield (9.48 t/ha), crude protein content (10.8%), and net profit (22,714 UAH/ha) are achieved through the combined effect of plowing, application of $N_{45}P_{45}K_{120}$, and foliar feeding with Quantum.

The practical significance of the obtained results lies in the possibility for agricultural enterprises of the Right-Bank Forest-Steppe to implement differentiated technological models: intensive (with plowing and $N_{45}P_{45}K_{120}$ + Quantum) to maximize profit, No-till for arid conditions and erosion-prone lands, or biopreparation application to achieve the highest profitability (65.0–68.4%) under limited investment.

The Master's qualification thesis consists of 61 pages, 8 tables, 5 figures, and a reference list of 48 titles.

Keywords: grain maize, Typical Chernozem, plowing, disking, No-till, mineral fertilizers, Humicor, Quantum, yield, grain quality, economic efficiency.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В умовах сучасних глобальних кліматичних змін та реструктуризації аграрного сектору України підвищення ефективності вирощування провідних зернових культур, зокрема кукурудзи, залишається стратегічним завданням агропромислового комплексу. Кукурудза належить до культур із високим біологічним потенціалом продуктивності, реалізація якого суттєво обмежується дефіцитом ґрунтової вологи, порушенням водно-фізичних властивостей чорноземів та дисбалансом елементів живлення в критичні фази органогенезу.

Традиційні інтенсивні технології вирощування, що базуються на глибокій відвальній оранці та високих дозах мінеральних туків, потребують значних витрат пально-мастильних матеріалів та сприяють деградаційним процесам у ґрунті. У зв’язку з цим виникає гостра потреба в оптимізації систем основного обробітку ґрунту та розробці ресурсоощадних елементів живлення, які передбачають ефективне поєднання класичних і мінімальних способів обробітку із застосуванням помірних доз мінеральних добрив та сучасних біостимуляторів і мікродобрив. Наукове обґрунтування адаптивних технологічних моделей вирощування кукурудзи на зерно на чорноземах типових є надзвичайно актуальним завданням для агрономічної науки та практики.

Мета роботи – науково обґрунтувати та дати комплексну агрономічну й економічну оцінку ефективності поєднання способів основного обробітку ґрунту, систем мінерального живлення та позакореневого біостимулювання при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі основні завдання:

- Дослідити вплив способів основного обробітку ґрунту (оранка на 25–27 см, дискування на 10–12 см, No-till) у фоні удобрення на водно-фізичні властивості чорнозему типового.

- З’ясувати особливості формування поживного режиму ґрунту (вміст мінерального азоту, рухомого фосфору та обмінного калію) протягом вегетаційного періоду кукурудзи.

- Оцінити фітосанітарний стан посівів кукурудзи та динаміку забур'яненості за різних способів обробітку ґрунту й захисту.

- Встановити закономірності формування врожайності зерна кукурудзи та його біохімічних показників якості (вміст сирого білка, крохмалю, жиру) під впливом досліджуваних чинників.

- Розрахувати економічну ефективність елементів технології вирощування кукурудзи на зерно в цінових орієнтирах 2026 року та надати практичні рекомендації виробництву.

Об’єкт дослідження – процеси формування продуктивності кукурудзи на зерно, водно-фізичного й агрохімічного режимів чорнозему типового та забур’яненості посівів залежно від способу обробітку ґрунту та зрушень у фоні удобрення.

Предмет дослідження – способи основного обробітку ґрунту, форми та дози мінеральних добрив і біопрепарати, їх вплив на продуктивність і якість зерна кукурудзи.

Методи дослідження: польовий; лабораторний; вимірювально-ваговий; математично-статистичний; розрахунково-порівняльний.

Наукова новизна отриманих результатів. Уточнено та доповнено наукові дані щодо комплексної дії способів основного обробітку ґрунту, повного мінерального живлення та позакореневого застосування біостимуляторів на водно-фізичні й агрохімічні параметри чорнозему типового в умовах Правобережного Лісостепу. Доведено високу ефективність технології No-till за умови використання пласту багаторічних трав щодо акумуляції та збереження продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту. Обґрунтовано оптимальне поєднання органо-мінерального живлення, яке забезпечує максимальну реалізацію зернового потенціалу кукурудзи та покращення біохімічних показників якості зерна за різних варіантів

обробітку.

Практичне значення отриманих результатів. Виробництву запропоновано диференційовані технологічні моделі вирощування кукурудзи на зерно: інтенсивна модель (оранка на 25–27 см + $N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум) – забезпечує максимальну врожайність зерна (до 9,48 т/га) та умовно-чистий прибуток (22 714 грн/га); ресурсо- та вологозберігаюча модель (No-till із гербіцидним захистом і збереженням мульчі) – рекомендована для посушливих умов та ерозійно небезпечних земель; ресурсоощадна модель (внесення біопрепаратів Гумікор або Квантум на фоні природної родючості) – дозволяє отримати найвищий рівень рентабельності (65,0–68,4 %) за умов обмеженого інвестування.

ЗМІСТ

Вступ 8
Розділ 1. Огляд літератури..... 12
Розділ 2. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень..... 25
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови ……..... 25
2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень..... 26
Розділ 3. Мета, завдання і методика проведення досліджень..... 29
3.1. Мета та завдання досліджень…… 29
3.2. Схема досліду та методики досліджень…… 26
3.3. Технологічні особливості вирощування кукурудзи за досліджуваних факторів …….. 32
Розділ 4. Результати досліджень…….. 34
4.1. Водно-фізичні властивості ґрунту, залежно від досліджуваних факторів ……..… 34
4.2. Поживний режим ґрунту, залежно від досліджуваних факторів……..…… 36
4.3. Забур’яненість посівів кукурудзи 42
4.4. Продуктивність кукурудзи на зерно залежно від способів основного обробітку та удобрення 45
4.5. Якість кукурудзи на зерно залежно від досліджуваних факторів 48
4.6. Економічна оцінка вирощування кукурудзи зерно залежно від удобрення та способів основного обробітку 50
Висновки 53
Рекомендації виробництву…… 55
Список використаних джерел..... 56

РОЗДІЛ 1. ЕФЕКТИВНІСТЬ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ.

(огляд літератури)

Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з провідних світових зернових культур, що відіграє стратегічну роль у забезпеченні продовольчої безпеки, тваринництва та біоенергетичного сектору. Зокрема, у країнах, що розвиваються, на харчові потреби спрямовується понад половину (50–55 %) її загального валового збору [1].

Нарощування обсягів виробництва зерна кукурудзи належить до ключових завдань сучасного землеробства [2]. Водночас реалізація потенціалу врожайності та якості зерна суттєво обмежується вразливістю наявних гібридів до мінливих агрокліматичних і технологічних чинників [3].

Вирішальне значення у формуванні високої продуктивності культури належить оптимізації системи живлення. Дослідженнями доведено, що в посушливих умовах Степу застосування оптимальних доз твердих мінеральних добрив за достатньої вологозабезпеченості ґрунту підвищує врожайність зерна на 30–40 % [4]. За даними польових дослідів на чорноземах у Сербії (Земун Поле), внесення NPK у дозах 258 та 516 кг/га забезпечило приріст урожайності на 1,47 та 1,85 т/га (або 19,1–24,0 %) порівняно з бездобривним контролем [5]. Також зафіксовано, що доза азоту N_{200} перевищувала за ефективністю норми N_{100} та N_{150} відповідно на 17 % та 8,5 % [6].

Систематичне азотне живлення не лише підтримує родючість ґрунту, а й гарантує суттєве зростання врожайності зерна (на 43–68 %) та загальної біомаси (на 25–42 %) [7, 8]. Крім того, інтенсифікація азотного живлення у поєднанні з класичним обробітком ґрунту покращує якісні показники зерна, підвищуючи вміст глутатіону, фітинового фосфору та загального білка [9].

Система обробітку є фундаментальним важелем оптимізації ґрунтового середовища, який прямо визначає динаміку ростових процесів,

рівень органогенезу та кінцеву зернову продуктивність кукурудзи [10, 11]. Формування ущільненого підорваного горизонту створює механічний бар'єр для розвитку кореневої системи, суттєво звужуючи об'єм ґрунтового профілю, доступного для засвоєння рослинами необхідної вологи та елементів живлення [12].

В агроекологічних зонах центральної Сербії максимальні показники врожайності кукурудзи зафіксовано за застосування класичної (традиційної) системи обробітку, що включала осінню оранку на глибину 20–25 см у поєднанні з одноразовою весняною передпосівною культивацією на 10–12 см [5]. За даними тривалих стаціонарних досліджень (2005–2016 рр.), за сприятливих гідротермічних умов традиційний обробіток забезпечував урожайність зерна на рівні 10,0 т/га, тоді як мінімальний та нульовий (No-till) — відповідно 8,3 та 7,0 т/га.

Водночас у періоди гострого дефіциту вологи мінімальний обробіток ґрунту демонстрував перевагу за зерновою продуктивністю порівняно з відвальною оранкою [13]. Важлива роль різноманітних технологічних способів обробітку ґрунту у формуванні високого врожаю та покращенні якісних параметрів зерна кукурудзи підтверджується також працями багатьох інших дослідників [14–16].

За даними (Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С), результати багатофакторного польового досліду з оцінки гібридів кукурудзи різних груп стиглості, способів основного обробітку ґрунту та рівнів мінерального живлення засвідчили, що оптимізація агробіофізичних умов росту, розвитку та формування високої зернової продуктивності культури досягається лише за умови збалансованого поєднання та синергетичного ефекту всіх досліджуваних чинників. Максимальну реалізацію генетичного потенціалу врожайності гібридів ДН Патріот та ДН Фієста забезпечила система живлення, яка передбачала внесення основного мінерального добрива в дозі $N_{40}P_{60}K_{60}$ у комбінації з позакореневим підживленням карбамідом (15 кг/га) та мікродобривом Новалон Фоліар (1,0 кг/га) у фазу 5–

6 листків на фоні полицевої оранки на глибину 20–22 см. Натомість для гібриду Джулія найбільш сприятливі умови для формування високої продуктивності формувалися за використання поверхневого обробітку ґрунту на глибину 8–10 см [1].

Оскільки коренева система кукурудзи формується рівномірно за всіма векторами та переважно зосереджується у шарі ґрунту 30–60 см, культура виявляє високу чутливість до глибини його обробітку. Емпіричні дані, одержані на Ерастівській і Красноградській дослідних станціях Інституту зернового господарства УААН, свідчать, що проведення глибокої полицевої оранки забезпечує приріст урожайності зерна на 0,3–0,4 т/га порівняно з мілким обробітком [2].

Водночас, згідно з дослідженнями І.Е. Щербака [3], в умовах високої культури землеробства у Степу України глибокий безотвальний (плоскорізний) обробіток не спричиняє зниження продуктивності кукурудзи, а в окремих випадках сприяє формуванню навіть вищих урожаїв порівняно з класичною оранкою. Формування еквівалентного рівня врожайності за цих способів обробітку підтверджують також праці Н.Х. Грабака [4], В.М. Крутя [5], В.С. Цикова [1] та інших науковців.

Оцінка реакції агроценозів кукурудзи на зменшення глибини основного обробітку до 10–14 см, проведена В.А. Ільченком [6] та В.Ф. Ківером [7], вказує на принципову можливість мінімалізації обробітку під цю культуру. Проте тривале та систематичне застосування виключно мілкого розпушування поступається за ефективністю системі, що базується на чергуванні глибокого обробітку з різними варіантами мілкого обробітку ґрунтового пласта.

У сучасній практиці вирощування кукурудзи дедалі більшої актуальності набуває мілкий (мульчувальний) обробіток ґрунту. Цей технологічний прийом виключає оборот орного пласта та передбачає залучення побічної продукції попередників для створення захисного мульчувального шару на поверхні ріллі [8, 9]. Водночас наукові дані щодо

ефективності застосування мілкого мульчувального обробітку під кукурудзу в умовах Північного Степу залишаються обмеженими, а погляди дослідників щодо доцільності використання різних способів розпушування ґрунту є досить дискусійними.

Зазначені обставини обумовлюють необхідність подальшого вивчення цього питання. Комплексні дослідження покликані обґрунтувати оптимальний спосіб обробітку ріллі, який гарантуватиме сприятливий агрофізичний стан, водний, поживний і фітосанітарний режими ґрунту, забезпечуючи максимальну зернову продуктивність культури за мінімальних ресурсозатрат та високого рівня рентабельності виробництва.

Результати досліджень О.І. Цилюрик свідчать про агрономічну та економічну доцільність мінімалізації основного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи, оскільки чизелювання та плоскорізне розпушування оптимізують агрофізичний і водний режими, а також забезпечують рівноцінну з полицевою оранкою зернову продуктивність (особливо за умов компенсації забур'яненості гербіцидним захистом та збільшення частки азотного живлення до $N_{60}P_{30}K_{30}$). При цьому скорочення витрат пального на 8,3–14,8 л/га та зростання рентабельності виробництва на 9,0–12,6 % підтверджують високу енергетичну й економічну ефективність мінімальних способів обробітку порівняно з класичною оранкою [4]. Згідно з дослідженнями Н.К. Шикули та Г.Н. Назаренко, проведеними в ґрунтово-кліматичних умовах Степу України, відсутня потреба в щорічному глибокому обробітку тих ґрунтів, чия рівноважна щільність не перевищує оптимальних параметрів для конкретної культури [8].

У сучасній агрономічній практиці одним із ключових напрямів мінімалізації обробітку ґрунту під польові культури вважається безполицевий обробіток. Відмова від класичної оранки на користь безотвальних методів на півдні України обумовлена тим, що головним завданням обробітку є створення умов для максимального засвоєння рослинами ґрунтових елементів живлення [9]. Попри значну кількість

наукових праць, присвячених пошуку ефективних способів основного обробітку, це питання залишається високоактуальним. Зокрема, безполицевий обробіток дозволяє отримувати урожайність на рівні традиційної оранки, а в окремих випадках і перевищувати її [2, 7], хоча його застосування під кукурудзу нерідко супроводжується підвищенням рівня забур'яненості посівів [10].

Зростання обсягів застосування добрив, диверсифікація способів обробітку ґрунту та впровадження прогресивних технологій вирощування зумовили появу публікацій щодо різної реакції зернових культур на попередники, можливість їх культивування у повторних і беззмінних посівах, а також допустиму насиченість ними польових сівозмін. Це обумовлює необхідність поглибленого вивчення зазначених питань із залученням сучасних досягнень науково-технічного прогресу в степовому землеробстві.

Зокрема, потребують теоретичного та практичного обґрунтування принципи побудови інтенсивних спеціалізованих зернових сівозмін з урахуванням динаміки родючості ґрунту та його фітосанітарного стану. Важливим завданням є визначення оптимуму насичення сівозмін пшеницею озимою та кукурудзою, а також з'ясування чинників, що стримують максимальну концентрацію їх посівів. Водночас системних комплексних досліджень із залученням різних фонів удобрення, хімічного захисту від бур'янів, хвороб і шкідників у поєднанні з варіативними системами основного обробітку ґрунту в зоні Степу раніше проводилося недостатньо.

Встановлено, що максимальну зернову продуктивність кукурудзи гібриду Дніпровський 310 забезпечує розміщення її після пшениці озимої по чорному пару за комбінованої (полицевої) системи обробітку ґрунту (54,8 ц/га у середньому за варіантами удобрення), тоді як мінімальні показники зафіксовано після ячменю ярого за безполицевого обробітку (41,4 ц/га). Перехід від оранки на 25–27 см до безполицевого мілкого обробітку (12–14 см) або чизелювання (28–30 см) спричиняв зниження врожайності зерна на 2,3–4,7 ц/га залежно від попередника, що доводить недоцільність зменшення

глибини обробітку під кукурудзу. Найвищий рівень урожайності сформувався за застосування органо-мінеральної та мінеральної систем живлення, які забезпечили 46,1–55,9 ц/га та 44,3–55,5 ц/га зерна відповідно (проти 34,7–45,4 ц/га на неудобреному контролі), водночас органо-мінеральна збалансована система виявилася найбільш ресурсозберігаючою та економічно доцільною, оскільки поступалася за врожайністю лише на 1,3–2,9 ц/га при майже вдвічі менших дозах внесення елементів живлення [15].

Забезпечення стабільного зростання та підвищення конкурентоспроможності аграрного сектору є стратегічним завданням агропромислового комплексу України. Ключова роль у реалізації цієї мети належить кукурудзі — одній із найбільш високопродуктивних та універсальних сільськогосподарських культур, частка якої у загальному балансі вітчизняного виробництва зерна сягає 40–50 %. Завдяки широкій сфері застосування зерно кукурудзи спрямовується на фуражні (60–65 %), харчові (20 %) та технічні (15–20 %) потреби, слугуючи сировиною для виготовлення понад 150 видів продукції.

Провідне місце за обсягами вирощування цієї культури посідає Полтавщина. Загалом упродовж останнього десятиліття в Україні спостерігається стійке розширення площ під кукурудзою, причому в чотирьох областях (Чернігівській, Полтавській, Сумській та Вінницькій) приріст посівних масивів перевищив 200 тис. га. Паралельно зі збільшенням посівних площ виникає необхідність забезпечення високої урожайності та якості вирощеного зерна [1, 2].

Через тривалий період вегетації кукурудза висуває підвищені вимоги до рівня забезпечення елементами живлення. У її розвитку виділяють два критичні етапи щодо засвоєння поживних речовин: фазу 3–7 листків та період від 9–10 листків до викидання волоті. Це обумовлює необхідність формування комплексної системи удобрення, яка повинна включати основне внесення, припосівне живлення та позакореневі підживлення [3, 4].

Забезпечення рослин фосфором і калієм є визначальним чинником для закладання елементів продуктивності (формування качанів, озерненості та наливу зерна). Натомість дефіцит азоту призводить до затримки росту та хлоротичного забарвлення листя, а його критичне засвоєння припадає на фазу цвітіння. Для оптимізації мінерального живлення розрахунок доз добрив рекомендується проводити балансовим методом з урахуванням виносу поживних речовин або згідно з обґрунтованими рекомендаціями профільних науково-дослідних установ [5].В агрокліматичних умовах Лівобережного Лісостепу за обмеженої вологозабезпеченості проведення класичної оранки створює оптимальніші умови для ростових процесів, органогенезу та формування підсумкової зернової продуктивності кукурудзи порівняно з безвідвальними та поверхневими способами обробітку ґрунту.

Залучення побічної продукції попередньої культури в поєднанні із застосуванням біодеструктора та внесенням повного мінерального добрива в дозі $N_{48}P_{48}K_{48}$ забезпечує приріст урожайності на 1,63 т/га відносно контрольного варіанта, де цей показник становив 5,57 т/га [8].

В умовах глобального потепління та поступового зменшення кількості атмосферних опадів застосування традиційного основного обробітку ґрунту не завжди є виправданим. У зв’язку з цим розробка та вивчення нових систем обробітку мають бути спрямовані на покращення вологонакопичення, раціональне використання вологи рослинами та запобігання її непродуктивним втратам через випаровування. Попри те, що системи обробітку еволюціонують, оранка та безполицевий обробіток залишаються фундаментальними методами, а вибір конкретної технології має базуватися насамперед на потребах накопичення й збереження ґрунтової вологи [1, 2].

Волога безпосередньо впливає на найважливіші процеси у ґрунті, регулюючи його поживний, повітряний, тепловий режими та біологічні властивості, тоді як її дефіцит у період вегетації часто викликає різкі коливання врожайності [3]. Більшість дослідників схиляються до доцільності безполицевих обробітків для кращого забезпечення рослин водою. Зокрема,

Ф.Ф. Лаукарт [4] пояснює це меншими втратами вологи завдяки оптимізації пористості, поліпшенню мікрорельєфу та збереженню стерні. У порівнянні зі звичайною оранкою на типових чорноземах дискування збільшує запаси вологи на 80–320 м³ на 1 гектар ріллі, що підтверджують праці й інших науковців [5, 6].

Водночас результати досліджень впливу глибини та способів обробітку на запаси доступної вологи залишаються суперечливими. Глибокий обробіток зменшує кількість мікропор, у яких волога утримується з більшою силою, що сприяє її проникненню у глибокі шари, потужнішому розвитку кореневої системи та кращому засвоєнню елементів живлення. Такі умови найкраще формує зяблева оранка чи інший глибокий осінній обробіток, який є визначальним для накопичення вологи під ярі культури до моменту сівби [7].

З іншого боку, безполицевий обробіток залишає пожнивні рештки на поверхні, запобігаючи ерозії, утворенню ґрунтової кірки та інтенсивному випаровуванню. У літньо-осінній період він забезпечує добре подрібнення ґрунту в посівному шарі та ефективну акумуляцію опадів за посушливих умов [8]. Зокрема, Л.В. Центило [9] зазначає, що за мілкого безполицевого обробітку запаси доступної вологи на 6–18 % вищі, ніж за полицевого, а на початку вегетації озимої пшениці цей показник у метровому шарі перевищує контроль на 8–16 %.

Використання післяжнивних решток і побічної продукції як органічного добрива за мінімального обробітку сприяє відновленню природної моделі ґрунтоутворення, що підтверджено міжнародним досвідом та працями А.І. Бараєва [10], Т.С. Мальцева [11] і вітчизняних учених. Насичення ґрунту органікою є потужним чинником підвищення біологічної активності та поліпшення водно-фізичних параметрів, оскільки водоутримуюча здатність органічної речовини в 5–10 разів перевищує мінеральну фракцію.

Попри те, що солома є цінним органічним добривом (еквівалентним 3,5–4,0 т напівперепрілого гною на 1 т), її ефективність безпосередньо залежить від технології загортання та азотного режиму через широке співвідношення C:N [12]. Найінтенсивніша гуміфікація органічної речовини відбувається за умови внесення мінерального азоту з розрахунку 1 кг діючої речовини на кожну тонну післяжнивних решток [13].

Використання соломи як органічного добрива вимагає чіткого дотримання технологічних вимог, адже для її перетворення на повноцінну джерельну базу поживних речовин, а не на механічну перешкоду для подальшого обробітку ґрунту, необхідно забезпечити максимально швидку її деструкцію. Водночас на практиці впровадження цього агрозаходу часто супроводжується суттєвими технологічними відхиленнями, коли подрібнену солому тривалий час залишають на поверхні ріллі. Це призводить до інтенсивної втрати ґрунтової вологи, пересихання самої рослинної маси та затримки процесів її розкладання аж до настання рясних опадів.

На відміну від застарілих або неекологічних підходів, таких як спалювання чи пряме заорювання сухих рослинних решток, застосування спеціальних біодеструкторів дозволяє суттєво прискорити процеси мінералізації та гуміфікації. Це не лише сприяє збереженню та відновленню родючості ґрунту, а й пригнічує розвиток патогенної мікрофлори та знижує ризик поширення ґрунтових шкідників [22].

Дослідженнями доведено, що спосіб основного обробітку ґрунту суттєво впливає на динаміку вологозабезпеченості посівів упродовж вегетації. За традиційної полицевої системи (оранка на 20–22 см) середні запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту під культурами сівозміни на фазу сходів становили 103,2 мм, а перед збиранням зменшувалися до 56,7 мм. Натомість застосування безполицевих систем сприяло кращому вологонакопиченню: на період сходів ці показники сягали 113,3–126,7 мм, а наприкінці вегетації — 65,9–71,0 мм. Загалом безполицеві способи обробітку забезпечили збільшення вологозапасів у шарі 0–100 см на

22 % на початку росту рослин та на 15 % у передзбиральний період порівняно з оранкою.

Суттєвий позитивний вплив на водний режим ґрунту виявила також залучена до системи удобрення побічна продукція. Внесення соломи в комбінації з компенсаційною дозою азоту (N_{10}) або біодеструктором і азотом сприяло додатковому накопиченню в метровому горизонті 3,6 та 9,0 мм продуктивної вологи на фазу сходів, а також 10,2 та 14,4 мм на період збирання відносно фону без залучення соломи.

Таким чином, поєднання полицевого (на 20–22 см) або мілкого (на 10–12 см) обробітків із систематичним залученням побічної продукції (соломи з додаванням азоту чи біодеструктора) виступає ефективним агрозаходом для збереження ґрунтової вологи та підтримки високої продуктивності культур у сівозміні [24].

Оцінюючи розвиток сигетальної рослинності в посівах кукрудзи, на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Полісся встановлено, що безполицеві способи основного обробітку під кукурудзу на зерно суттєво підвищують потенційну забур’яненість посівів у критичний для культури період гербокритичності (фаза 3 листків): мілкий (10–12 см) та поверхневий (6–8 см) дискові обробітки збільшували рясність сходів бур’янів у 2,2–2,3 раза (до 195–205 шт./м²) порівняно з контрольною оранкою на 20–22 см (89 шт./м²). Залучення побічної продукції ріпаку ярого як органічного добрива додатково провокувало ріст забур’яненості на 12,3–13,5 % за оранки й мілкого дискування та на 43,4 % (до 294 шт./м²) — за поверхневого обробітку через концентрацію насіння бур’янів у верхньому шарі ґрунту. Попри високу ефективність післясходового гербіциду Тітус Екстра (зниження забур’яненості на 79,5–86,5 %), на момент збирання збереглася чітка закономірність: на варіантах із дисковим обробітком забур’яненість перевищувала показники оранки у 2,3–3,5 раза (28–42 шт./м² проти 12 шт./м²), а заробляння побічної продукції збільшувало залишкову кількість бур’янів на 26,2–58,3 % [25].

Попри активне застосування новітніх високоефективних гербіцидів, забур’яненість посівів і досі завдає значної шкоди, знижуючи врожайність зерна кукурудзи більш ніж на третину [2, 3]. Бур’яни не можна розглядати відокремлено від агроценозу: їхній видовий склад та чисельність формуються під впливом екологічних факторів, технології вирощування, попередників і специфіки обробітку ґрунту [4, 5].

У науковому середовищі існує думка, що найбільш дієвим методом захисту є поєднання післязбирального лущення стерні із зяблевою оранкою, оскільки це дозволяє перемістити насіння у нижні шари ґрунту, де воно втрачає здатність проростати [6, 7]. Зокрема, зафіксовано, що збільшення глибини оранки з 20 до 30 см здатне скоротити рівень забур’яненості кукурудзи вдвічі [8]. Водночас дослідник Я.П. Цвей та деякі інші фахівці критикують цей підхід, зазначаючи, що під час наступних обробітків плугом поховане насіння знову виноситься у верхній шар ґрунту, де створюються сприятливі умови для його вегетації [9]. Крім того, окремі джерела вказують на те, що застосування безполицевого обробітку на тлі щорічного внесення гербіцидів не збільшує забур’яненість посівів порівняно з традиційною незмінною оранкою [10, 11]

Гарантування продовольчої безпеки завдяки нарощуванню виробництва зерна є ключовим завданням вітчизняного сільського господарства, де вагома роль належить кукурудзі як одній із найбільш продуктивних культур. Задля стабілізації та збільшення зборів зерна критично важливим є впровадження збалансованої й науково обґрунтованої системи удобрення, яка поєднує використання макро- та мікродобрив [30, 31].

Численні наукові дослідження підтверджують доцільність застосування мікродобрив у технологіях вирощування зернових, зокрема кукурудзи на зерно: вони стимулюють імунітет рослин, підвищують їхню стресостійкість і позитивно впливають на загальну продуктивність [33]. Роль мікроелементів у біохімічних процесах є визначальною, оскільки дефіцит

навіть одного з них здатний суттєво погіршити кількісні та якісні показники врожаю.

На відміну від більшості інших зернових культур, кукурудза має тривалий вегетаційний період і засвоює поживні елементи впродовж усього циклу розвитку, вимагаючи посиленого мінерального живлення (зокрема гуміновими препаратами) аж до повного дозрівання. Водночас споживання макроелементів рослинами активне переважно до фази викидання волоті [34]. Питання ефективності застосування макро- та мікродобрив залишається в центрі уваги дослідників і практики аграрного сектору [35 – 37]. Фізіологічне значення мікродобрив тісно пов'язане з економічною вигодою, оскільки вони підвищують коефіцієнт засвоєння внесених добрив і сприяють раціональному використанню ресурсів [38].

Актуальність проблеми посилюється переходом на інтенсивніші технології вирощування, деградацією ґрунтів, розвитком ерозійних процесів та скороченням обсягів внесення органічних добрив. У сучасних умовах мікроелементи (молібден, кобальт, бор, цинк, залізо, марганець, мідь) стають критично важливим чинником продуктивності через їхній значний винос із поля разом із врожаєм та дефіцит органіки тваринного походження. Окрім того, важливу регуляторну функцію у рості та розвитку кукурудзи виконують внутрішні фітогормони [39].

Наукові експерименти доводять, що відсутність у ґрунті необхідного комплексу макро- та мікроелементів унеможливлює отримання високих врожаїв. Незважаючи на те, що мікроелементи споживаються рослинами в мікродозах, їхня роль у реалізації генетичного потенціалу продуктивності різних груп стиглості кукурудзи є рівнозначною макроелементам [39 – 40]. Вони входять до складу ферментів і вітамінів, активізують фотосинтез, регулюють азотний та вуглеводний обмін, покращують проникність клітинних мембран, а також підвищують резистентність культур до патогенів і несприятливих факторів середовища [40].

Під час підготовки насіння кукурудзи до сівби дотримуються високих стандартів якості: типовість – не менше 98%, схожість – від 92%, чистота – від 98%.

Високу ефективність демонструє передпосівна обробка насіння мікродобривами, зокрема у формі комплексів-комплексонатів (Fe, Cu, Co, Mo, Mn, Zn). Вони є нетоксичними, добре поєднуються з протруйниками та мають захисні властивості. Комплексонати активізують розщеплення запасних речовин (білків, жирів, вуглеводів), стимулюють енергію проростання, польову схожість та прискорюють розвиток кореневої системи й надземної маси [41 – 43]. Своєю чергою, позакореневі (листові) підживлення дозволяють оперативно забезпечити кукурудзу необхідними елементами протягом усього вегетаційного сезону, оскільки поживні речовини швидко включаються в метаболічні процеси та синтез органічних сполук [43 – 46].

Отже, вивчення технологічних аспектів вирощування кукурудзи свідчить про те, що максимальна реалізація потенціалу продуктивності культури досягається лише за комплексного та збалансованого поєднання агротехнічних заходів. Формування високих і стабільних врожаїв зерна безпосередньо залежить від оптимізації системи мінерального живлення з використанням макро- й мікродобрив, залучення побічної продукції з біодеструкторами, а також від вибору раціонального способу основного обробітку ґрунту, який забезпечує сприятливий водно-фізичний та харчовий режими. Водночас вибір оптимальної технології вирощування має адаптуватися до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, оскільки традиційна полицева оранка, мінімальні та безполицеві системи по-різному впливають на накопичення вологи, розвиток кореневої системи та рівень забур'яненості посівів. Це зумовлює необхідність подальшого наукового обґрунтування диференційованих систем обробітку та удобрення задля забезпечення максимальної зернової продуктивності кукурудзи за умов високої ресурсоефективності та рентабельності виробництва.

РОЗДІЛ 2
ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови

Польові стаціонарні дослідження проводилися на експериментальних ділянках Науково-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету (НВЦ БНАУ), які розташовані в межах правобережної частини Лісостепу України. Кліматичні та ґрунтові умови цього регіону мають високий природний потенціал для вирощування основних польових культур, проте водночас вимагають зваженого підходу до вибору систем обробітку ґрунту та удобрення через прояви нестійкого зволоження.

Грунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземом типовим малогумусним із суглинковим механічним складом на лесових суглинках, що є найбільш типовим, генетично сформованим і високородючим для землеробства Правобережного Лісостепу. Реакція ґрунтового розчину тут нейтральна або близька до нейтральної (6,5–7,2), що створює сприятливі умови для мікробіологічної активності та забезпечення рослин елементами живлення. У верхньому шарі (0–30 см) вміст гумусу становить у середньому 3,8–4,2 %, а загальний вміст валового азоту досягає 0,22–0,25 %, фосфору — 0,15–0,18 %, калію — 1,8–2,1 %. Забезпеченість рухомими сполуками фосфору та калію варіює від середньої до підвищеної, однак в умовах інтенсивного використання ріллі та періодичних літніх посух рівень мобільності поживних елементів суттєво залежить від гідротермічного режиму та інтенсивності механічного обробітку ґрунту

Клімат району розташування НВЦ БНАУ помірно континентальний, із помірно м’якою зимою, теплим літом і достатнім, але нестійким зволоженням. Середньорічна кількість опадів становить у середньому 520–580 мм, причому значна їх частина випадає у теплий період року, а

гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за багаторічними даними коливається в межах 1,1–1,3. Проте сучасні тенденції кліматичних змін супроводжуються зростанням посушливості у критичні фази вегетації сільськогосподарських культур, підвищенням літніх температур та нерівномірністю опадів. Це перетворює проблеми збереження ґрунтової вологи та підвищення буферності агроценозів на ключові завдання сучасного агровиробництва в умовах Правобережного Лісостепу України.

2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень

Аналіз метеорологічних умов у період проведення польових досліджень (2025–2026 рр.) є ключовим для оцінки ефективності різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення, оскільки гідротермічний режим безпосередньо впливає на трансформацію поживних речовин, динаміку вологи та реалізацію продуктивного потенціалу сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи. Дослідження проводилися в умовах правобережної частини Лісостепу України за даними метеостанції м. Біла Церква.

Динаміка середньодобової температури повітря (рис. 1) свідчить про загальну тенденцію до потепління та раннього настання весняно-літніх процесів. Вегетаційний період 2025 року розпочався у строки, близькі до багаторічної норми, з помірним температурним фоном у квітні (+9 °С) та травні (+16 °С), що забезпечило дружні сходи і сприятливі умови для початкового росту і розвитку рослин. Натомість 2026 рік відзначився аномально раннім підвищенням температур уже на початку весни (у квітні температурні показники перевищували норму на 2 °С). Літній період 2026 року був особливо спекотним: середньодобові температури у липні–серпня коливалися в межах 21–23,8 °С, а в окремі дні максимальні значення сягали 32–35 °С, що створювало значне термічне навантаження на агроценози у критичні фази вегетації.

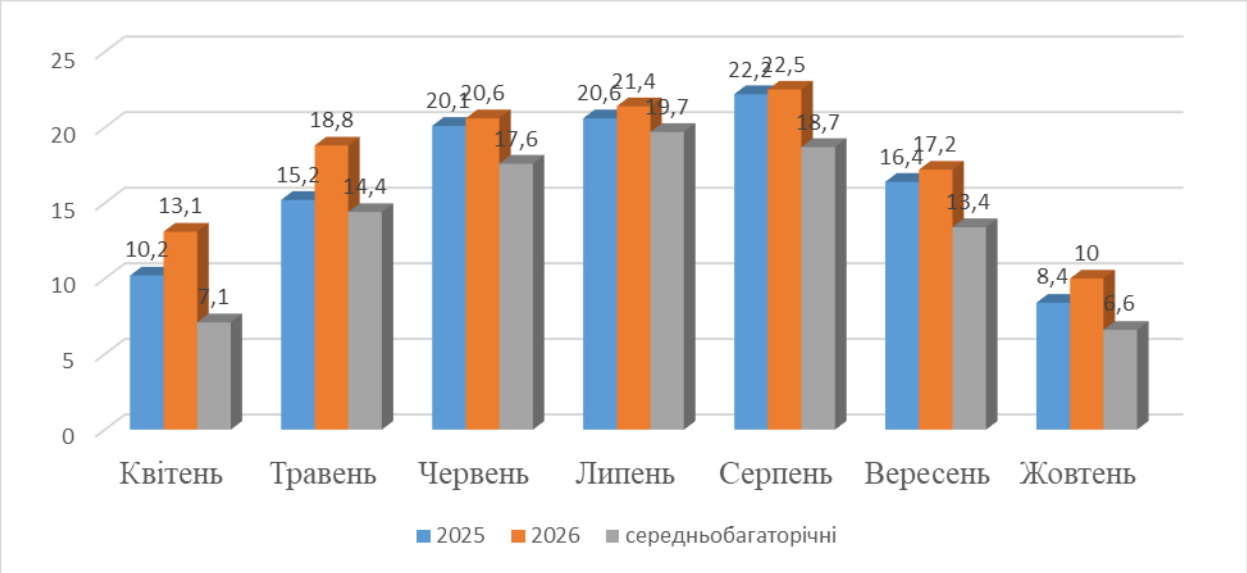


Рис 1. Середньодобова температура повітря в районі проведення досліджень, метеостанція Біла Церква, °С

Режим зволоження за даними метеостанції м. Біла Церква (рис. 2) характеризувався високою нерівномірністю та проявами повітряно-ґрунтової посухи. У 2025 році річна сума опадів перевищила середньобагаторічну норму і досягла близько 596 мм, причому значні запаси вологи накопичилися у зимово-весняний період. Проте влітку опади мали зливовий характер, що за мінімального обробітку або No-till частково призводило до поверхневого стоку та випаровування. На відміну від нього, 2026 рік відзначився гострим дефіцитом опадів у весняно-літній період (особливо у квітні–травні). Поєднання посухи з високими температурами повітря зумовило швидке висушування орного шару ґрунту (0–20 см).

Для таких культур, як кукурудза, що вирізняються підвищеною вимогою до вологозабезпечення у період інтенсивного росту та цвітіння, контрастність погодних умов між роками досліджень мала вирішальне значення. Якщо у 2025 році наявність достатніх запасів вологи навесні дозволила рослинам повною мірою реалізувати ефект від удобрення та розпушування ґрунту, то жорсткі агрокліматичні умови 2026 року дозволили об'єктивно оцінити вологозберігаючу ефективність досліджуваних систем обробітку (полицева оранка, поверхневий обробіток, No-till). У посушливих

умовах 2026 року переваги обробітків, що мінімізують випаровування або, навпаки, забезпечують глибоке розпушування для акумуляції вологи, проявилися найяскравіше на тлі різного агрофону мінерального живлення.

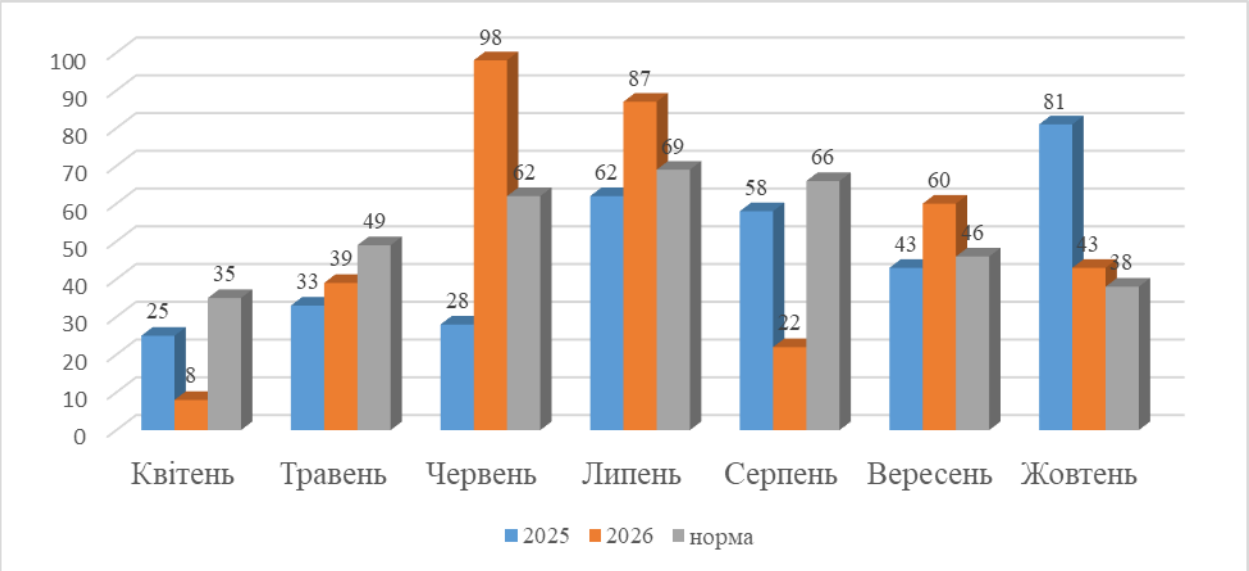


Рис 2. Атмосферні опади в районі проведення досліджень, за даними метеостанції Біла Церква, мм

Отже, проаналізовані погодні умови 2025–2026 рр. засвідчили суттєву контрастність гідротермічних показників між роками досліджень. Якщо вологозабезпечений 2025 рік сприяв повному розкриттю потенціалу досліджуваних систем обробітку ґрунту й удобрення, то посушливі та спекотні умови 2026 року створили критичне навантаження на агроценози, зокрема в період інтенсивного росту та вологоспоживання. Така різниця в погодних сценаріях дозволила об'єктивно оцінити буферну здатність чорнозему типового та вологозберігаючу ефективність традиційної оранки, поверхневого обробітку й технології No-till на різних фонах мінерального живлення.

РОЗДІЛ 3

МЕТА, ЗАВДАННЯ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Мета та завдання досліджень

Мета дослідження — науково обґрунтувати ефективність поєднання різнотипних систем основного обробітку ґрунту (від традиційної оранки до мінімального та нульового обробітків) і систем удобрення (мінеральних фонів та біологічно активних препаратів) задля оптимізації умов росту, розвитку, підвищення врожайності та якості продукції сільськогосподарських культур, а також збереження родючості ґрунту в умовах Правобережного Лісостепу України.

- Дослідити вплив способів основного обробітку ґрунту (оранка, дискування, No-till) на агрофізичні властивості та водно-повітряний режим ґрунту.
- Оцінити вплив способів основного обробітку грунту, доз мінеральних добрив та біопрепаратів на поживний режим ґрунту;
- Встановити вплив досліджуваних систем обробітку ґрунту та удобрення на забур’яненість посівів;
- Встановити закономірності формування показників урожайності та елементів структури врожаю залежно від поєднання досліджуваних факторів.
- Визначити якісні показники отриманої продукції за дії різних систем обробітку та зрублення.
- Розрахувати економічну ефективність досліджуваних технологічних варіантів для обґрунтування рекомендацій виробництву.

3.2. Схема досліду та методики досліджень

Для обґрунтування ефективності обробітку ґрунту та удобрення закладено двофакторний польовий дослід. Фактор А (основний обробіток ґрунту) охоплює три варіанти: класичну полицеву оранку на 25–27 см (контроль), поверхневе дискування на 10–12 см та нульовий обробіток (No-till із хімічним контролем бур’янів гербіцидом).

Фактор В (удобрення та біопрепарати) містить сім градацій: контроль без добрив, внесення K_{90}, $P_{45}K_{120}$, повного мінерального живлення $N_{45}P_{45}K_{120}$, органо-мінерального препарату Гумікор, мікродобрива Квантум та їх комбінації $N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум. Таку схему спрямовано на оцінку синергетичного ефекту обробітку, мінерального та біологізованого живлення (табл.1).

Таблиця1

СХЕМА ДОСЛІДУ

Фактор А Основний обробіток ґрунту	Фактор В Удобрення
Оранка на 25 – 27 см (контроль) Дискування на 10 – 12 см Нульовий обробіток (внесення гербіциду)	без добрив (контроль) K_{90} $P_{45}K_{120}$ $N_{45}P_{45}K_{120}$ Гумікор Квантум $N_{45}P_{45}K_{120}$ + квантум

Польові дослідження проводилися щорічно по пласту багаторічних трав тривалого строку залуження. Загальна площа посівної ділянки становила 33 м², а облікова — 25 м², із триразовою повторністю досвіду. Сівбу здійснювали широкорядним способом із шириною міжрядь 0,7 м та глибиною загортання насіння 4–5 см за норми висіву 65 тис. схожих насінин на гектар. Упродовж експерименту висівали ранньостиглий гібрид кукурудзи Острич СВ (ФАО 190, селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН», внесений до Держреєстру у 2011 році для зон Степу та Лісостепу). Цей гібрид характеризується стійкістю до вилягання, високою посухо-, холодостійкістю та екологічною пластичністю за потенційної врожайності зерна 12–13 т/га і тривалості вегетаційного періоду 108–113 днів. Рослини досягають висоти 215–240 см із помірною кущистістю; качан слабоконусовидної форми (довжиною 20–22 см, діаметром з 16–18 рядами зерна по 38–42 зернини в кожному) прикріплений на висоті 80–88 см. Вихід зерна становить 79–81 %, маса 1000 зернівок — 290–310 г.

Мікродобриво «Квантум» (Quantum) є високоефективним рідким комплексом хелатованих мікроелементів, збагаченим біологічно активними речовинами, амінокислотами та високомолекулярними прилипачами. Препарат характеризується високою хімічною чистотою, високим коефіцієнтом засвоєння через листкову поверхню та оптимальним показником pH робочого розчину, що запобігає виникненню фітотоксичності. Його специфікація передбачає наявність ключових мікроелементів (зокрема Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) у формі стійких хелатів (EDTA), які беруть участь у ферментативних реакціях, стимулюють фотосинтез і зміцнюють імунітет рослин. Завдяки високій сумісності з більшістю пестицидів та водорозчинних добрив у бакових сумішах, «Квантум» дозволяє оперативно коригувати дефіцит живлення в критичні фази розвитку та мінімізувати вплив абіотичних стресів.

Органо-мінеральний препарат «Гумікор» є біологічно активним стимулятором росту рослин, виготовленим на основі природних гумінових і фульвових кислот, збагачених комплексом макро- та мікроелементів у біологічно доступній формі. Його специфікація передбачає потужну адаптогенну дію, що активізує розвиток кореневої системи, посилює фотосинтетичну діяльність посівів та підвищує коефіцієнт засвоєння елементів живлення з ґрунту і мінеральних добрив. Завдяки наявності високої концентрації гуматів «Гумікор» підвищує стійкість сільськогосподарських культур до температурних і водних стресів, а також мінімізує пестицидне навантаження на рослини, сприяючи формуванню стабільної врожайності та покращенню якісних показників зернової продукції.

У ґрунтових зразках визначали вологу термостатно-ваговим методом ДСТУ ISO 11465 – 2001. Вміст нітратного азоту за Грандвальд-Ляжу з дисульфофеноловою кислотою, рухомих форм фосфору – за Кірсановим, обмінний калій – методом полуменевої фотометрії вуглеамонійної витяжки за Кірсановим. Облік урожайності проводився поділяночно: обмолот рослин

у фазі повної стиглості насіння, з подальшим зважуванням зернової маси та перерахунком на 14 % вологості і 100 % чистоти насіння (у т/га). вміст органічних речовин та зольних елементів у сухій масі визначали спектроскопічно на інфрачервоному аналізаторі NR Scanner model 4250 з комп'ютерним забезпеченням; нітратний азот – іонометричним методом; математична обробка одержаних результатів урожайності та якісних показників проводилася методами дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу з використанням програмних пакетів Excel, Sigma, Statistica 10.

3.3. Агротехніка вирощування кукурудзи на зерно

Під час проведення досліджень із вирощування кукурудзи на типових чорноземах Правобережного Лісостепу дотримувалися зональних рекомендацій, розроблених для чорноземних ґрунтів Лісостепової зони України.

Експериментальна частина передбачала порівняльну оцінку різних способів основного обробітку ґрунту та систем удобрення під кукурудзу. Усі польові заходи — від основного обробітку й внесення добрив до догляду за посівами — виконувалися в оптимальні агротехнічні строки відповідно до агровимог вирощування сільськогосподарських культур на чорноземних ґрунтах регіону.

Варіант нульового обробітку (No-till) або поверхневого обробітку передбачав внесення гербіциду суцільної дії на основі гліфосату (норма 5 кг/га) за наявності вегетуючих бур'янів у перехідний період. Протягом вегетації контроль забур'яненості посівів забезпечувався застосуванням рекомендованих страхових гербіцидів згідно з регламентом.

Системи основного обробітку ґрунту включали традиційну полицеву оранку на глибину 25–27 см (плугом ПБН-3-35 у зчепленні із зубовими боронами), мілке дискове лущення (на глибину 10–12 см агрегатом БДВ-3) та безполицеві варіанти. Передпосівний обробіток ґрунту передбачав

ранньовесняне закриття вологи (боронування) та проведення передпосівної культивації на глибину загортання насіння з подальшим вирівнюванням і коткуванням поверхні поля.

Сівбу кукурудзи здійснювали в оптимальні строки (у третій декаді квітня — першій декаді травня), коли температура ґрунту на глибині загортання досягала 10–12 °С, за допомогою сучасної сівалки точного висіву. Використовували широкорядний спосіб із міжряддями 0,7 м і глибиною загортання насіння 4–5 см за норми висіву 65 тис. схожих насінин на гектар.

Мінеральні та органічні добрива вносили згідно з розробленою схемою досліду. Для догляду за посівами та механічного знищення бур’янів на варіантах із відвальною оранкою та дисковим обробітком виконували дворазові міжрядні культивації культиватором КРН-4,2.

Збирання врожаю зерна кукурудзи проводили у фазі повної стиглості. Згідно із загальною програмою досліджень, здійснювали комплекс польових спостережень (динаміка вологості ґрунту, забур'яненість), лабораторних аналізів та математичної обробки даних для перевірки їхньої статистичної вірогідності, а також розрахунок економічної та енергетичної ефективності випробуваних технологій.

Усі наукові розвідки реалізовано згідно з технологічними картами, адаптованими до ґрунтово-кліматичних умов Лісостепу Правобережного та специфіки використання типових чорноземів. Спостереження та обліки виконувалися відповідно до загальноприйнятих методичних рекомендацій і стандартних інструкцій для проведення польових дослідів у землеробстві.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Водно-фізичні властивості ґрунту, залежно від досліджуваних факторів

Введення просапних культур до структури сівозмін зумовлює помітні зміни в агрофізичних показниках ґрунту, зокрема дещо підвищує його щільність складання, а також впливає на динаміку вологоємності та загальної порозності у верхньому орному шарі.

Традиційно найпоширенішим способом основного обробітку ґрунту тривалий час залишалася оранка. Водночас чимало дослідників відзначають, що тривале щорічне застосування оранки на чорноземах може спричиняти певне перенащільнення підорного горизонту (утворення плужної підошви) та інтенсифікацію мінералізації гумусу. У сучасному землеробстві дедалі більшого поширення набувають адаптивно-ландшафтні та ресурсоощадні системи вирощування, які базуються на поєднанні диференційованого основного обробітку ґрунту з мінімальними та нульовими елементами, що сприяють збереженню родючості й оптимізації водно-фізичних властивостей чорноземів [17]. Саме тому одним із завдань наших досліджень було вивчення впливу різних способів основного обробітку на агрофізичний стан та водно-фізичні показники ґрунту.

Щільність твердої фази та зольність ґрунту залишаються стабільними на всіх варіантах досліду і становлять відповідно 2,50 г/см³ та 88%. Це свідчить про однорідність мінералогічного складу чорнозему типового в межах дослідної ділянки незалежно від інтенсивності механічного впливу.

Водночас об'ємна маса (щільність складання ґрунту) закономірно змінюється залежно від глибини та інтенсивності обробітку. На контрольному варіанті (оранка на 25–27 см) щільність складання становить 1,15 г/см³, що є оптимальним показником для росту і розвитку кореневої системи сільськогосподарських культур. За поверхневого дискування на 10–

12 см цей показник дещо зростає до 1,24 г/см³, а за нульового обробітку (No-till) сягає максимального значення — 1,31 г/см³. Таке ущільнення у верхньому шарі за No-till є характерною закономірністю тривалої відмови від механічного розпушування.

Таблиця 2

Водно-фізичні властивості ґрунту залежно від способів обробітку, 0 – 30 см шарі ґрунту, середнє за 2025 – 2026 рр.

Спосіб обробітку ґрунту	Вологість розриву капілярів, % від НВ	Найменша вологоємність, % від ПВ	Повна вологоємність,%	Щільність твердої фази ґрунту, г/см^3	Щільність складання ґрунту, г/см^3	Зольність, %
Оранка на 25 – 27 см	65	72	45	2,50	1,15	88
Дискування на 10 – 12 см	68	70	42	2,50	1,24	88
Нульовий обробіток	72	68	38	2,50	1,31	88

Зміни щільності будови безпосередньо відбиваються на водному режимі ґрунту. Найменша вологоємність (НВ) виявилася найвищою за класичної оранки (72% від ПВ) та поступово знижується до 70% за дискування і 68% за нульового обробітку. Аналогічна тенденція спостерігається і щодо повної вологоємності, яка за оранки становить 45%, за дискування — 42%, а за нульового обробітку зменшується до 38%. Проте показник вологості розриву капілярів демонструє зворотну динаміку: він зростає від 65% за оранки до 68% за дискування і 72% від НВ за нульового обробітку, що свідчить про зміну характеру капілярного підтягування вологи в умовах непорушеного ґрунту.

Отримані дані свідчать, що для вимогливої до аерації та вологи культури кукурудзи класична оранка (25–27 см) створює найбільш сприятливі рихлі умови (щільність 1,15 г/см³) та високу вологоємність. Водночас вища вологість розриву капілярів за No-till (72%) вказує на краще збереження вологи у верхньому шарі за рахунок мульчування, що суттєво впливає на адаптацію агроценозу кукурудзи до посушливих умов Правобережного Лісостепу.

4.2 Поживний режим ґрунту, залежно від досліджуваних факторів

Типові чорноземи володіють високою потенційною родючістю й сприятливими водно-фізичними властивостями, що забезпечує стабільно високу продуктивність багаторічних трав, кукурудзи, зернових, технічних та інших сільськогосподарських культур [11, 9]. Поживний режим ґрунту є ключовим чинником формування врожайності та якісних показників рослинницької продукції, залежачи від погодних умов, системи удобрення, активності ґрунтової мікрофлори та способів основного обробітку.

В агроценозах поживний стан чорноземів визначається ступенем їх окультурення, спрямованістю мікробіологічних процесів, трансформацією органічної речовини, оптимізацією живлення через внесення мінеральних добрив та рівнем зволоження [12, 2]. Водний режим, мікробіологічна активність і поживний стан ґрунту перебувають у нерозривному взаємозв'язку. Найінтенсивніше засвоєння елементів живлення спостерігається за вологості ґрунту в межах 50–75 % ПВ. Динаміка рухомого фосфору, як правило, знижується за підвищеного зволоження та зростання доз калійних добрив. Показники ґрунтової вологи не лише регулюють процеси гуміфікації та мінералізації, а й коригують доступність поживних речовин, накопичених у попередні періоди [2, 45].

Інтенсивний обробіток ґрунту прискорює мінералізацію гумусу, що за тривалого застосування може призводити до деструкції структури,

зменшення вологоємності, ущільнення орного пласта та розвитку деградаційних процесів [10, 6].

Наукові дані свідчать, що найінтенсивніша мінералізація органічної речовини спостерігається за глибокої осінньої оранки на 30–35 см із весняним дискуванням, тоді як за поверхневого та мінімального обробітків ці процеси відбуваються значно повільніше [10, 14, 20]. Сучасні тенденції в землеробстві спрямовані на мінімізацію основного обробітку, що зумовлено енергозбереженням, прагненням знизити собівартість продукції, зростанням посушливості клімату та необхідністю захисту ґрунтів від ерозії. Одним із перспективних напрямів є система No-till (нульовий обробіток), проте наукові погляди щодо її впливу на відтворення родючості та продуктивність агроценозів залишаються дискусійними.

Засвоєння азоту кукурудзою відбувається інтенсивно впродовж усієї вегетації, з чітким піком за 1–2 тижні до викидання волоті. Кукурудза надзвичайно чутлива до дефіциту фосфору на початкових етапах росту, коли коренева система ще слабко розвинена. Критичний період фосфорного живлення настає орієнтовно через 2 тижні після сходів (фаза 3–4 листків), і його нестача призводить до недорозвинення вегетативної маси. Максимальне надходження фосфору припадає на цвітіння, після чого його засвоєння сповільнюється, а у фазі воскової стиглості припиняється.

На початку вегетації рослини кукурудзи також дуже чутливі до нестачі калію: дефіцит цього елемента в перші 20 днів суттєво гальмує наростання біомаси. Найактивніше поглинання калію спостерігається за 2–3 тижні до виходу волоті, що супроводжується динамічними змінами його вмісту у вегетативних органах [23, 22].

Таким чином, забезпечення рослин доступними сполуками азоту, фосфору та калію протягом вегетаційного періоду, особливо у критичні фази їх споживання, є вирішальною умовою реалізації потенціалу врожайності кукурудзи.

Формування вмісту рухомих сполук нітратного азоту на чорноземах відбувається як за рахунок мінералізації гумусу та біологічної активності ґрунту, так і завдяки системному внесенню добрив. Забезпеченість рухомими формами фосфору та калію на чорноземах прямо залежить від природного валового вмісту елементів і доз внесення мінеральних туків, оскільки їх інтенсивний винос урожаєм вимагає систематичного поповнення [46, 45, 5].

Аналіз експериментальних даних засвідчив, що динаміка вмісту мінеральних форм азоту (нітратного NO_3 та амонійного NH_4) у шарі ґрунту 0–30 см під посівами кукурудзи істотно залежить від способу основного обробітку, системи удобрення та фази органогенезу рослин (табл. 3).

Вміст нітратного азоту впродовж вегетації демонструє одноподібну закономірність із вираженим максимумом у фазу викидання волоті, що пов’язано з інтенсифікацією мікробіологічних процесів нітрифікації в прогрітому ґрунті та мобілізаційними явищами в ризосфері. На варіанті традиційної оранки (25–27 см) за неудобреного контролю вміст NO_3 зростає від 28,4 мг/кг у фазу сходів до 45,2 мг/кг у фазу викидання волоті з подальшим зниженням до 22,6 мг/кг під час збирання врожаю через відчуження азоту агрофітоценозом. Внесення повного мінерального добрива $N_{45}P_{45}K_{120}$ та його поєднання з Квантумом забезпечує максимальне накопичення нітратів у фазу викидання волоті — 62,4 мг/кг та 59,1 мг/кг відповідно. Застосування біопрепаратів Гумікор та Квантум окремо також стимулює нітрифікаційні процеси, підвищуючи вміст NO_3 у цю фазу до 50,8 мг/кг та 43,5 мг/кг відповідно проти контролю.

Способи обробітку ґрунту чинять суттєвий вплив на активність азотного режиму. Поверхневе дискування (10–12 см) забезпечує високі стартові показники нітратів у фазу сходів (31,2–50,8 мг/кг), однак у фазу викидання волоті рівень NO_3 дещо поступається оранці (максимально 58,2 мг/кг за використання Гумікору та 54,6 мг/кг за $N_{45}P_{45}K_{120}$). Натомість за нульового обробітку (No-till) спостерігається загальне сповільнення аммоніфікації та

нітрифікації: вміст NO_3 у фазу викидання волоті на контролі становить лише 24,5 мг/кг, а на варіанті $N_{45}P_{45}K_{120}$ досягає 42,5 мг/кг (табл.3).

Таблиця 3

Динаміка азотного режиму під посівами кукурудзи в шарі ґрунту 0-30 см, середнє за 2025–2026 рр., мг на 1 кг сухого ґрунту

Удобрення	NO_3			NH_4		
	сходи	викидання волоті	збирання врожаю	сходи	викидання волоті	збирання врожаю
Оранка на 25–27 см						
Без добрив	28,4	45,2	22,6	18,5	14,2	16,8
K_{90}	26,5	40,1	19,8	19,1	13	15,2
$P_{45}K_{120}$	27,8	42,6	21,0	17,2	16,5	18,4
$N_{45}P_{45}K_{120}$	48,5	62,4	28,5	24,6	20,8	21,5
Гумікор	35,2	50,8	27,2	18,8	15,1	17,0
Квантум	33,6	43,5	26,4	18,6	16,2	16,5
$N_{45}P_{45}K_{120}$ + квантум	51,2	59,1	26,8	25,1	19,6	22,1
Дискування на 10–12 см						
Без добрив	31,2	38,5	19,4	20,4	13,5	17,8
K_{90}	29,4	39,0	18,1	19,2	12,4	13,0
$P_{45}K_{120}$	29,8	42,1	24,5	18,6	12,1	12,2
$N_{45}P_{45}K_{120}$	49,1	54,6	25,4	19,2	15,4	13,5
Гумікор	41,5	58,2	18,2	20,1	12,6	13,1
Квантум	41,0	44,5	19,8	21,0	10,8	12,0
$N_{45}P_{45}K_{120}$ + квантум	50,8	53,9	24,1	24,5	12,0	13,8
Нульовий обробіток (внесення гербіциду)						
Без добрив	22,1	24,5	16,5	23,8	16,8	14,5
K_{90}	25,6	22,1	14,2	19,5	10,9	13,1
$P_{45}K_{120}$	21,5	31,4	14,8	19,8	12	12,8
$N_{45}P_{45}K_{120}$	36,4	42,5	30,2	20,5	17,5	13,5
Гумікор	28,2	29,4	15,1	18,2	12,8	14,2
Квантум	24,5	26,1	17,2	21,4	11	13,8
$N_{45}P_{45}K_{120}$ + квантум	34,8	37,2	25,5	17,1	14,5	11,9
$НІР_{05}$	*12,9*	*27,7*	*24,9*	*3,6*	*4,4*	*4,01*

Динаміка амонійного азоту (NH_4)має протилежний характер: найвищі його концентрації фіксуються у початкові фази росту (сходи), після чого спостерігається закономірне зниження у фазу викидання волоті з незначним коливанням до періоду збирання. За оранки вміст NH_4 у фазу сходів становить 18,5–25,1 мг/кг, зменшуючись до 13,0–20,8 мг/кг у період масового

росту. Поверхневе дискування та No-till характеризуються більшим накопиченням амонійного азоту у фазу сходів (до 24,5 мг/кг за дискування та до 23,8 мг/кг за No-till на недобрених варіантах), що пояснюється локалізацією органічної речовини у верхньому шарі та менш інтенсивною аерацією.

Аналіз представлених експериментальних даних засвідчив, що динаміка вмісту рухомих сполук фосфору (P_2O_5) та обмінного калію (K_2O) у шарі ґрунту 0–30 см під посівами кукурудзи підпорядковується чітким закономірностям залежно від способу основного обробітку, варіанта системи удобрення та фази органогенезу (табл. 4).

Для обох макроелементів на всіх досліджуваних варіантах спостерігається виражений характер динаміки протягом вегетації. Максимальні концентрації рухомого фосфору та обмінного калію фіксуються у фазу викидання волоті, що пояснюється інтенсифікацією біологічної активності ґрунту у теплий період року та стимулювальним впливом кореневих виділень кукурудзи на мобілізацію поживних речовин. До кінця вегетації (фаза збирання врожаю) вміст елементів закономірно зменшується до найнижчих значень (92–165 мг/кг для P_2O_5 та 82–138 мг/кг для K_2O) у результаті їх активного відчуження біомасою агрофітоценозу.

Показники фосфатного режиму суттєво зростають під впливом внесених фосфорвмісних туків. За традиційної оранки вміст P_2O_5 збільшується від 115–138 мг/кг на контролі до 185 мг/кг за $P_{45}K_{120}$ та 198 мг/кг за $N_{45}P_{45}K_{120}$ у фазу викидання волоті. Використання мікродобрива Квантум на фоні $N_{45}P_{45}K_{120}$забезпечує найвищі рівні доступного фосфору в цю фазу — 205 мг/кг за оранки, 215 мг/кг за дискування та 225 мг/кг за No-till. Самостійне внесення біопрепаратів Гумікор та Квантум також чинить позитивний вплив, підвищуючи вміст фосфору у критичну фазу на 8–17 мг/кг відносно контролю завдяки активізації ґрунтової мікрофлори (табл.4).

Таблиця 4

Динаміка фосфорно-калійного режиму під посівами кукурудзи в шарі ґрунту 0-30 см, середнє за 2025–2026 рр., мг на кг сухого ґрунту

Удобрення	P_2O_5			K_2O		
	сходи	викидання волоті	збирання врожаю	сходи	викидання волоті	збирання врожаю
Оранка на 25–27 см						
Без добрив	115	138	102	110	125	92
K_{90}	112	135	98	175	150	115
$P_{45}K_{120}$	155	185	130	140	145	105
$N_{45}P_{45}K_{120}$	162	198	142	152	158	118
Гумікор	124	146	108	115	130	95
Квантум	118	140	104	112	128	94
$N_{45}P_{45}K_{120}$ + квантум	170	205	148	160	165	122
Дискування на 10–12 см						
Без добрив	118	132	96	118	120	88
K_{90}	115	130	94	190	165	130
$P_{45}K_{120}$	168	195	145	150	155	120
$N_{45}P_{45}K_{120}$	175	210	152	165	172	132
Гумікор	128	142	102	125	122	96
Квантум	120	135	98	120	118	92
$N_{45}P_{45}K_{120}$ + квантум	180	215	158	172	180	138
Нульовий обробіток (внесення гербіциду)						
Без добрив	122	128	92	105	112	82
K_{90}	120	134	96	165	145	110
$P_{45}K_{120}$	172	202	148	145	140	102
$N_{45}P_{45}K_{120}$	182	218	160	180	160	125
Гумікор	130	145	105	120	125	94
Квантум	125	138	100	115	120	90
$N_{45}P_{45}K_{120}$ + квантум	188	225	165	185	170	130
$НІР_{05}$	*2,1*	*2,4*	*2,3*	*3,6*	*2,4*	*2,3*

Калійний режим виявляє найбільшу чутливість до внесених калійних добрив. Внесення K_{90} забезпечує різке зростання вмісту обмінного калію вже у фазу сходів — до 175 мг/кг за оранки, 190 мг/кг за дискування та 165 мг/кг за No-till. На варіанті сумісного застосування $N_{45}P_{45}K_{120}$ та Квантуму досягаються пікові значення K_2O у фазу викидання волоті, які становлять 165 мг/кг за оранки, 180 мг/кг за дискування та 170 мг/кг за нульового обробітку.

Способи основного обробітку ґрунту зумовлюють характерний перерозподіл елементів живлення у профілі 0–30 см. За ресурсоощадних варіантів (дискування та No-till) спостерігається чітка локалізація рухомого фосфору у верхній частині орного шару (до 218–225 мг/кг P_2O_5 за No-till у фазу викидання волоті проти 198–205 мг/кг за оранки), що пов'язано з відсутністю обертання скиби та акумуляцією пожнивних решток. Водночас за традиційної оранки формується більш рівномірний об'ємний розподіл калійного фонду протягом усього періоду вегетації.

Аналіз поживного режиму чорнозему типового в шарі 0–30 см засвідчив, що вміст мінерального азоту, рухомого фосфору та обмінного калію під посівами кукурудзи досягає максимуму у фазу викидання волоті з наступним відчуженням біомасою до збирання, при цьому найвища забезпеченість елементами живлення досягається за сумісного застосування $N_{45}P_{45}K_{120}$ із Квантумом, тоді як ресурсоощадні обробітки (дискування та No-till) зумовлюють концентрування рухомих фосфатів у верхній частині орного шару на противагу їх рівномірному об'ємному розподілу за традиційної оранки.

4.3 Забур’яненість посівів кукурудзи

За застосування технології нульового обробітку (No-till) передбачалося внесення гербіциду суцільної дії. Збереження пласту багаторічних трав у непорушеному стані створювало захисний екрануючий шар, що стримувало масове проростання насіння однорічних бур’янів. У результаті у фазу сходів кукурудзи забур’яненість посівів не перевищувала 4 шт./м², а до моменту збирання врожаю спостерігалося лише незначне її зростання — до 3–7 шт./м².

Натомість проведення дискового обробітку на глибину 10–12 см супроводжувалося частковим замуленням і фрагментацією дернини, що провокувало активне проростання насіннєвого банку однорічних видів та вегетативне розмноження багаторічних бур’янів. У фазу сходів культури їхня

щільність становила 2–8 шт./м², а на пізніших етапах вегетації забур'яненість суттєво зростала, досягаючи на період збирання 8–15 шт./м².

На варіантах із проведенням оранки на глибину 25–27 см перші сходи бур'янів фіксували на початкових етапах росту кукурудзи у кількості 1–6 шт./м². До завершення вегетаційного періоду, залежно від гідротермічних умов року, щільність забур'яненості зростала до 11 шт./м².

Таблиця 5

Динаміка щільності та маси бур'янів у посівах кукурудзи залежно від способів основного обробітку ґрунту (середнє за 2025–2026 рр.)

Спосіб основного обробітку ґрунту	Щільність забур'яненості у фазу сходів, шт./м²	Щільність забур'яненості на період збирання, шт./м²	Повітряно-суха маса бур'янів на період збирання, г/м²
Оранка на 25–27 см	1–6	до 11	13,4–20,3
Дискування на 10–12 см	2–8	8–15	17,0–27,8
Нульовий обробіток (No-till + гербіцид)	0 - 4	3–7	8,4–15,7

Проте на цей час формувався потужний асиміляційний апарат кукурудзи заввишки понад 2 м, який суттєво обмежував надходження фотосинтетично активної радіації до поверхні ґрунту. Внаслідок цього пізні сходи бур'янів зазнавали суттєвого фітоценотичного пригнічення з боку розвинених рослин культури й не чинили негативного впливу на її продуктивність.

На період збирання врожаю кукурудзи найменші показники повітряно-сухої маси бур'янів зафіксовано за нульового обробітку (No-till) — 8,4–15,7 г/м². За проведення оранки на 25–27 см цей показник становив 13,4–20,3 г/м², тоді як за мілкого дискового обробітку на 10–12 см маса бур'янів досягала максимальних значень — 17,0–27,8 г/м².



Рис. 3. Наявність бур’янів за оранки на 25 – 27 см, фаза 3 – 4 листки



Рис. 4. Наявність бур’янів за дискування на 10 – 12 см



Рис. 5. Наявність бур’янів за нульового обробітку (внесення гербіциду)

Отже, застосування технології No-till (з гербіцидним захистом і збереженням мульчувального пласту багаторічних трав) забезпечило найвищий рівень фітосанітарного контролю: забур'яненість посівів кукурудзи знизилася до 3–7 шт./м², а повітряно-суха маса бур'янів перед збиранням досягла мінімальних значень (8,4–15,7 г/м²). Натомість мілкий дисковий обробіток (10–12 см) спричинив найбільший рівень забур'яненості

(8–15 шт./м² та 17,0–27,8 г/м²) через фрагментацію дернини й спровоковане проростання насіннєвого банку, тоді як за відвальної оранки (25–27 см) пізній розвиток бур'янів (до 11 шт./м² та 13,4–20,3 г/м²) ефективно стримувався фітоценотичним пригніченням з боку розвиненого асиміляційного апарату культури.

4.4. Продуктивність кукурудзи на зерно залежно від способів основного обробітку та удобрення

Формування високопродуктивних посівів кукурудзи в умовах сучасного землеробства значною мірою визначається обґрунтованим вибором способу основного обробітку ґрунту. Чимало дослідників (Сайко; Камінський та ін.) зазначають, що класична відвальна оранка протягом тривалого часу залишалася еталоном підготовки ґрунту, оскільки вона забезпечує глибоке розпушування орного шару, якісне заробляння пожнивних решток, покращення аерації та ефективне пригнічення потенційної забур’яненості. В дослідженнях Танчика та ін. доведено, що проведення оранки на глибину 25–27 см сприяє оптимізації щільності складення чорноземів типових і оптимізує водно-фізичні властивості ґрунту, що створює сприятливі умови для початкового розвитку кореневої системи кукурудзи та формує передумови для одержання високої врожайності зерна [29, 47].

Водночас розвиток ресурсоощадних технологій та зростання аридності клімату зумовили ширше впровадження мілких обробітків, зокрема дискування на глибину 10–12 см. За даними Мазура Г.А., мілкий обробіток дозволяє суттєво скоротити енергетичні витрати та зберегти продуктивну вологу у верхньому горизонті ґрунту на ранніх етапах вегетації. Проте низка науковців (Примак І.Д.) вказують на негативні аспекти систематичного дискування, серед яких диференціація орного шару за родючістю, ущільнення підорного горизонту (формування плужної підошви)

та провокування масового проростання однорічних і багаторічних бур’янів через часткову фрагментацію їхніх вегетативних органів, що в окремі роки може призводити до зниження врожайності зерна на 5–10 % порівняно з відвальною оранкою [32].

Останніми роками особливої актуальності набуває технологія нульового обробітку (No-till). У працях зарубіжних і вітчизняних учених підкреслюється, що успішність реалізації потенціалу продуктивності кукурудзи за No-till залежить від наявності захисного мульчувального шару на поверхні ґрунту та дотримання сівозміни. Збереження непорушеного пласту багаторічних трав як попередника у поєднанні з мульчею виконує роль природного екрану, який мінімізує випаровування вологи, запобігає ґрунтовій кірці та суттєво стримує проростання світлочутливого насіння бур'янів. За умов належного хімічного захисту агрофітоценозу врожайність кукурудзи за No-till на чорноземах типових наближається до показників традиційної оранки, забезпечуючи високу економічну та екологічну ефективність (Цюк О.) [47].

Аналіз узагальнених літературних даних свідчить, що реакція кукурудзи на спосіб обробітку ґрунту тісно пов'язана з рівнем мінерального живлення та застосуванням сучасних біопрепаратів і мікродобрив. Більшість авторів доходять висновку, що за оптимізації фосфорно-калійного та азотного режимів ґрунту різниця у продуктивності зерна між відвальною оранкою, мілким дискуванням та No-till істотно згладжується, що робить вибір обробітку ґрунту першочергово питанням збереження ґрунтової родючості та вологісного ресурсу.

Аналіз урожайності зерна кукурудзи засвідчив визначальний вплив як мінерального живлення та біопрепаратів, так і технологій основного обробітку ґрунту на продуктивність агрофітоценозу. В умовах чорнозему типового правобережного Лісостепу України показники продуктивності формувалися в діапазоні від 5,75 до 9,48 т/га залежно від поєднання експериментальних факторів (табл.6).

Таблиця 6

Вплив основного обробітку та удобрення на урожайність зерна кукурудзи, т/га, середнє за 2025– 2026 рр.

Спосіб основного обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Урожайність зерна, т/га	Прибавка до контролю, т/га	Прибавка до контролю, %
Оранка на 25–27 см (контроль)	Без добрив (контроль)	6,24	-	-
	K_{90}	6,85	0,61	9,8
	$P_{45}K_{120}$	7,42	1,18	18,9
	$N_{45}P_{45}K_{120}$	8,95	2,71	43,4
	Гумікор	6,78	0,54	8,7
	Квантум	6,65	0,41	6,6
	$N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум	9,48	3,24	51,9
Дискування на 10–12 см	Без добрив (контроль)	5,92	-	-
	K_{90}	6,5	0,58	9,8
	$P_{45}K_{120}$	7,1	1,18	19,9
	$N_{45}P_{45}K_{120}$	8,6	2,68	45,3
	Гумікор	6,45	0,53	8,9
	Квантум	6,32	0,4	6,8
	$N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум	9,12	3,2	54,1
Нульовий обробіток (No-till)	Без добрив (контроль)	5,75	—	—
	K_{90}	6,38	0,63	11
	$P_{45}K_{120}$	6,95	1,2	20,9
	$N_{45}P_{45}K_{120}$	8,42	2,67	46,4
	Гумікор	6,3	0,55	9,6
	Квантум	6,2	0,45	7,8
	$N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум	8,9	3,15	54,8
НІР 05		0,34		

Найвищий рівень урожайності зерна кукурудзи забезпечило поєднання повного мінерального удобрення $N_{45}P_{45}K_{120}$ із позакореневим внесенням мікродобрива Квантум. За традиційної оранки на глибину 25–27 см на цьому варіанті збір зерна досяг максимального значення — 9,48 т/га, що перевищило неудобрений контроль на 3,24 т/га (або на 51,9 %). Використання виключно мінерального фону $N_{45}P_{45}K_{120}$ також забезпечувало

суттєву прибавку врожаю (8,95 т/га), доводячи ключову роль азотно-фосфорно-калійного комплексу в реалізації потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи.

Застосування біопрепарату Гумікор та мікродобрива Квантум на фоні природної забезпеченості ґрунту чинило помірний, але статистично достовірний стимулювальний вплив. Так, за оранки внесення Гумікору підвищило врожайність до 6,78 т/га (прибавка 0,54 т/га), а Квантуму — до 6,65 т/га (прибавка 0,41 т/га) відносно контролю (6,24 т/га).

Порівняння способів основного обробітку ґрунту виявило певну перевагу класичної оранки над ресурсоощадними заходами. Зокрема, на контрольних та удобрених варіантах оранка забезпечувала формування на 0,3–0,5 т/га більшої врожайності порівняно з мілким дискуванням (10–12 см) та нульовим обробітком (No-till). Це зумовлено кращим агрофізичним станом орного шару та оптимізацією водного і повітряного режимів у першій половині вегетації. Водночас на варіантах із мінеральним живленням різниця між оранкою та No-till дещо нівелювалася завдяки високій ефективності гербіцидного захисту та мульчувальному ефекту попередника (багаторічних трав), забезпечуючи врожайність зерна на рівні 8,90 т/га за комплексу $N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум за нульового обробітку.

4.5. Якість кукурудзи на зерно залежно від досліджуваних факторів

Аналіз біохімічних показників якості зерна кукурудзи засвідчив, що їх формування істотно залежало від фону мінерального живлення та позакореневого стимулювання, тоді як способи основного обробітку ґрунту чинили менш виражений, проте статистично достовірний вплив.

Головним чинником накопичення білка в зерні виявилося азотне живлення. На неудобрених контрольних варіантах вміст сирого білка становив 8,5–8,8 %. Внесення фосфорно-калійних туків та самостійне

застосування біопрепаратів (Гумікор, Квантум) сприяли незначному підвищенню цього показника (до 8,8–9,2 %). Максимальні показники білковості (10,5–10,8 %) зафіксовано на варіантах із внесенням повного мінерального добрива $N_{45}P_{45}K_{120}$ у поєднанні з мікродобривом Квантум (табл. 7).

Таблиця 7

Вплив основного обробітку та удобрення на якісні показники зерна кукурудзи, т/га, середнє за 2025– 2026 рр.

Спосіб основного обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Вміст білка, %	Вміст крохмалю, %	Вміст жиру, %
Оранка на 25–27 см (контроль)	Без добрив (контроль)	8,8	71,2	3,9
	K_{90}	9,0	71,5	4
	$P_{45}K_{120}$	9,2	72	4,1
	$N_{45}P_{45}K_{120}$	10,4	70,1	4,3
	Гумікор	9,1	71,6	4
	Квантум	9,1	71,7	4
	$N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум	10,8	69,6	4,4
Дискування на 10–12 см	Без добрив (контроль)	8,6	71,4	3,8
	K_{90}	8,8	71,6	3,9
	$P_{45}K_{120}$	9,1	72,1	4
	$N_{45}P_{45}K_{120}$	10,2	70,3	4,2
	Гумікор	8,9	71,8	3,9
	Квантум	8,9	71,8	3,9
	$N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум	10,6	69,8	4,3
Нульовий обробіток (No-till)	Без добрив (контроль)	8,5	71,5	3,8
	K_{90}	8,7	71,7	3,9
	$P_{45}K_{120}$	9,0	72,2	4
	$N_{45}P_{45}K_{120}$	10,1	70,4	4,2
	Гумікор	8,8	71,9	3,9
	Квантум	8,8	71,9	3,9
	$N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум	10,5	70	4,3
$НІР_{05}$		*0,28*	*0,42*	*0,09*

Вміст крохмалю виявляв обернено пропорційну залежність від рівня азотного живлення. Найвищі його значення (72,0–72,2 %) спостерігалися на варіанті $P_{45}K_{120}$, де оптимізація фосфорно-калійного режиму стимулювала вуглеводний обмін. Внесення азоту в дозі N_{45} зумовлювало деяке зниження частки крохмалю за рахунок інтенсивного синтезу білкових сполук, унаслідок чого вміст крохмалю на варіанті $N_{45}P_{45}K_{120}$+ Квантум зменшувався до 69,6–70,0 %. Вміст жиру в зерні також закономірно зростав під впливом мінерального удобрення з 3,8–3,9 % на контролі до 4,3–4,4 % за комплексного застосування $N_{45}P_{45}K_{120}$ та Квантуму.

4.6. Економічна оцінка вирощування кукурудзи зерно залежно від удобрення та способів основного обробітку

Аналіз економічної ефективності елементів технології вирощування кукурудзи на зерно в умовах чорнозему типового засвідчив, що показники виробничих витрат, умовно-чистого прибутку та рівня рентабельності істотно варіювали залежно від способів основного обробітку ґрунту, фону мінерального живлення та застосування біопрепаратів.

Розрахунок грошових витрат виявив залежність загальної собівартості комплексу робіт від енергоємності основного обробітку ґрунту. Найбільші виробничі витрати зафіксовано на варіантах із проведенням оранки на 25–27 см (26 800–41 750 грн/га). Застосування мілкого дискового обробітку на 10–12 см дозволило скоротити витрати на 1 300 грн/га, а технології No-till — на 1 700 грн/га порівняно з оранкою на аналогічних фонах удобрення за рахунок суттєвої економії пально-мастильних матеріалів та зниження трудомісткості механізованих операцій.

Визначальним чинником формування умовно-чистого прибутку виявився рівень урожайності зерна. Найвищі абсолютні значення чистого прибутку забезпечило сумісне застосування повного мінерального добрива та мікродобрива ($N_{45}P_{45}K_{120}$+ Квантум). На цьому варіанті за традиційної оранки

отримано максимальний умовно-чистий прибуток — 22 714 грн/га, що перевищило неудобрений контроль на 7 082 грн/га (або на 45,3 %).

Таблиця 8

Показники економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно, залежно від досліджуваних факторів

Спосіб основного обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Урожайність зерна, т/га	Вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Оранка на 25–27 см (контроль)	Без добрив (контроль)	6,24	42 432	26 800	15 632	58,3
	K_{90}	6,85	46 580	31 750	14 830	46,7
	$P_{45}K_{120}$	7,42	50 456	37 100	13 356	36
	$N_{45}P_{45}K_{120}$	8,95	60 860	41 300	19 560	47,4
	Гумікор	6,78	46 104	27 380	18 724	68,4
	Квантум	6,65	45 220	27 250	17 970	66
	$N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум	9,48	64 464	41 750	22 714	54,4
Дискування на 10–12 см	Без добрив (контроль)	5,92	40 256	25 500	14 756	57,9
	K_{90}	6,5	44 200	30 450	13 750	45,2
	$P_{45}K_{120}$	7,1	48 280	35 800	12 480	34,9
	$N_{45}P_{45}K_{120}$	8,6	58 480	40 000	18 480	46,2
	Гумікор	6,45	43 860	26 080	17 780	68,2
	Квантум	6,32	42 976	25 950	17 026	65,6
	$N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум	9,12	62 016	40 450	21 566	53,3
Нульовий обробіток (No-till)	Без добрив (контроль)	5,75	39 100	25 100	14 000	55,8
	K_{90}	6,38	43 384	30 050	13 334	44,4
	$P_{45}K_{120}$	6,95	47 260	35 400	11 860	33,5
	$N_{45}P_{45}K_{120}$	8,42	57 256	39 600	17 656	44,6
	Гумікор	6,3	42 840	25 680	17 160	66,8
	Квантум	6,2	42 160	25 550	16 610	65
	$N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум	8,9	60 520	40 050	20 470	51,1

На ресурсоощадних варіантах обробітку прибуток за цього ж варіанта удобрення становив 21 566 грн/га (дискування) та 20 470 грн/га (No-till). Вищий прибуток за оранки пояснюється тим, що прибавка врожайності зерна

(0,36–0,58 т/га відносно No-till та дискування) повністю окупала додаткові витрати на проведення глибокого механічного обробітку

Внесення виключно фосфорно-калійних добрив та калійного добрива K_{90} виявилося економічно найменш доцільним. Через високу ринкову вартість туків та відсутність азотного чинника, який є лімітувальним для росту біомаси кукурудзи, умовно-чистий прибуток на цих варіантах знижувався до 11 860–14 830 грн/га, а рівень рентабельності падав до мінімальних у досліді значень — 33,5–46,7 %.

Аналіз рівня рентабельності показав двовекторну закономірність. З одного боку, самостійне застосування біостимуляторів Гумікор та Квантум на фоні природної родючості забезпечило найвищі показники рентабельності у досліді (65,0–68,4 %). Це зумовлено помітною прибавкою врожаю зерна (0,40–0,55 т/га) при мінімальних додаткових інвестиціях на придбання та внесення препаратів (450–580 грн/га). З іншого боку, застосування комплексної системи + Квантум, хоч і характеризувалося дещо нижчим відсотком рентабельності (51,1–54,4 %) через високі валові витрати на мінеральні туки, забезпечило максимальну масу чистого прибутку з одиниці площі, що є вирішальним критерієм інтенсифікації сучасного агровиробництва.

ВИСНОВКИ

1. Отриманні результати водно-фізичних властивостей грунту за вирощування вимогливої до аерації та вологи культури кукурудзи класична оранка (25–27 см) створює найбільш сприятливі рихлі умови (щільність 1,15 г/см³) та високу вологоємність. Водночас вища вологість розриву капілярів за No-till (72%) вказує на краще збереження вологи у верхньому шарі за рахунок мульчування, що суттєво впливає на адаптацію агроценозу кукурудзи до посушливих умов Правобережного Лісостепу.

2. Аналіз поживного режиму в шарі 0–30 см засвідчив, що вміст мінерального азоту, рухомого фосфору та обмінного калію під посівами кукурудзи досягає максимуму у фазу викидання волоті з наступним відчуженням біомасою до збирання, при цьому найвища забезпеченість елементами живлення досягається за сумісного застосування $N_{45}P_{45}K_{120}$ із Квантумом, тоді як ресурсоощадні обробітки (дискування та No-till) зумовлюють концентрування рухомих фосфатів у верхній частині орного шару на противагу їх рівномірному об'ємному розподілу за традиційної оранки.

3. Фітосанітарний стан і забур'яненість посівів. Доведено, що застосування технології нульового обробітку (No-till) з гербіцидним захистом та збереженням непорушеного пласту багаторічних трав як попередника забезпечує найвищий рівень фітосанітарного контролю: щільність забур’яненості до моменту збирання знижується до 3–7 шт./м², а повітряно-суха маса бур'янів становить 8,4–15,7 г/га. Натомість мілкий дисковий обробіток (10–12 см) провокує максимальну забур'яненість (8–15 шт./м² та 17,0–27,8 г/м²) внаслідок фрагментації дернини та стимулювання насіннєвого банку. За відвальної оранки (25–27 см) пізні сходи бур'янів успішно пригнічуються потужним асиміляційним апаратом кукурудзи.

4. Продуктивність агрофітоценозу. Урожайність зерна кукурудзи істотно залежить від поєднання агротехнічних факторів і формується в межах від 5,75 до 9,48 т/га. Найвищу продуктивність забезпечило внесення повного

мінерального добрива $N_{45}P_{45}K_{120}$ у поєднанні з мікродобривом Квантум на фоні традиційної оранки (9,48 т/га) та мілкого дискування (9,12 т/га), тоді як за No-till цей показник досягав 8,90 т/га.

5. Якісні показники зерна. Формування біохімічного складу зерна визначалося переважно азотним живленням. Максимальний вміст сирого білка (10,5–10,8 %) та жиру (4,3–4,4 %) зафіксовано на варіантах із комплексною дією $N_{45}P_{45}K_{120}$ та Квантуму. Вміст крохмалю виявляв обернену залежність і досягав найвищих значень (72,0–72,2 %) на фоні фосфорно-калійного удобрення $P_{45}K_{120}$.

6. Економічна ефективність. Економічний аналіз у цінах 2026 року засвідчив, що максимальний умовно-чистий прибуток (22 714 грн/га) та високий рівень рентабельності (54,4 %) забезпечує варіант $N_{45}P_{45}K_{120}$ + Квантум за відвальної оранки. Водночас самостійне застосування біопрепаратів (Гумікор, Квантум) на неудобреному фоні забезпечує найвищий відсоток рентабельності виробництва (65,0–68,4 %) завдяки мінімальним додатковим витратам.

РЕКОНМЕДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для забезпечення максимальної продуктивності кукурудзи на зерно (до 9,48 т/га) та найбільшого умовно-чистого прибутку (22 714 грн/га) на чорноземах типових Правобережного Лісостепу виробництву рекомендується застосовувати традиційну відвальну оранку на 25–27 см у поєднанні з комплексною системою мінерального живлення $N_{45}P_{45}K_{120}$ та позакореневим внесенням мікродобрива Квантум, тоді як в умовах дефіциту вологи та протиерозійного спрямування доцільно використовувати технологію No-till із гербіцидним захистом і збереженням мульчувального шару, а для досягнення найвищого рівня рентабельності за обмеженого фінансування — практикувати внесення біопрепаратів (Гумікор або Квантум) на фоні природної родючості ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. Вісник ПДАА. 2021. № 2. С. 52–58.

2. Цилюрик О.І. Продуктивність короткоротаційної сівозміни залежно від системи обробітку ґрунту на фоні суцільного мульчування післяжнивними рештками. О.І. Цилюрик, В.М. Судак, В.П. Шапка. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони. – 2015. – № 8. – С. 66–72.

3. Лебідь Є.М. Відтворення родючості чорноземів та продуктивність короткоротаційних сівозмін степу залежно від системи мульчувального обробітку ґрунту. Є.М. Лебідь, О.І. Цилюрик. Бюлетень Інституту сільського господарства Степової зони. – 2014. – № 6. – С. 8–14.

4. Цилюрик О.І. Ефективність мінімального обробітку ґрунту під кукурудзу в умовах Північного Степу України. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2016. № 2. – С. 5 – 9.

5. Карпенко О. Кукурудза в Україні: тактика повільного наступу. URL: http://infoindustria.com.ua/kukurudza-v-ukrayini-taktika-povilnogo-zrostannya/.

6. Климчук О.В., Скорук О.П. Перспективні напрямки вирощування кукурудзи для використання на енергетичні потреби. Збірник наукових праць ВНАУ Серія: Економічні науки. 2011. №1 (48). С. 67–73.

7. Самойленко О.А., Глущенко Л.Д., Олепір Р.В. Вплив систем удобрень на врожайність кукурудзи. Сучасні тенденції сільському господарстві. матеріали Всеукр. дистанційної наук.-практ. конф. Полтава. ПП «Астрая», 2020. С. 56–57.

8. Олепір Р.В., Воропіна В.О., Глущенко Л.Д. Вплив основного обробітку ґрунту і систем удобрення на урожайність кукурудзи. Перші Сазановські читання: матеріали Всеукр. наук.-практич. конференції, присвяченій 100-річчю заснування Полтавської державної аграрної академії, м. Полтава, 27 листопада 2020 р. Полтава : ПДАА, 2020. С. 38 – 41.

http://doi.org/ 10.5281/zenodo.4437648

9. Механічний обробіток ґрунту: історія, теорія, практика: навч. посіб. / Примак І.Д. та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ» 2, 2019. 425 с.

10. Шевченко М.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження: монографія. Харків: ХНАУ, Майдан, 2019. С. 57–62.

11. Вологозабезпеченість та урожайність польових культур за різних систем обробітку ґрунту в сівозміні. Горобець А.Г. та ін. Бюл. Ін-ту сіл. госп-ва степ. зони НААН. Дніпропетровськ, 2011. № 1. С. 20–25.

12. Вплив способів основного обробітку ґрунту на динаміку запасів продуктивної вологи в посівах ячменю ярого в умовах Північного степу України. Цилюрик О.І. та ін. Зернові культури. Том 4. № 2. 2020. С. 339–352. DOI: 10.31867/2523-4544/0143.

13. Заєць П.С. Вплив способів основного обробітку ґрунту на динаміку запасів продуктивної вологи і вологозабезпеченості сої та пшениці озимої. Зб. наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ: ВП «Едельвейс», 2018. Вип. 3. С. 17–30.

14. Малієнко А.М. Деякі шляхи оптимізації режиму вологості ґрунту у посівах польових культур. Землеробство: між від. тем. наук. зб. Київ: ВП«Едельвейс», 2015. Вип. 1. С. 68–76.

15. Центило Л.В. Агроекологічні основи відтворення родючості чорнозему типового та підвищення продуктивності агроценозів Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. … д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2020. 41 с.

16. Балаєв А.Д., Піковська О.В. Використання соломи у відновленні родючості ґрунтів. К.: «ЦП Компринт», 2016. 244 с.

17. Гамаюнова В.В., Нагорна О.В., Панфілова А.В. Вплив біодеструкту стерні на поживний режим ґрунту. Збірник наукових праць Вінницького НАУ. Сільськогосподарські науки. Випуск 6 (68). 2012. С. 17–22.

18. Булигін С.Ю. Ґрунтово-екологічна та агроекологічна оцінка збитків від спалювання стерні. Вісник аграрної науки. №7. С. 62–65.

19. Продуктивність сільськогосподарських культур у різноротаційних сівозмінах на типових чорноземах. Бойко П.І. та ін. Вісник аграрної науки. 2018. № 12. С. 11–14.

20. Деструкція соломи – невід'ємна складова біологізації землеробства. Колісник Н.М. та ін. Посібник українського хлібороба. 2017. Т. 1. С. 279–280.

21. Дедов А.А., Дедов А.В., Несмеянова М.А. Динамика разложения растительных остатков в черноземе типичном и продуктивность культур севооборота. Агрохимия. 2016. № 6. С. 3–8.

22. Павліченко А.А. Урожайність пшениці озимої залежно від систем основного обробітку грунту та удобрення. Наукові доповіді НУБіП України, № 4 (74). 2018. DOI: 10.31548/dopovidi2018.04.009.

23. Панфілова А.В., Гамаюнова В.В. Вплив Біодеструктора стерні на поживний режим ґрунту. Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія. 2019. № 23. 01. С. 229–233. DOI: 10.31734/ agronomy2019.01.229.

24. Фурманець М.Г., Фурманець Ю.С., Фурманець І.Ю. Вплив систем обробітку ґрунту та удобрення на запаси продуктивної вологи під агрофітоценозами у сівозміні. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 2. С. 176–182.

25. Маркарян В.В. Вплив способів основного обробітку ґрунту та удобрення на забур'яненість посівів кукурудзи на зерно.

26. Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Житомир, 13–14 червня 2019 р.) – Житомир : вид-во «ЖНАЕУ». 2019. С. 81 – 83.

27. Науково-практичні рекомендації з технології вирощування кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України / Р.А. Вожегова та

ін. Херсон : Грінь Д.С., 2015. 104 с.

28. Цилюрик О.І. Вплив мульчувального обробітку ґрунту на поживний режим чорнозему в посівах ячменю ярого. Вісник Дніпровського державного аграрно-економічного університету. 2017. № 3(45). С. 23–31.

29. Примак І.Д., Купчик В.І., Колесник Т.В. Зміна агрохімічних властивостей чорнозему типового за різних систем основного обробітку ґрунту й удобрення в Центральному Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012. № 3. С. 26–31

30. Гангур В.В. Кукурудза на зерно – кращі строки сівби і оптимальна густота стояння рослин для Лівобережного Лісостепу. Агробізнес сьогодні. 2021. № 7 (446). С. 24–25.

31. Гангур В.В., Єремко Л.С., Руденко В.В. Вплив елементів технології вирощування на формування продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Таврійський науковий вісник. 2021. № 117. С. 37–43. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6.

32. 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. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-.167-2-33-42.

33. Kolisnyk O.M. Influence of foliar feeding on the grain productivity of corn hybrids in the conditions of the right-bank forest steppe of Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology. 2020. № 10 (2). P. 40–44. https://doi.org/10.15421/2020_61.

34. Marenych M., Koba K., Hanhur V., Semenov A., Len O., Yeremko L., Bagan A., Yurchenko S., Yeleussinov B. Effectiveness of urea-ammonia mixtures for ertilisation of maize (zeamays l.) mother plants under conditions of unstable moisture. Kexue Tongbao/Chinese Science Bulletin. 2024. Vol. 69. Issue 04. P. 1657–1669.

35. Marenych M.M., Hanhur V.V., Len O.I., Hangur Yu.M., Zhornyk I.I., Kalinichenko A.V. The efficiency of humic growth stimulators in presowing seed treatment and foliar additional fertilizing of sown areas of grain and industrial

crops. Agronomy Research. 2019. № 17 (1). P. 194–205. https://doi.org/10.15159/AR.19.023

36. Кулик М.І., Білявська Л.Г., Сиплива Н.О., Улізко П.М., Гайдай А.О. Мінливість елементів індивідуальної продуктивності та врожайності зерна гібридів кукурудзи. Аграрні інновації. 2022. Вип. 15. С. 111–119. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.17.

37. Лень О.І. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2021. № 2. С. 52–58. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06.

38. Лень О.І., Тоцький В.М., Гангур В.В., Єремко Л.С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2021. № 2. С. 52–58. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06.

39. Маренич М.М., Ласло О.О., Драч В.С. Адаптивні властивості гібридів кукурудзи до несприятливих кліматичних умов. Зрошуване землеробство. 2024. № 82. С. 43–47. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.82.7.

40. Павліченко К.В. Формування елементів структури врожаю гібридами кукурудзи на силос під впливом макро- і мікродобрив. Аграрні інновації. 2022. № 12. https://doi.org/10.32848/agrar. innov.2022.12.12.

41. Паламарчук В.Д., Демчук Б.С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 20. С. 60–76. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-5.

42. Юрченко С.О., Шакалій С.М., Баган А.В. Формування продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи за групами стиглості. Аграрні інновації. 2022а. № 113. С. 7–11. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.1.

43. Юрченко С.О., Шакалій С.М., Баган А.В., Іващенко В.М., Бараболя О.В., Покотило А.В. Формування біометричних показників та рівня

врожайності гібридів кукурудзи за групами стиглості. Зрошуване землеробство. 2022b. № 77. С. 5–8. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.1.

44. Bagrintseva V.N. Efficiency of foliar additional fertilizing of corn with fertilizers of brand BATR. News of the Kabardin-Balkar Scientific Center of RAS. 2021. № 1. P. 28–36. https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-1-99-28-36.

45. Biswas D.K., Ma B.L. Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn. Canadian Journal of Plant Science. 2016. № 96 (3). P. 392–403. https://doi.org/10.1139/cjps2015-0186.

46. Hanhur V., Marenych M., Korotkova I., Gamayunova V., Len O., Marinich L., Olepir R. Dynamics of nutrients in the soil and spring barley yield depending on the rates of mineral Fertilizers. International Journal of Botany Studies. 2021. Vol. 6. Issue 5. P. 1298–1306 [Електронний ресурс]. URL: https://www.botanyjournals.com/archives/2021/vol6/issue5/6-5-204

47. Танчик С. П., Цюк О. А., Бабенко А. О. Вплив технологій обробітку ґрунту на забур'яненість посівів кукурудзи на зерно. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 5. С. 19–24.

48. J Kanter, M Leinfelder-Miles, N Clark, ME Lundy, V Koundinya, R Long, SE Light, W Brim-DeForest, BA Linquist, D Putnam, RB Hutmacher, CM Pittelkow. Setting research and extension priorities for agronomic crops in California. *California Agriculture,* 78, 2024, P. 88–99.