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.
«__» _____ 2026 р.

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

## ОПТИМІЗАЦІЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ В КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ В УМОВАХ ДОСЛІДНОГО ПОЛЯ НВЦ БНАУ

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

Виконав: Бандура Володимир Олександрович___
*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**
*Бандурі Володимиру Олександровичу*

Тема: «Оптимізація обробітку ґрунту та удобрення в короткоротаційній сівозміні в умовах дослідного поля 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 системи обробітку ґрунту та удобрення; ґрунтово-кліматичні умови; методика проведення досліджень; аналіз результатів досліджень за вивчення впливу способів обробітку ґрунту та удобрення короткоротаційної сівозміни на продуктивність досліджуваних культур 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 _____ Бандура В.О.
*підпис* *прізвище, ініціали*

Дата отримання завдання «10» вересня 2025 р.

# ДЕКЛАРАЦІЯ
## про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи

Я, Бандура Володимир Олександрович, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою Н1 Агрономія, підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми: «Оптимізація обробітку ґрунту та удобрення в короткоротаційній сівозміні в умовах дослідного поля 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). 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

# РЕФЕРАТ

**Бандура В.О. Оптимізація обробітку ґрунту та удобрення в короткоротаційній сівозміні в умовах дослідного поля НВЦ БНАУ**

У кваліфікаційній роботі досліджено вплив різних систем основного обробітку ґрунту та рівнів удобрення на агрофізичні властивості ґрунту, продуктивність і якість продукції культур короткоротаційної чотирипільної сівозміни в умовах дослідного поля НВЦ БНАУ.

Метою роботи було обґрунтування ефективності поєднання різних способів обробітку ґрунту та систем удобрення для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і збереження родючості ґрунту. Дослідження проводили на чорноземі малогумусному в умовах Правобережного Лісостепу України. Вивчали традиційну полицеву оранку, поверхневий обробіток ґрунту та систему нульового обробітку No-till за чотирьох варіантів удобрення.

Установлено, що способи обробітку ґрунту та рівні удобрення істотно впливали на врожайність ячменю ярого, сої, пшениці озимої та соняшнику. Найвищі показники врожайності за максимального рівня удобрення переважно забезпечувала класична оранка: 4,98 т/га ячменю ярого, 2,83 т/га сої, 7,15 т/га пшениці озимої та 1,92 т/га соняшнику. За цього способу обробітку також отримано найвищі показники виходу кормових одиниць і збору протеїну. Економічна оцінка засвідчила доцільність поєднання інтенсивнішого удобрення з традиційним обробітком ґрунту, особливо під час вирощування сої та соняшнику.

Практичне значення результатів полягає в можливості їх використання для вдосконалення технологій вирощування польових культур, підвищення ефективності використання добрив і раціонального управління родючістю ґрунту в короткоротаційних сівозмінах Правобережного Лісостепу України.

Кваліфікаційна робота магістра містить 52 сторінок, 8 таблиць, 3 рисунки, список використаних джерел із 50 найменувань.

***Ключові слова:*** *способи основного обробітку грунту, сівозміна, удобрення*

# ANNOTATION

**Bandura V.O. Optimization of soil tillage and fertilization in a short-rotation crop rotation under the conditions of the research field of the Research and Production Center of BNAU**

In the qualification thesis, the influence of different main soil tillage systems and fertilization levels on the agrophysical properties of the soil, productivity, and product quality of crops in a short-rotation four-field crop rotation under the conditions of the research field of the Research and Production Center of BNAU was investigated.

The aim of the study was to substantiate the effectiveness of combining different soil tillage methods and fertilization systems to increase crop yields and preserve soil fertility. The research was conducted on low-humus chernozem under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Traditional moldboard plowing, surface tillage, and the No-till system under four fertilization options were studied.

It was established that soil tillage methods and fertilization levels significantly influenced the yield of spring barley, soybeans, winter wheat, and sunflowers. The highest yield indicators at the maximum level of fertilization were mainly provided by conventional plowing: 4.98 t/ha of spring barley, 2.83 t/ha of soybeans, 7.15 t/ha of winter wheat, and 1.92 t/ha of sunflowers. Under this tillage method, the highest indicators of feed unit yield and protein yield were also obtained. The economic evaluation demonstrated the expediency of combining more intensive fertilization with traditional soil tillage, especially when growing soybeans and sunflowers.

The practical significance of the results lies in the possibility of their application for improving crop cultivation technologies, increasing fertilizer efficiency, and rationally managing soil fertility in short-rotation crop rotations of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

The Master's qualification thesis contains 52 pages, 8 tables, 3 figures, and a list of references with 50 items.

**Keywords:** main soil tillage methods, crop rotation, fertilization.

# ЗМІСТ

Вступ ..... 7
Розділ 1. Огляд літератури..... 10
Розділ 2. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень..... 23
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови ……..... 23
2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень..... 24
Розділ 3. Мета, завдання і методика проведення досліджень..... 27
3.1. Мета та завдання досліджень…… 27
3.2. Схема досліду та методики досліджень…… 27
3.3. Системи основного обробітку та удобрення в короткоротаційних сівозмінах ……. ……... 30
Розділ 4. Результати досліджень…….. 32
4.1. Залежність агрофізичних властивостей ґрунту від способів обробітку та удобрення в короткоротаційній чотирипільній сівозміні ……..… 32
4.2. Урожайність культур сівозміни, залежно від досліджуваних факторів……..…… 35
4.3. Якість продукції культур сівозміни, залежно від досліджуваних факторів 40
4.4. Економічна ефективність вирощування культур сівозміни, залежно від досліджуваних факторів…… 42
Висновки ..... 44
Рекомендації виробництву…… 46
Список використаних джерел..... 47

# ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасний етап розвитку агропромислового комплексу України супроводжується необхідністю переходу до екологічно безпечних, ресурсоощадних і високоадаптивних моделей господарювання. В умовах глобальних кліматичних змін, що проявляються у зростанні посушливості, підвищенні температурних показників та нерівномірному розподілі атмосферних опадів, особливої актуальності набуває оптимізація технологій вирощування сільськогосподарських культур у короткоротаційних сівозмінах.

Традиційні інтенсивні технології, що базуються на щорічному глибокому полицевому обробітку ґрунту, попри високу ефективність на початкових етапах, часто призводять до прискореної мінералізації органічної речовини, зниження запасів гумусу та погіршення водно-фізичних властивостей чорноземів. У зв’язку з цим у науковому середовищі та виробництві тривають активні дискусії щодо доцільності впровадження мінімальних, безполицевих систем обробітку та прякрезистивних технологій (No-till). Проте успішне функціонування таких систем неможливе без їх гармонійного поєднання з науково обґрунтованими та збалансованими системами удобрення.

Короткоротаційні сівозміни є ефективним інструментом стабілізації агроценозів, проте насичення їх просапними та зерновими культурами вимагає детального вивчення взаємодії факторів «обробіток ґрунту – удобрення» для збереження родючості чорнозему типового та максимізації продуктивності рослин. Тому комплексне дослідження впливу різнотипного основного обробітку та насичених систем мінерального живлення на агрофізичні властивості ґрунту, урожайність і якість продукції культур короткоротаційної чотирипільної сівозміни в умовах Правобережного Лісостепу України є надзвичайно актуальним і має важливе практичне значення.

**Мета і завдання дослідження.**

*Метою роботи* є наукове обґрунтування та практична оцінка ефективності поєднання різних способів основного обробітку ґрунту і систем

удобрення для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та збереження родючості чорнозему типового в умовах короткоротаційної сівозміни Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети було вирішено такі *завдання*:

- проаналізувати сучасний стан і тенденції застосування мінімального та нульового обробітку ґрунту в поєднанні з різними системами удобрення;
- дослідити динаміку агрофізичних показників (твердості та щільності будови) чорнозему типового залежно від систем основного обробітку;
- встановити залежність урожайності культур короткоротаційної сівозміни (ячменю ярого, сої, пшениці озимої та соняшнику) від поєднання способів обробітку ґрунту та доз мінеральних добрив;
- визначити якісні показники продуктивності сівозміни (вихід зернових та кормових одиниць, збір протеїну);
- провести повну економічну оцінку досліджуваних технологічних варіантів та сформувати рекомендації для виробництва.

**Об’єкт дослідження** — процеси формування продуктивності сільськогосподарських культур та трансформації агрофізичних властивостей чорнозему типового в короткоротаційній сівозміні.

**Предмет дослідження** — способи основного обробітку ґрунту (класична оранка, поверхневий обробіток, No-till) та рівні органо-мінерального і мінерального удобрення.

**Методи дослідження.** У роботі використовували загальнонаукові та спеціальні методи: польовий — для вивчення взаємодії рослин із біотичними та абіотичними факторами в умовах стаціонарного досліду; агрофізичні та агрохімічні — для визначення щільності й твердості ґрунту, поживного режиму та якості продукції; статистичний — для оцінки достовірності експериментальних даних; розрахунково-порівняльний — для визначення виробничих витрат, умовно чистого прибутку та рівня рентабельності.

**Наукова новизна одержаних результатів.** В умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі малогумусному (типовому) уточнено

параметри зміни агрофізичних властивостей ґрунту (щільності будови та профільної твердості) за тривалого застосування різнотипних систем основного обробітку (оранка, дискування, No-till). Доведено характер реалізації біологічного потенціалу культур короткоротаційної чотирипільної сівозміни (ячмінь ярий, соя, пшениця озима, соняшник) залежно від поєднання мінімізації обробітку та інтенсивності мінерального живлення. Визначено оптимальні поєднання агротехнічних прийомів, що забезпечують максимальний вихід зернових і кормових одиниць та збереження родючості ґрунту.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати досліджень є технологічним підґрунтям для агропідприємств Правобережного Лісостепу України. Виробництву рекомендовано диференційовано підходити до вибору систем обробітку ґрунту та удобрення: застосовувати класичну полицеву оранку як базовий спосіб максимальної реалізації врожайного потенціалу або використовувати поверхневий обробіток (дискування) як економічно вигідну та ресурсоощадну альтернативу в поєднанні з інтенсивними мінеральними фонами

# РОЗДІЛ 1
# ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1. Ефективність систем обробітку ґрунту та удобрення у забезпеченні продуктивності короткоротаційної сівозміни

Сучасне землеробство перебуває на етапі переходу до широкого застосування екологічно безпечних і ресурсоощадних технологій, що відповідають принципам сталого розвитку. В умовах кліматичних змін особливої актуальності набуває пошук технологічних рішень, які гарантували б сталу продуктивність культур за одночасного збереження родючості ґрунту.

Забезпечення продовольчої та енергетичної безпеки України, як і більшості країн світу, потребує стабільного нарощування обсягів виробництва продукції рослинництва. В сучасних умовах кліматичних змін досягти цього можна лише завдяки впровадженню інноваційних, адаптивних і екологічно збалансованих технологій вирощування сільськогосподарських культур, зокрема оптимізації систем удобрення [1].

Перехід вітчизняного землеробства до ресурсоощадних моделей господарювання передбачає широке застосування ґрунтозахисного, безполицевого та мінімального обробітку ґрунту, що відповідає принципам сталого сільського господарства [2]. В цьому контексті особливого значення набуває наукове обґрунтування вибору систем основного обробітку ґрунту та типів удобрення, адаптованих до регіональних ґрунтово-кліматичних умов.

Оптимізація цих технологічних елементів сприяє підвищенню ефективності використання ґрунтових ресурсів, зменшенню енергетичних витрат і втрат органічної речовини, а також збереженню родючості ґрунтів.

Водночас у світовій практиці набуває поширення впровадження альтернативних систем землеробства, зокрема органічної, регенеративної та консервaційної, які спрямовані на досягнення Цілей сталого розвитку та підвищення екологічної стійкості агроекосистем [3, 4]. Це сприяє формуванню

збалансованих агроекосистем, зменшенню енергетичних і матеріальних витрат, а також відновленню екологічних функцій ґрунту.

Незважаючи на стрімкий технологічний прогрес та масштабний розвиток аграрного сектору світової економіки, завдання щодо подальшого зростання продуктивності сільськогосподарських культур залишається одним із найголовніших викликів для сучасної аграрної науки та практики. Необхідність вирішення цієї проблеми зумовлена складною сукупністю агроекологічних та економічних факторів, серед яких ключовими є глобальні кліматичні трансформації, зростання цін на матеріально-технічні ресурси та деградація ґрунтового покриву [5, 6].

У сучасних технологіях вирощування польових культур традиційно застосовують різноманітні способи обробітку ґрунту, зокрема класичний полицевий, а також альтернативні безполицевий і мінімальний. Водночас у науковій спільноті й досі тривають активні дискусії та відсутній єдиний погляд щодо безумовних переваг тієї чи іншої системи [7, 8].

Формування рівня врожайності є складним біологічним і технологічним процесом, який відбувається під одночасним впливом багатьох чинників. Серед них визначальну роль відіграють оптимізація умов живлення рослин, обґрунтованість системи удобрення та врахування специфічних біологічних потреб конкретної культури [9, 10]. Основним же критерієм для об’єктивного оцінювання ефективності будь-яких агротехнічних заходів чи систем обробітку залишається обсяг отриманого врожаю та показники його якості [11].

Багаторічні фундаментальні дослідження, проведені в різних ґрунтово-кліматичних зонах, засвідчують позитивний вплив на продуктивність сільськогосподарських культур як традиційної полицевої зяблевої оранки, так і безполицевих чи мінімальних способів обробітку [12].

Поряд із цим науково доведено, що розумна мінімізація механічного впливу на ґрунт у багатьох ґрунтово-кліматичних умовах не лише не призводить до зниження врожайності, а й часто сприяє її підвищенню. Головною економічною перевагою таких підходів є суттєве скорочення енергетичних і

паливних витрат, що робить агровиробництво більш конкурентоспроможним. Раціональне використання ґрунтових ресурсів та неухильне підтримання їхньої родючості визнані фундаментальними завданнями концепції сучасного сталого землеробства.

Реалізація принципів сталого розвитку в аграрній галузі вимагає системного впровадження високоадаптивних технологій. У цьому контексті ключове значення має оптимізація поєднання систем обробітку ґрунту та удобрення безпосередньо в межах короткоротаційних сівозмін [13].

Сучасна наука підтверджує, що системне застосування безполицевого, плоскорізного та чизельного обробітків сприяє збереженню природної структури ґрунту, протидіє ущільненню, запобігає розвитку вітрової та водної ерозії, а також сприяє накопиченню й утриманню органічної речовини у верхніх горизонтах. За узагальненими даними наукових досліджень, перехід на консерваційне землеробство дає змогу збільшити вміст органічного вуглецю в ґрунті в середньому на 4,17%, що супроводжується зростанням урожайності сільськогосподарських культур на 2,69% [14].

Удосконалення систем живлення шляхом переходу від виключно мінеральних до органо-мінеральних або біологізованих (органічних) систем відкриває широкі можливості для збереження та відтворення ґрунтової родючості. Це не лише підтримує оптимальний рівень поживних речовин у ґрунті, а й суттєво підвищує його мікробіологічну активність, покращує фізико-хімічні властивості та водопроникність, а також мінімізує ризики вимивання елементів живлення у водні джерела. Науково доведено, що поєднання органічного та органо-мінерального удобрення із безполицевими способами основного обробітку забезпечує формування високого рівня родючості ґрунту та стабільно високу продуктивність культур у короткоротаційних сівозмінах [15, 16].

Як свідчать результати експериментальних досліджень [13, 14], за використання комбінованих систем удобрення коефіцієнт засвоєння поживних речовин кореневими системами рослин істотно зростає. Це одночасно знижує

ризики екологічного забруднення ґрунтових вод нітратами та створює сприятливі умови для пролонгованого накопичення органічного вуглецю в ґрунті. Зазначений аспект є критично важливим саме для короткоротаційних сівозмін, де висока інтенсивність використання ріллі та швидка зміна культур можуть спричиняти прискорене виснаження ґрунтових ресурсів за відсутності належного компенсаційного живлення [17].

Вітчизняні та зарубіжні вчені приділяють особливу увагу короткоротаційним сівозмінам як ефективному та гнучкому інструменту адаптивного землеробства. Запровадження таких насичених сівозмін дає змогу оптимізувати використання наявних земельних і кліматичних ресурсів, суттєво покращити фітосанітарний стан посівів шляхом розриву циклів розвитку хвороб і шкідників, а також оперативно реагувати на сучасні виклики, пов’язані із глобальними змінами клімату [18]. За умови обґрунтованого підбору культур-попередників у короткоротаційній сівозміні та їх поєднання з диференційованим обробітком ґрунту й збалансованим удобренням, підтримується високий рівень продуктивності агроценозів без додаткового негативного навантаження на навколишнє середовище.

У контексті реалізації Європейського зеленого курсу (European Green Deal) та загальносвітової концепції сталого сільського господарства надзвичайно актуальним є подальше поглиблене вивчення комплексного впливу різних систем обробітку ґрунту та типів удобрення на врожайність культур, відтворення родючості та загальний екологічний стан агроекосистем.

Систематизація та наукове узагальнення таких даних формують надійне теоретичне й практичне підґрунтя для впровадження новітніх ресурсоефективних, ґрунтозахисних і конкурентоспроможних технологій у сучасне сільськогосподарське виробництво. Це дозволяє забезпечити баланс між економічною доцільністю агробізнесу та збереженням екологічної рівноваги довкілля для майбутніх поколінь.

Встановлено, що найвищу продуктивність забезпечує зернопросапна сівозміна за мінерального удобрення, особливо в поєднанні з полицево-

безполицевим обробітком ґрунту. Органо-мінеральні й органічні системи удобрення поступалися за рівнем виходу кормових одиниць. Мілкий безполицевий обробіток знижує продуктивність сівозмін порівняно з диференційованим обробітком. Отримані результати підтверджують доцільність оптимізації систем удобрення та обробітку ґрунту для підвищення ефективності короткоротаційних сівозмін [19].

За даними авторів [12], продуктивність культур у 10-пільній сівозміні значною мірою залежала від систем обробітку ґрунту та удобрення. Найвищу врожайність буряків цукрових і пшениці озимої після сої та кукурудзи на силос забезпечував полицево-безполицевий обробіток, тоді як мілкий обробіток знижував продуктивність культур. Органомінеральна система удобрення майже не поступалася мінеральній за рівнем урожайності культур.

Рівень продуктивності культур у сівозміні формується під впливом сукупності технологічних заходів з їх вирощування, серед яких важливе значення мають система обробітку ґрунту, застосування добрив, фітосанітарний стан агроценозу, біологічні особливості рослин і ґрунтово-кліматичні умови [20].

Оранка на глибину 20 – 22 см у поєднанні з 3 передпосівними культиваціями забезпечувала формування найвищого врожаю зерна розлусної кукурудзи - 3,16–3,43 т/га. Плоскорізний обробіток на цю саму глибину був менш ефективним і знижував урожайність у середньому на 0,29 т/га порівняно з оранкою. Найнижчим урожай зерна кукурудзи (2,33–2,72 т/га) був за обробітку ґрунту дисковим лушпильником на глибину 10 – 12 см. Заміна оранки альтернативними способами обробітку та скорочення кількості передпосівних культивацій призводили до зменшення продуктивності культури [21].

У праці [22] досліджували продуктивність короткоротаційних сівозмін із бобовими культурами на чорноземі типовому. Доведено, що включення у сівозміну бобових підвищує врожайність культур, покращує азотне живлення ґрунту та забезпечує стабільну продуктивність, що підтверджує важливу роль бобових у біологізації землеробства [22]. Як системи удобрення та насичення короткоротаційних сівозмін соєю впливають на їхню продуктивність,

проаналізували автори праці [23].

Найвищі показники врожайності та виходу кормових одиниць і перетравного протеїну спостерігали за помірної частки сої (до 20%) у поєднанні з органо-мінеральним удобренням. Зі збільшенням частки сої ефективність сівозмін знижувалась, особливо за недостатнього удобрення, що підтверджує необхідність оптимізації структури сівозміни та системи удобрення для підвищення продуктивності культури.

Загалом у наукових публікаціях досить широко висвітлено питання короткоротаційних сівозмін, що пояснюється їхньою зростаючою актуальністю в умовах скорочення площ землекористування та обмеженого набору культур, які вирощують сільськогосподарські підприємства [24]. Водночас погіршення агрофізичних і біохімічних властивостей орного шару ґрунту внаслідок інтенсивного землекористування, ерозійних процесів і кліматичних змін зумовлює потребу в розробці й упровадженні адаптивних систем обробітку ґрунту, які б поєднували енергоощадність з екологічною доцільністю.

Численні дослідження засвідчили, що традиційний глибокий обробіток ґрунту, забезпечуючи сприятливі умови для росту й розвитку сільськогосподарських культур, водночас активізує мінералізацію органічної речовини, призводить до зниження вмісту гумусу та погіршення структурного стану ґрунту. Саме тому дедалі більшого поширення набувають системи мінімального й безполицевого обробітку (плоскорізного, чизельного, нульового), які характеризуються нижчими енерговитратами, кращим збереженням ґрунтової вологи та стабілізацією запасів органічного вуглецю в орному шарі.

В результаті проведених досліджень (В.П. Кирилюк, Т.М. Тимощук, М.М. Пташнік) за показниками врожайності культур у короткоротаційній сівозміні найефективнішими варіантами основного обробітку ґрунту на фоні органо-мінерального удобрення визначено: для гірчиці білої — чизельну систему з обробітком на глибину 25–27 см; для пшениці озимої — полицеву систему з обробітком на глибину 22–25 см; для сої — чизельну систему з

обробітком на глибину 25–27 см; для ячменю ярого – полицеву систему з оранкою на глибину 20–22 см.

За збором зернових одиниць у сівозміні (3,64 т/га) найбільшу ефективність забезпечувала полицева система обробітку ґрунту, при цьому органо-мінеральний фон перевищував мінеральний за всіх систем на 2–6%.

Рентабельність сівозміни (140%) була найвищою в разі використання полицевої та плоскорізної систем на фоні органо-мінерального удобрення, який перевищував мінеральний за всіх систем на 42–52%. Ефект органо-мінерального удобрення та систем обробітку ґрунту проявлявся поступово і стабілізувався лише через кілька ротацій, що свідчить про важливість комплексного та довгострокового підходу до управління ґрунтовими ресурсами [26].

За даними науковців, внаслідок сучасних кліматичних трансформацій у Карпатському регіоні влітку все частіше спостерігаються тривалі бездощові періоди, які припадають на пік водоспоживання рослин і спричиняють гострий дефіцит вологи як в орному, так і в підорному горизонтах ґрунту. За таких умов ключовим критерієм вибору попередника в сівозміні стає його здатність сприяти акумуляції продуктивної вологи, особливо в глибоких ґрунтових шарах, а також підтримувати оптимальні показники щільності ґрунту [27-32]. Серед сучасних польових культур найкращими попередниками під кукурудзу визнано зернові колосові та бобові [33, 34].

За результатами досліджень (І.В. Саверин, О.Й. Качмар) встановлено, що вирощування кукурудзи після пшениці озимої в зернових сівозмінах оптимізує агрофізичний стан сірого лісового ґрунту, а застосування органо-мінеральної системи живлення ($N_{150}P_{120}K_{120}$ у поєднанні з побічною продукцією та післяжнивною редькою олійною) забезпечує максимальні показники польової (20,1–20,7 %) і продуктивної (36,7–38,0 мм) вологи за найменшої щільності ґрунту (1,11–1,12 г/см³). Комплексне внесення $N_{120-150}P_{100-120}K_{100-120}$ на фоні сидератів і побічної продукції гарантує високу продуктивність кукурудзи на зерно з виходом 7,27–9,64 т/га зернових та 9,74–12,92 т/га кормових одиниць, а у вирощуванні на зелену масу в зерно-

просапній сівозміні забезпечує врожайність 47,60–61,65 т/га та максимальний збір перетравного протеїну на рівні 0,62–0,80 т/га [36].

Застосування мінімального обробітку створює передумови для активізації біологічної активності ґрунту, насамперед мікробіоти, яка відіграє ключову роль у трансформації органічної речовини, мобілізації поживних елементів та синтезі фітогормонів. Крім того, при збереженні на поверхні поля пожнивних решток (соломи, стерні) формується своєрідна біологічно активна мульча, що покращує мікроклімат посівів, знижує амплітуду добових коливань температури ґрунту, а також сприяє розвитку ентомофагів і мікроорганізмів– антагоністів фітопатогенів [37].

Згідно з даними Л. Центила [34], застосування мульчування сприяло зростанню врожайності пшениці озимої до 5,0 т/га, що на 0,8 т/га (або 12,0 %) вище за показники, отримані за зяблевої оранки (4,4 т/га), тоді як для ячменю ярого та кукурудзи на зерно приріст продуктивності становив 0,7–0,9 т/га (на 10,3–15,1 %).

У посушливі роки технології мінімального обробітку демонстрували високу буферну спроможність щодо кліматичних ризиків, забезпечуючи сталу врожайність на тлі її різкого падіння за традиційної агротехнології. Поряд із цим спостерігалася позитивна трансформація біологічних та морфологічних параметрів ґрунту: у поверхневому шарі (0–10 см) за мінімального обробітку формувався збагачений органічними рештками мульчувальний шар, який слугував джерелом вуглецю й енергії для ґрунтової мікрофлори [38, 39].

Дослідження Л. В. Губенко, Є. В. Задубинної та Т. В. Тарасенка в умовах Лівобережного Лісостепу засвідчили простежувану тенденцію до зниження врожайності польових культур під час переходу від полицевої системи обробітку ґрунту до No-till (нульового). У вирощуванні соняшнику максимальні показники продуктивності відзначено за традиційної оранки проти мілкого дискування та прямої сівби: за внесення $N_{150}P_{110}K_{180}$ урожайність досягала пікового значення — 3,95 т/га.

Способи обробітку та рівень живлення визначали не лише кількісні, а

й якісні характеристики врожаю: хоча найбільшу олійність насіння зафіксовано за нульового обробітку без добрив, загальний збір олії з одиниці площі корелював безпосередньо з рівнем урожайності, досягши максимуму (1,78 т/га) за поєднання повного мінерального живлення з класичною оранкою. Водночас автори зазначають, що в межах ресурсоощадних стратегій застосування мілкого чи нульового обробітку за умови оптимального удобрення є цілком доцільним, оскільки дає змогу суттєво скоротити витрати ресурсів без відчутного падіння продуктивності агроценозу [40].

За даними експериментальних досліджень Ф. С. Галиша [41] на посівах гороху, внесення добрив і застосування різних способів основного обробітку ґрунту забезпечували приріст урожайності зерна на 21,3 % та 30,8 % відповідно, причому проведеність полицевої оранки гарантувала перевагу над дискуванням у 8,4 %. Ефективність застосування різних доз мінеральних та органічних туків за оранки становила 0,28–1,67 т/га додаткового врожаю, тоді як за дискового обробітку — 0,26–1,49 т/га.

Найвища продуктивність сформувалася за органо-мінеральної системи живлення (внесення NPK у поєднанні з гноєм, соломою, $N_{10}$ на 1 т соломи та сидереацією): приріст врожайності досягав 1,49 т/га за дискування та 1,67 т/га за оранки. Це засвідчує, що за будь-якої системи обробітку використання мінеральних, органічних або комбінованих добрив гарантує тривалу та стабільну позитивну віддачу.

Зазначені закономірності повністю узгоджуються з науковими працями О. С. Чинчика [42], який також встановив, що класична полицева оранка створює оптимальніші умови для засвоєння рослинами елементів живлення з добрив порівняно з поверхневими способами обробітку, що безпосередньо сприяє підвищенню індивідуальної продуктивності гороху.

У дослідженнях В. П. Кирилюка на ячмені ярому максимальний рівень урожайності зерна (3,87 т/га) зафіксовано за полицевої оранки в поєднанні з мінеральною системою живлення $N_{60}P_{60}K_{60}$. Практично ідентичну продуктивність (3,82 т/га) забезпечило застосування органо-мінерального

удобрення (приорювання соломи попередника з додаванням $N_{60}P_{60}K_{60}$) також на фоні традиційної оранки [43]. Схожі закономірності виявлено у працях В. М. Тоцького щодо вирощування соняшнику: найвищу врожайність насіння (3,40 т/га) отримано за внесення мінеральних туків у дозі $N_{40}P_{60}$ під полицевий обробіток ґрунту [44].

Згідно з висновками С. В. Ображій, максимальні показники врожайності зерна кукурудзи (7,47 т/га за полицевого та 7,54 т/га за комбінованого обробітку) стали наслідком зниження забур'яненості посівів та покращення поживного режиму ґрунту. Оптимізація агрофізичних параметрів за комбінованої системи обробітку також сприяла формуванню високої продуктивності інших культур сівозміни: пшениці озимої (7,65 т/га), ячменю ярого (4,90 т/га), гороху (3,50 т/га) та сої (2,61 т/га). Водночас за систематичного безполицевого обробітку зафіксовано найнижчі показники врожайності по всіх досліджуваних культурах, тоді як внесення органічних і мінеральних добрив стабільно підвищувало загальну продуктивність агроценозу [45].

Згідно з результатами досліджень А. А. Павліченка [46], система основного обробітку ґрунту чинить вагомий вплив на продуктивність пшениці озимої, проте відчутне падіння врожайності фіксувалося лише за умови тривалого безполицевого обробітку. У середньому за період спостережень максимальну врожайність зерна забезпечив диференційований обробіток (3,51 т/га), дещо нижчі показники отримано за мілкого (3,45 т/га) та традиційного полицевого (3,42 т/га), тоді як за систематичного плоскорізного розпушування врожайність знижувалася до 3,0 т/га. При цьому віддача від мінеральних добрив безпосередньо залежала від технології: за використання плоскоріза вона падала, а за обробітку лемішним лущильником, навпаки, зростала.

Водночас мінімізація обробітку показала суттєві економічні переваги щодо якості структури врожаю. Зокрема, у варіантах із плоскорізним розпушуванням відзначено найвище співвідношення товарної продукції до

нетоварної, тоді як за класичної оранки цей показник був найнижчим. Скорочення частки малоцінної фракції за заміни оранки на плоскорізний обробіток підтверджує високу економічну доцільність застосування цієї ресурсоощадної технології [46].

За результатами досліджень виявлено, що чизельний обробіток створює оптимальні умови для формування ерозійностійкої структури ґрунту, забезпечуючи максимальний вміст водостійких агрегатів в орному горизонті (81,1 %) проти 71,2 % за класичної оранки, тоді як дисковий обробіток демонструє проміжний результат (80,1 %). Наприкінці періоду парування щільність складання в шарі 0–30 см за чизелювання становила 1,28 г/см³, тоді як за полицевого обробітку вона була нижчою (1,23 г/см³), а за мілкого поверхневого — сягала 1,32 г/см³. Водночас чизельна технологія забезпечила найкращу акумуляцію вологи у метровому товщі ґрунту (0–100 см) — 22,9 %, що перевищувало показники оранки та дискування на 0,7–1,8 %.

Агрофізична перевага чизельного обробітку прямо позначилася на продуктивності: урожайність пшениці озимої досягла 4,99 т/га, що переважало варіанти з полицевою оранкою та мілким обробітком на 0,38 т/га та 0,56 т/га відповідно. Завдяки скороченню енерговитрат у поєднанні з покращенням структурно-агрегатного стану ґрунту, застосування чизелювання виявилося найбільш економічно доцільним серед усіх досліджуваних технологічних рішень [47].

Фосфорні добрива є ключовим елементом енергетичного забезпечення рослин, що стимулює розвиток потужної кореневої системи та закладання генеративних органів. Їхня роль є критичною на початкових етапах вегетації за умов знижених температур, а також у фазі кущіння, коли відбувається формування елементів продуктивності колосу. Застосування фосфорних туків у дозі 45,0–60,0 кг/га д. р. забезпечує приріст урожайності на рівні 0,6–0,9 т/га (до 18 % відносно контролю) [48].

За узагальненнями ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії», локальний спосіб внесення фосфору в зону розміщення коренів суттєво

підвищує коефіцієнт його засвоєння, що надзвичайно актуально для чорноземів, де мобільність фосфатів є традиційно обмеженою.

Калійне живлення відіграє вирішальну роль в осморегуляції клітинного соку, зміцненні механічних тканин, підвищенні стійкості рослин до вилягання та посухи. Попри природні запаси калію у важкосуглинистих чорноземах, інтенсивне використання ґрунтів призводить до його швидкого вичуження, а нестача цього елемента знижує інтенсивність фотосинтезу та виповненість зерна. Дослідженнями Інституту зернових культур НААН доведено, що внесення $К_{30-60}$ у складі складних добрив навіть за середньої забезпеченості ґрунту калієм гарантує додаткове одержання 0,50–0,70 т/га зерна пшениці озимої [49].

У сучасних агротехнологіях особливого значення набуває інтегрована система живлення, яка передбачає гармонійне поєднання мінеральних туків, органічних джерел (перегною, побічної продукції, сидератів) та біологічно активних засобів — мікробіологічних препаратів на основі азотфіксувальних, фосфатмобілізувальних і мікоризоутворювальних штамів бактерій. Результати експериментальних досліджень у зоні Степу засвідчують, що залучення біопрепаратів до системи удобрення пшениці озимої дозволяє скоротити норми внесення мінеральних добрив на 20–25 % без втрати рівня продуктивності агроценозу [50].

Система живлення має вирішальне значення для підтримки високої потенційної родючості чорнозему. За мінімального та нульовому обробітку виникає проблема накопичення (концентрації) фосфорних та калійних добрив у верхньому шарі (0–10 см). Це зменшує їхню доступність для культур з глибокою кореневою системою, вимагаючи глибинного внесення частини добрив або ротації методів обробітку. Концентрація азотних добрив та активність мікрофлори на поверхні може посилювати підкислення верхнього шару, що особливо актуально для чорноземів, які природно мають нейтральну або слаболужну реакцію.

Аналіз результатів наукових досліджень засвідчує, що традиційна

полицева оранка та комбінована система обробітку ґрунту мають беззаперечну перевагу над систематичним безполицевим обробітком у забезпеченні максимальної продуктивності польових культур. Застосування полицевого та комбінованого обробітків сприяє суттєвому поліпшенню агрофізичних властивостей ґрунту, оптимізації поживного режиму та ефективному пригніченню забур'яненості посівів. Завдяки цьому формуються найвищі показники врожайності ячменю ярого (до 3,87–4,90 т/га), соняшнику (3,40 т/га), кукурудзи (до 7,54 т/га), пшениці озимої (7,65 т/га), гороху (3,50 т/га) та сої (2,61 т/га), тоді як тривале використання виключно безполицевих систем призводить до зниження продуктивності агроценозів.

Водночас вирішальним чинником реалізації потенціалу будь-якої системи основного обробітку ґрунту є збалансоване живлення рослин. Систематичне внесення мінеральних та органо-мінеральних добрив (зокрема із заробкою соломи попередника) стабільно підвищує врожайність усіх сільськогосподарських культур у сівозміні. Поєднання полицевої оранки чи комбінованого обробітку з помірними та підвищеними нормами туків гарантує максимальне засвоєння поживних речовин, що підтверджує необхідність комплексного підходу до управління родинністю ґрунту та продуктивністю рослин.

# РОЗДІЛ 2
# ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 2.1. Ґрунтово-кліматичні умови

Дослідження проводили на експериментальному полі Навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету (НВЦ БНАУ) в умовах тривалого стаціонарного досліду, розгорнутого для вивчення комплексного впливу інтенсивних систем удобрення та різнотипного основного обробітку ґрунту на продуктивність культур у коротких сівозмінах.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом малогумусним (суглинкового механічного складу на лісових суглинках), який є типовим і найбільш родючим для зони Правобережного Лісостепу. Тип ґрунту характеризується сприятливими водно-фізичними властивостями, достатньою водопроникністю, високою ємністю катіонного обміну та нейтральною або близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину ($pH_{KCl}$ 6,5–7,2). У верхньому орному шарі (0–30 см) вміст гумусу становить у середньому 3,8–4,2 %, валового азоту — 0,22–0,25 %, фосфору — 0,15–0,18 %, а калію — 1,8–2,1 %. Забезпеченість рухомими сполуками фосфору та калію варіює від середньої до підвищеної, проте в умовах інтенсивного землеробства та періодичних літніх посух рівень мобільності поживних елементів суттєво залежить від гідротермічного режиму та обраної системи основного обробітку ґрунту.

Кліматичні умови зони проведення досліджень — помірно континентальні, з достатнім, але нестійким зволоженням. Середньорічна кількість опадів становить 520–580 мм (значна частина яких випадає у теплий період року), а гідротермічний коефіцієнт (ГТК) коливається в межах 1,1–1,3, проте останніми роками спостерігається чітка тенденція до підвищення посушливості у критичні фази вегетації сільськогосподарських культур, що робить питання вологозбереження та буферності обробітку ґрунту пріоритетними.

### 2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень

Аналіз метеорологічних умов у період проведення польових досліджень (2025–2026 рр.) є критично важливим складником агрономічної оцінки продуктивності короткоротаційної сівозміни, оскільки температурний режим та вологість безпосередньо визначають динаміку росту, розвитку й реалізацію потенціалу врожайності сільськогосподарських культур.

Дослідження проводили в умовах правобережної частини Лісостепу України (метеостанція м. Біла Церква). Клімат території відзначається як помірно континентальний з м'якою зимою, теплим літом і нестійким зволоженням.

Дані спостережень за 2025 та 2026 роки свідчать про суттєві температурні коливання та контрастний розподіл атмосферних опадів як порівняно з середньобагаторічними показниками (кліматичною нормою), так і між окремими роками вегетації. Аналіз середньодобової температури повітря у районі проведення досліджень (рис. 1) показав загальну тенденцію до потепління, раннього настання весни та інтенсивного нарастання суми ефективних температур.

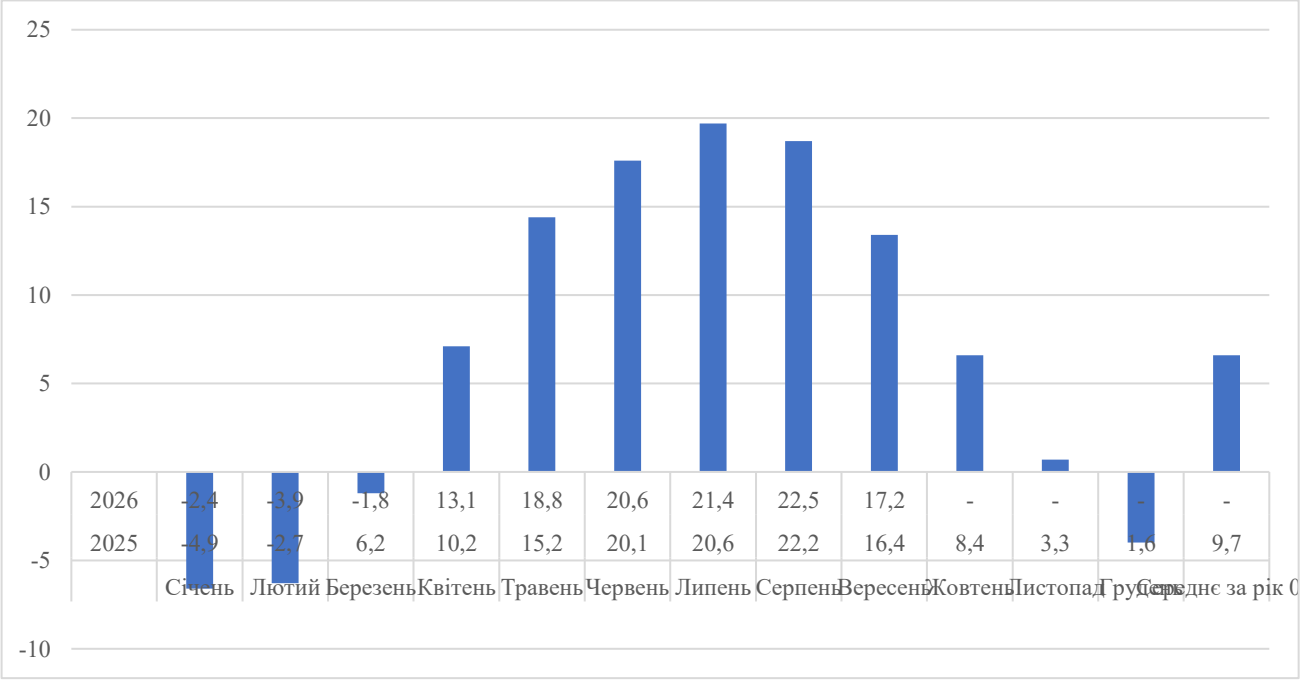



*Рис. 1. Середньодобова температура повітря в районі проведення досліджень, метеостанція Біла Церква, °С*

Весняне відновлення вегетації озимих та початок польових робіт у 2025 р. відбулися в строки, близькі до середньобагаторічних. Середньодобова температура квітня становила +9 $^0$C, а у травні спостерігалося помірне підвищення термічного фону до +16 $^0$C, що забезпечило старт ростових процесів ярих культур. 2026 рік відзначився аномально раннім відновленням вегетації та стрімким підвищенням температур уже у квітні–травні. Температурний режим квітня перевищував кліматичну норму на 2 $^0$C, що призвело до істотного прискорення проходження фаз кущення та виходу в трубку зернових культур.
Літо 2026 року виявилося спекотним: середньодобові температури липня та серпня коливалися в межах $21 - 23{,}8$ C, а в окремі дні максимальні значення перевищували $32 - 35$ C. У 2026 році літній період супроводжувався стійким високим температурним фоном із тривалими хвилями спеки у липні, що створювало додаткове термічне навантаження на рослини в період формування та наливання зерна. В обидва роки вегетації зниження температур в осінній період у вересні відбувалося поступово (середньодобові показники в межах $(+14, +15{,}8$ C), що створювало сприятливі умови для дозрівання пізніх ярих та сівби озимих культур під урожай наступних років.

Характер зволоження за даними метеостанції м. Біла Церква (рис. 2) відзначався високою нерівномірністю та проявами повітряно-ґрунтової посухи у критичні фази розвитку рослин. Загальна річна сума опадів у 2025 році виявилася підвищеною і досягла близько 596 мм, перевищивши середньобагаторічну норму. Проте розподіл опадів протягом року був вкрай непропорційним. Зимово-весняний період відзначався високим рівнем вологозабезпечення, що дозволило сформувати значний запас продуктивної води у метровому шарі ґрунту на момент сівби. У літні місяці надходження опадів мало переважно зливовий характер — тривалі бездощові періоди змінювалися короткочасними інтенсивними зливами, через що частина вологи втрачалася на поверхневий стік і випаровування. 2026 рік характеризувався суттєвим дефіцитом опадів у весняно-літній період. Недостатня кількість атмосферної вологи у квітні–травні у поєднанні з високими температурами

повітря призвела до швидкого висушування орного шару ґрунту (0–20 см), що негативно позначилося на польовій схожості насіння ярих культур та початкових етапах органогенезу (рис. 2).

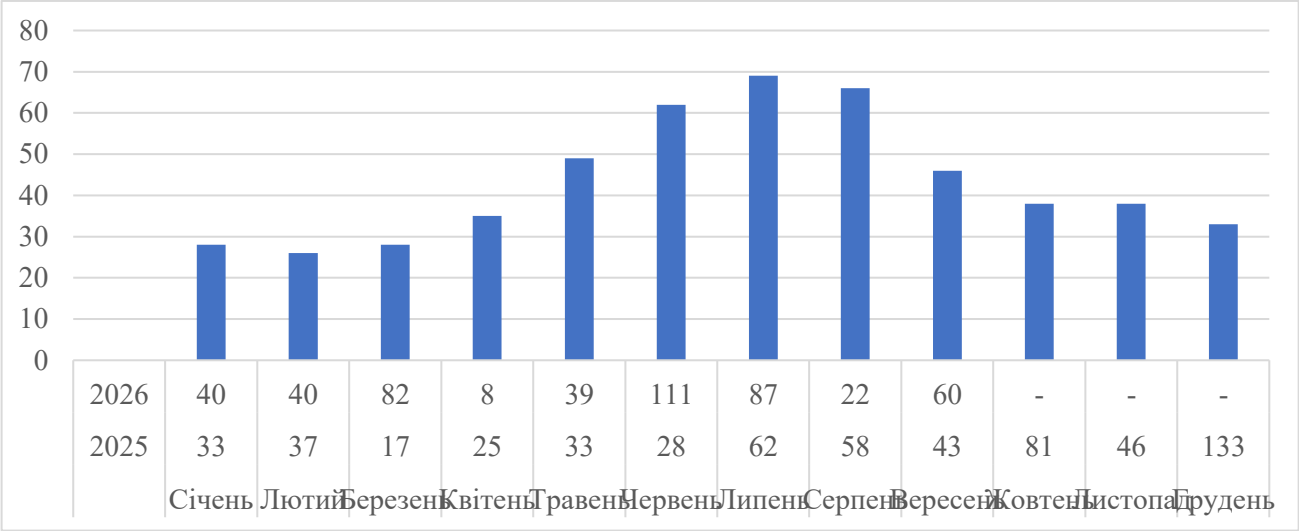



*Рис. 2. Атмосферні опади в районі проведення досліджень, за даними метеостанції Біла Церква, мм*

Загалом, 2025 рік характеризувався як добре вологозабезпечений на початку вегетації, але з контрастним і спекотним літнім періодом. Наявність достатніх запасів ґрунтової вологи навесні нівелювала ризики ґрунтової посухи на перших етапах розвитку культур короткоротаційної сівозміни. Проте, 2026 рік характеризувався як посушливий і термічно аномальний (особливо в першій половині вегетації). Рання весна та дефіцит весняних опадів створили жорсткі агрокліматичні умови, що дозволило об'єктивно оцінити посухостійкість досліджуваних культур, а також вологозберігаючу ефективність розроблених елементів агротехніки (системи обробітку ґрунту, застосування біопрепаратів та регуляторів росту). Отже, агрокліматичні умови 2025–2026 років спостережень суттєво відрізнялися між собою, що дозволило всебічно оцінити реакцію культур короткоротаційної сівозміни на різні рівні волого- та теплозабезпечення. Зібрані експериментальні дані є репрезентативними та достовірними для наукового обґрунтування елементів технології вирощування в умовах мінливого клімату Правобережного Лісостепу України.

# РОЗДІЛ 3
# МЕТА, ЗАВДАННЯ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 3.1. Мета та завдання досліджень

**Мета роботи:** Обґрунтувати ефективність інтегрованих систем обробітку ґрунту та внесення добрив, адаптованих для чорнозему типового в умовах Правобережного Лісостепу, з метою збереження родючості та підвищення врожайності культур.

**Основні завдання:**

- Вивчити сучасний стан і тенденції використання мінімального та нульового обробітку ґрунту в Україні та світі.
- Визначити зміну агрофізичних показників (щільність, твердість) залежно від способу обробітку (полицевий, плоскорізний, мілкий безполицевий).
- Встановити залежність урожайності основних культур короткоротаційної сівозміни від поєднання способів обробітку та доз добрив.
- Визначити якісні показники отриманої продукції (вміст білка, клейковини, олійність тощо).
- Зробити економічну оцінку досліджуваних технологій.

**Об’єкт дослідження:** процеси формування продуктивності культур та трансформації властивостей чорнозему типового.

**Предмет дослідження**: способи основного обробітку ґрунту (оранка, плоскорізний, мілкий безполицевий) та рівні органо-мінерального удобрення.

## 3.2. Схема досліду та методики досліджень

Загальна площа досліду – 6,0 га, під дослідними ділянками зайнято 4,5 га. Повторення досліду триразове, розміщення варіантів і повторень систематичне. У дослідженні порівнювалися три системи обробітку ґрунту. Традиційний (глибокий) обробіток (Оранка на глибину 25-27 см, мінімальний обробіток (Поверхневе дискування на 10-12 см). Нульовий обробіток (No-till), пряма сівба

без попереднього обробітку. Сівозміна містить такий набір культур: ячмінь ярий, соняшник, соя, пшениця озима.

Система традиційної оранки включала: Основний обробіток: Глибока оранка плугом ПЛН 3–35 на 25-27 см. Весняний обробіток включав дві операції — спершу культивація на 10-12 см, а потім передпосівна культивація на 5-6 см. Система мінімального обробітку складалася подвійного лущення стерні дисковою бороною АГ–2,4 на глибину 10-12 см. Весняний обробіток включав весняну культивацію (після проростання бур'янів) на 10-12 см, після якої проводилася передпосівна культивація на 5-6 см. На ділянках No-till сівба була проведена сівалкою зерновою «Great plants», СЗМ 3,6 No-Till technology.

*Таблиця 1*

**Чергування культур у короткоротаційних сівозмінах стаціонарного досліду**

| № поля | Культура |
|---|---|
| 1. | Ячмінь ярий |
| 2. | Соя |
| 3. | Пшениця озима |
| 4. | Соняшник |

*Таблиця 2.*

**Система удобрення у досліді**

| Варіант удобрення | Пшениця озима | Ячмінь ярий | Соя | Соняшник |
|---|---|---|---|---|
| 1 | без добрив | без добрив | без добрив | без добрив |
| 2 | $N_{22}P_{22}K_{22}$ | $N_{22}P_{22}K_{22}$ | $N_{22}P_{22}K_{22}$ | $N_{22}P_{22}K_{22}$ |
| 3 | $N_{30}P_{90}K_{90}$ | $N_{60}P_{60}K_{60}$ | $N_{30}P_{30}K_{60}$ | $N_{120}P_{100}K_{120}$ |
| 4 | $N_{100}P_{60}K_{90}$ | $N_{90}P_{60}K_{80}$ | $N_{30}P_{60}K_{65}$ | $N_{120}P_{100}K_{180}$ |

Сорт озимої пшениці Богдана — це високоврожайний сорт м'якої безостої пшениці інтенсивного типу української селекції (ІФРГ НАНУ та МІП), який належить до групи сильних пшениць із потенціалом урожайності понад 100 ц/га. Сорт є екологічно пластичним та універсальним для вирощування в усіх природно-кліматичних зонах України, оскільки має високу зимостійкість,

посухостійкість та стійкість до вилягання і осипання зерна. Рослини середньорослі (92–100 см), формують велике червоне зерно з високим вмістом білка (13,5–14,8%) та клейковини (28–32%), що забезпечує відмінні хлібопекарські властивості та стабільний прибуток для аграріїв.

Ярий ячмінь «Аскольд», оригінатором якого є Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла, — це високоврожайний дворядний сорт інтенсивного типу з вегетаційним періодом близько 85 днів, який поєднує в собі міцну соломку заввишки 70–75 см із високою стійкістю до вилягання. Сорт формує еліптичне жовте зерно з масою 1000 насінин до 47,5 г, має добрі пивоварні якості, високу стійкість до борошнистої роси, іржі та гельмінтоспоріозу, а також демонструє потенціал урожайності понад 58 ц/га в умовах помірного зволоження (а за максимальних показників на сортовипробувальних станціях досягав до 90 ц/га).

Ультраранній сорт сої «Арніка» селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН» дозріває всього за 80–85 днів, що робить його ідеальним попередником під озимі культури в зонах Лісостепу та Полісся. Рослини заввишки 75–85 см мають висоту прикріплення нижнього бобу 11–13 см, демонструють високу стійкість до вилягання, посухи, осипання та основних хвороб (бактеріозу, фузаріозу). За генетичного потенціалу врожайності до 4,0 т/га (реальна — 2,0–2,8 т/га) сорт формує округле жовте насіння з масою 1000 насінин 140–160 г, яке містить 40–42% білка та 20–22% олії.

Середньоранній класичний гібрид соняшнику «СИ Купава» (Syngenta) з вегетаційним періодом 105–112 днів є одним із найстабільніших помірно-інтенсивних гібридів для зони Лісостепу, який поєднує високу енергію початкового росту з потенціалом урожайності понад 4,5 т/га та олійністю до 53%. Рослини заввишки 160–180 см мають потужну кореневу систему і міцне стебло, демонструють відмінну посухостійкість, імунітет до несправжньої борошнистої роси та високу толерантність до фомопсису й склеротиніозу. Головною генетичною перевагою гібрида є його стійкість до вовчка рас A–G, що разом із пластичністю до термінів посіву забезпечує стабільний збір олії за будь-

яких кліматичних умов без ризику вилягання.

### 3.3. Системи основного обробітку та удобрення в короткоротаційних сівозмінах

**Озима пшениця** вирощується за найбільш інтенсивною схемою, де гербіцидний контроль стартує ще восени у фазі кущіння препаратами на основі 2,4-Д, флорасуламу або трибенурон-метилу для знищення першої хвилі дводольних бур'янів. Весняне очищення площ продовжують сульфонілсечовинами або дикамбою проти перезимувалих видів, а злакову засміченість (зокрема, метлюг) ліквідують граміцидами з діючою речовиною клодинафоп-пропаргіл. Фунгіцидний захист культури є щонайменше дворазовим: на етапі Т1 (вихід у трубку) посіви санують тріазолами (протіоконазол, тебуконазол) від септоріозу та борошнистої роси, а на етапі Т2 (колосіння-цвітіння) прапорцевий листок та колос захищають від фузаріозу сумішами стробілуринів, тріазолів чи карбоксамідів. Інсектицидні обробки мають чітко виражений пороговий характер, де проти клопа-шкідливої черепашки та попелиць традиційно залучають синтетичні піретроїди.

**Ярий ячмінь** через меншу тривалість вегетації потребує помірно інтенсивного захисту, який обмежується одноразовим весняним внесенням гербіцидів у період кущіння. Для контролю широколистих бур'янів застосовують росторегулюючі препарати ауксинового типу (2,4-Д) або екологічно безпечні сульфонілсечовини. Оскільки культура генетично дуже вразлива до патогенів плямистостей, обов’язковий фунгіцидний захист проводять на початку виходу рослин у трубку. Оптимальним технологічним рішенням тут є використання бакових сумішей або комбінованих засобів на основі тріазолів та морфолінів, які забезпечують тривалий стоп-ефект проти сітчастої й смугастої плямистостей, а також надійно стримують розвиток борошнистої роси.

**Соя** потребує ретельного захисту від бур'янів на перших етапах органогенезу, що досягається обов'язковим утворенням ґрунтових екранів (пендіметалін, ацетохлор, прометрин) до посіву або появи сходів культури.

Подальші коригувальні обробки вегетуючих рослин проводять диференційовано: злакову мікрофлору та пирій нищать ізольованим внесенням специфічних граміцидів (хізалофоп-П-етил, клетодим), а дводольні види контролюють у фазі 1–3 справжніх листків бентазоном або імазетапіром. Для превенції фомопсису, антракнозу та іржі, а також для пролонгації фотосинтетичної активності («зеленого ефекту») посіви у фазі цвітіння або наливу бобів обробляють високоефективними баковими сумішами стробілуринів із тріазолами.

**Соняшник** у межах досліджуваної сівозміни захищають за допомогою інноваційної технології Clearfield Plus (КЛП), яка є найбільш виправданою для тотального контролю амброзії полинолистої та всіх відомих рас вовчка соняшникового. Первинну забур'яненість стримують до сходовим внесенням комбінацій ацетохлору та тербутилазину, після чого у фазі 4–8 справжніх листків культури проводять основне обприскування гербіцидними комплексами імазамоксу та імазапіру. Схема фунгіцидного захисту є дворазовою і базується на комбінаціях тріазолів із карбоксамідами: перше внесення виконують у фазі 8–10 листків для оздоровлення стебло-листкової маси, а друге — на початку цвітіння з акцентом на захист кошика від склеротиніозу (білої та сірої гнилей).

Для виконання поставлених завдань застосовані загальнонаукові та спеціальні методи: польові – вивчення взаємозв’язку об’єктів з біотичними та абіотичними факторами в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах; лабораторні методи: морфофізіологічні, агрохімічні, фізичні, статистичні методи. З метою оцінки агротехнічних заходів у досліді проводився комплекс агрохімічних аналізів, агрофізичних досліджень, фенологічних спостережень та біометричних обліків. Зразки ґрунту відбиралися та готувалися до аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464-2001. Об’ємна маса грунту ( щільність) відповідно до ДСТУ – ISO11272:2001. Фенологічні спостереження, температурний режим грунту, облік врожайності - згідно методичних рекомендацій.

# РОЗДІЛ 4
# РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 4.1. Залежність агрофізичних властивостей ґрунту від способів обробітку та удобрення в короткоротаційній чотирипільній сівозміні

Твердість ґрунту є важливим агрофізичним показником, що безпосередньо відображає ступінь його ущільнення та визначає сприятливість умов для проникнення, формування та функціонування кореневої системи сільськогосподарських культур. Аналіз експериментальних даних за 2025–2026 рр. свідчить про суттєву диференціацію показників твердості чорнозему типового як за профілем ґрунту (0–80 см), так і залежно від застосованих систем основного обробітку (рис. 3).

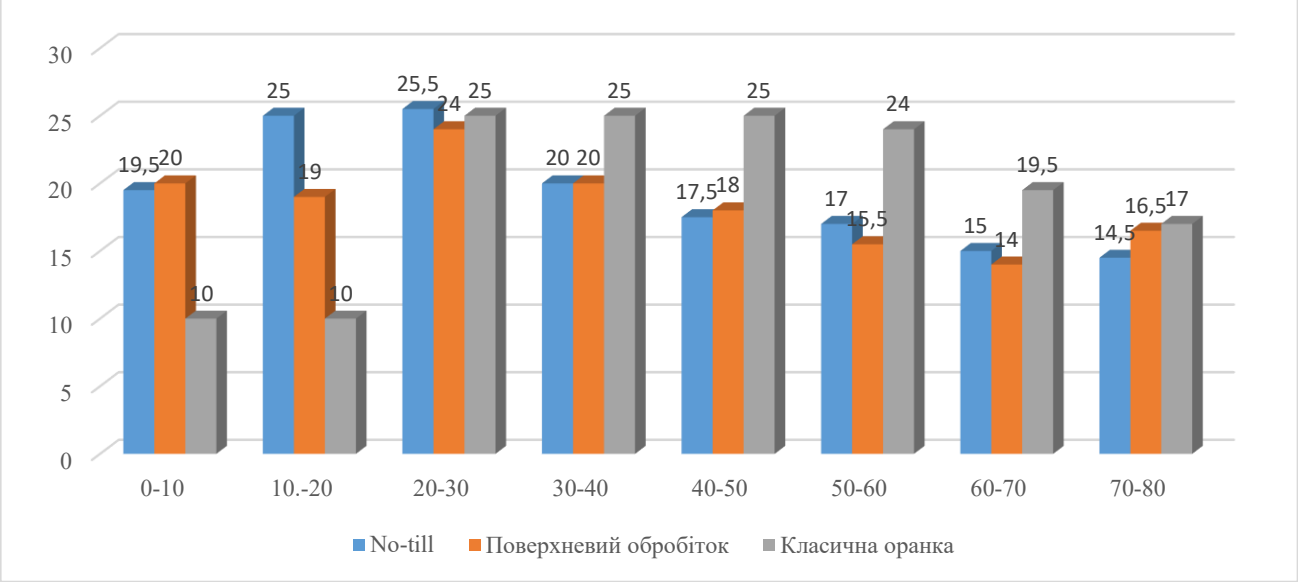



*Рис. 3. Твердість ґрунту чорнозему типового в короткоротаційної сівозміни за різних систем обробітку, кг/см², середнє за 2025 – 2026 рр.*

У верхньому шарі ґрунту (0–10 см та 10–20 см) спостерігаються найгостріші відмінності між досліджуваними варіантами. За класичної полицевої оранки твердість ґрунту залишалася на мінімальному рівні й становила 10,0 кг/см² у обох шарах, що пояснюється інтенсивним механічним розпушуванням та перевертанням скиби. На противагу цьому, за відмови від

механічного обробітку (No-till) та за поверхневого обробітку верхній шар характеризувався підвищеною щільністю: у горизонті 0–10 см твердість становила відповідно 19,5 та 20,0 кг/см², а в горизонті 10–20 см — 25,0 та 19,0 кг/см².

Перехідний шар 20–30 см відзначався вирівнюванням показників твердості за всіма варіантами обробітку з досягненням максимальних у профілі значень — 24,0–25,5 кг/см². Для класичної оранки це свідчить про наявність сліду від підошви плуга (плужної підошви) на глибині заорювання, тоді як для No-till та поверхневого обробітку це є вираженням природно-рівноважного ущільнення підорного горизонту.

У підорному горизонті на глибині 30–60 см виявлено характерну особливість: варіант із класичною оранкою демонстрував суттєво вищу твердість ґрунту (24,0–25,0 кг/см²) порівняно з варіантами No-till та поверхневого обробітку, де ці показники поступово знижувалися з 20,0 до 15,5–17,5 кг/см². Це пояснюється тривалим тиском важкої ґрунтообробної техніки та коліс тракторів під час проведення традиційного обробітку, що призводить до глибокого технологічного ущільнення нижніх шарів.

На глибині 60–80 см під впливом природних ґрунтотворних процесів та послаблення антропогенного навантаження значення твердості чорнозему типового за всіх способів обробітку поступово знижувалися та нівелювалися, фіксуючись у межах 14,0–19,5 кг/см².

Щільність будови є одним із ключових агрофізичних параметрів чорнозему типового, який визначає водно-повітряний та поживний режими, а також ступінь доступності ґрунтового середовища для розвитку кореневої системи сільськогосподарських культур. Аналіз експериментальних даних, наведених у таблиці 3, свідчить про наявність чіткої залежності щільності будови орного шару (0–30 см) від способу основного обробітку ґрунту в короткоротаційній сівозміні за 2025–2026 рр.

У верхньому посівному шарі (0–10 см) спостерігається найвираженіша диференціація показників між досліджуваними варіантами. За класичної

полицевої оранки та поверхневого обробітку завдяки механічному розпушуванню сформувалася найбільш пухка будова ґрунту з показниками щільності 1,13 та 1,15 г/см³ відповідно. Натомість за відсутності механічного впливу (технологія No-till) фіксується закономірне природне ущільнення цього шару до позначки 1,30 г/см³.

У середній частині орного горизонту (10–20 см) тенденція до зростання щільності ґрунту зберігається для всіх варіантів обробітку. Найнижчим значенням зауважується варіант із класичною оранкою, де щільність будови становила 1,21 г/см³. При застосуванні поверхневого обробітку та системі No-till значення щільності ґрунту в даному шарі виявилися дуже близькими та становили відповідно 1,29 та 1,31 г/см³ (табл. 3).

Таблиця 3

**Щільність будови чорнозему типового залежно від систем обробітку ґрунту, в короткоротацій сівозмі, г/см $^3$, 2025-2026 рр.**

| Шар ґрунту, см | No-till | Поверхневий обробіток | Класична оранка |
|---|---|---|---|
| 0-10 | 1,30 | 1,15 | 1,13 |
| 10-20 | 1,31 | 1,29 | 1,21 |
| 20-30 | 1,33 | 1,34 | 1,29 |
| *НІР $_{05}$* | *0,02* | *0,03* | *0,02* |

У підорному шарі (20–30 см) спостерігається вирівнювання агрофізичного стану ґрунту по всіх варіантах із досягненням максимальних у профілі значень щільності будови. Зокрема, за оранки цей показник зростає до 1,29 г/см³, а за No-till та поверхневого обробітку сягає 1,33 та 1,34 г/см³ відповідно, що пояснюється природним осіданням та формуванням стійкої будови нижньої частини орного шару.

Узагальнюючи отримані результати, слід зазначити, що хоча мінімізація обробітку (поверхневий та No-till) призводить до помітного ущільнення ґрунту

у шарі 0–20 см порівняно з глибокою оранкою, усі зафіксовані значення (1,13–1,34 г/см³) перебувають у межах оптимального агрономічного діапазону для чорноземів типових і не створюють критичних перешкод для нормального росту та розвитку культур у сівозміні.

### 4.2. Урожайність культур сівозміни, залежно від досліджуваних факторів

Успішне вирощування сільськогосподарських культур багато в чому визначається ефективністю поєднання систем основного обробітку ґрунту та удобрення. Отримані експериментальні дані щодо врожайності ячменю ярого свідчать про суттєвий вплив як мінімізації обробітку, так і насиченості систем удобрення на продуктивність культури.

За даними таблиці 4, на всіх варіантах удобрення найвищі показники врожайності ячменю ярого формувалися за умов класичної оранки. Зокрема, на першому варіанті врожайність за класичної оранки становила 2,58 т/га, тоді як за поверхневого обробітку та No-till вона була нижчою й дорівнювала 2,30 та 2,26 т/га відповідно. Аналогічна тенденція спостерігається і на інших варіантах удобрення: за класичної оранки показники досягають 2,80 т/га (варіант 2), 3,88 т/га (варіант 3) та 4,98 т/га (варіант 4).

*Таблиця 4*

**Врожайність, ячменю ярого, т/га середнє за 2025 – 2026 рр.**

| Варіант удобрення | No-till | Поверхневий обробіток | Класична оранка |
|---|---|---|---|
| без добрив | 2,26 | 2,30 | 2,58 |
| $N_{22}P_{22}K_{22}$ | 2,54 | 2,70 | 2,80 |
| $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 3,44 | 3,86 | 3,88 |
| $N_{90}P_{60}K_{80}$ | 4,62 | 4,76 | 4,98 |
| *НІР $_{05}$* | *0,02* | *0,03* | *0,02* |

Водночас система удобрення справляла вирішальний стимулюючий вплив на продуктивність посівів незалежно від обраного способу обробітку

ґрунту. Із переходом від менш інтенсивних фонів удобрення до більш насичених (від варіанта 1 до варіанта 4) спостерігається стрімке зростання врожайності ячменю ярого у всіх системах обробітку. Максимальну врожайність зафіксовано на четвертому варіанті ($N_{90}P_{60}K_{80}$) за технології No-till вона склала 4,62 т/га, за поверхневого обробітку — 4,76 т/га, а за класичної оранки — 4,98 т/га.

Продуктивність озимих зернових культур у сучасних агротехнологіях значною мірою визначається ступенем адаптації рослин до умов ґрунтового середовища та рівня забезпеченості елементами живлення. Врожайність пшениці озимої за 2025–2026 рр. залежно від способів обробітку ґрунту та варіантів удобрення в короткоротаційній сівозміні, наведена в таблиці 5. Отримані експериментальні дані свідчать про суттєву диференціацію показників під впливом як антропогенного навантаження (обробітку), так і насиченості агрофону мінеральним живленням.

*Таблиця 5*

**Врожайність, пшениці озимої, т/га середнє за 2025 – 2026 рр.**

| Варіант удобрення | No-till | Поверхневий обробіток | Класична оранка |
|---|---|---|---|
| без добрив | 2,42 | 2,81 | 3,0 |
| $N_{22}P_{22}K_{22}$ | 5,32 | 5,62 | 5,9 |
| $N_{30}P_{90}K_{90}$ | 6,12 | 6,82 | 6,8 |
| $N_{100}P_{60}K_{90}$ | 6,72 | 7,05 | 7,15 |
| *НІР $_{05}$* | *0,03* | *0,02* | *0,03* |

Аналізуючи вплив систем основного обробітку ґрунту, слід зазначити, що на більшості варіантів удобрення найвищі показники врожайності пшениці озимої формувалися за умов класичної оранки або близького до неї поверхневого обробітку. Зокрема, на першому варіанті врожайність за класичної оранки становила 3,0 т/га, тоді як за поверхневого обробітку та No-till вона була дещо нижчою і дорівнювала 2,81 та 2,42 т/га відповідно. Подібна тенденція зберігається і на інших варіантах: на другому варіанті максимальний результат

зафіксовано за класичної оранки (5,9 т/га), на третьому варіанті ($N_{30}P_{90}K_{90}$) — за поверхневого обробітку (6,82 т/га) та класичної оранки (6,8 т/га), а на четвертому — відповідно 7,15 т/га за класичної оранки та 7,05 т/га за поверхневого обробітку. Водночас технологія No-till також демонструє високий потенціал на інтенсивних фонах, забезпечуючи на четвертому варіанті врожайність на рівні 6,72 т/га.

Головним чинником керування продуктивністю в досліді виявилася система удобрення. Незалежно від обраного способу обробітку ґрунту, перехід від екстенсивних фонів до більш насичених (від варіанта 1 до варіанта 4) зумовлює стрімке зростання врожайності пшениці озимої. Якщо на першому варіанті показники коливаються в межах 2,42–3,0 т/га, то на четвертому варіанті вони зростають більш ніж удвічі, досягаючи максимальних значень у межах 6,72–7,15 т/га (табл.6).

*Таблиця 6*

**Врожайність, соняшника, т/га середнє за 2025 – 2026 рр.**

| Варіант удобрення | No-till | Поверхневий обробіток | Класична оранка |
|---|---|---|---|
| без добрив | 1,25 | 1,31 | 1,32 |
| $N_{22}P_{22}K_{22}$ | 1,37 | 1,41 | 1,40 |
| $N_{120}P_{100}K_{120}$ | 1,40 | 1,52 | 1,55 |
| $N_{120}P_{100}K_{180}$ | 1,82 | 1,87 | 1,92 |
| *НІР $_{05}$* | *0,3* | *0,2* | *0,2* |

Аналізуючи вплив систем основного обробітку ґрунту, варто зазначити, що на більшості варіантів удобрення дещо вищі показники врожайності соняшнику формувалися за умов класичної оранки та поверхневого обробітку. Зокрема, на контрольному варіанті (без добрив) врожайність за класичної оранки та поверхневого обробітку становила 1,32 та 1,31 т/га відповідно, тоді як за технології No-till — 1,25 т/га. На фоні внесення $N_{20}P_{20}K_{20}$ показники становили 1,40 т/га (оранка), 1,41 т/га (поверхневий обробіток) та 1,37 т/га (No-

till). У варіантах із високими дозами мінеральних добрив ($N_{120}P_{100}K_{120}$ та $N_{120}P_{100}K_{180}$) перевага класичної оранки та поверхневого обробітку зберігається: на максимальному фоні врожайність досягає 1,92 т/га за оранки, 1,87 т/га за поверхневого обробітку та 1,82 т/га за No-till.

Головним чинником підвищення врожайності соняшнику в досліді виявилося збалансоване мінеральне живлення. Незалежно від обраного способу обробітку ґрунту, поступове збільшення норм внесення мінеральних добрив (від контролю до підвищених фонів ($N_{120}P_{100}K_{180}$) зумовлює закономірне зростання продуктивності культури. Якщо на варіантах без добрив та з низькою нормою показники коливаються в межах 1,25–1,41 т/га, то на найбільш насиченому фоні ($N_{120}P_{100}K_{180}$) вони суттєво зростають і досягають максимальних значень у межах 1,82–1,92 т/га.

Продуктивність сої в сучасних агротехнологіях значною мірою залежить від здатності культури до азотфіксації, забезпечення доступними елементами живлення та агрофізичного стану ґрунту. Отримані експериментальні дані свідчать про помітну диференціацію показників як під впливом систем обробітку, так і завдяки насиченості мінерального живлення.

Аналізуючи вплив систем основного обробітку ґрунту, слід зазначити, що найвищі показники врожайності сої на всіх варіантах удобрення формувалися за умов класичної оранки. Зокрема, на контрольному варіанті (без добрив) врожайність за класичної оранки становила 2,14 т/га, тоді як за поверхневого обробітку та No-till вона була нижчою і дорівнювала 1,70 та 1,44 т/га відповідно. Подібна закономірність зберігається і на інших фонах удобрення: за внесення $N_{22}P_{22}K_{22}$ врожайність за оранки зростає до 2,39 т/га (проти 1,93 т/га за поверхневого обробітку та 1,72 т/га за No-till), а на варіанті $N_{30}P_{30}K_{60}$ досягає 2,76 т/га. На максимальному фоні живлення ($N_{30}P_{60}K_{65}$) класична оранка забезпечує найвищий результат у досліді — 2,83 т/га, тоді як за поверхневого обробітку та No-till показники становлять 2,30 та 1,97 т/га відповідно.

Головним чинником стимулювання продуктивності сої виявилося збалансоване внесення мінеральних добрив. Незалежно від обраного способу обробітку ґрунту, перехід від неудобреного контролю до більш насичених варіантів живлення зумовлює поступове збільшення врожайності культури. Якщо на варіантах без добрив показники коливаються в межах 1,44–2,14 т/га, то на найінтенсивнішому фоні ($N_{30}P_{60}K_{65}$) вони зростають і досягають максимальних значень у межах 1,97–2,83 т/га.

*Таблиця 6*

**Врожайність, сої, т/га середнє за 2025 – 2026 рр.**

| Варіант удобрення | No-till | Поверхневий обробіток | Класична оранка |
|---|---|---|---|
| без добрив | 1,44 | 1,70 | 2,14 |
| $N_{22}P_{22}K_{22}$ | 1,72 | 1,93 | 2,39 |
| $N_{30}P_{30}K_{60}$ | 1,89 | 2,06 | 2,76 |
| $N_{30}P_{60}K_{65}$ | 1,97 | 2,30 | 2,83 |
| *НІР $_{05}$* | *0,21* | *0,23* | *0,22* |

Узагальнюючи результати досліджень продуктивності сільськогосподарських культур (ячменю ярого, пшениці озимої, соняшнику та сої) на чорноземі типовому за 2025–2026 роки, можна констатувати наявність тісного зв'язку між продуктивністю агроценозів, системами основного обробітку ґрунту та насиченістю агрофону мінеральним живленням.

Аналіз впливу способів обробітку показує, що найвищі показники врожайності більшості досліджуваних культур стабільно забезпечувала класична полицева оранка, а також близький до неї за ефективністю поверхневий обробіток. Вони створюють сприятливі агрофізичні умови у верхньому шарі (оптимальну щільність будови та аерацію), що сприяє кращому початковому розвитку рослин. Водночас технологія No-till у межах короткоротаційної сівозміни подекуди поступалася традиційному обробітку за рівнем урожайності через підвищену щільність верхніх горизонтів, проте забезпечувала стабільні результати на інтенсивних фонах живлення.

Водночас ключовим чинником керування продуктивністю в досліді виявилася система удобрення. Незалежно від обраного способу обробітку ґрунту, поступове збільшення норм внесення добрив від контролю до максимальних фонів закономірно зумовлювало стрімке зростання врожайності всіх культур (зокрема, у зернових показники на інтенсивних фонах зростали в середньому у 2–2,5 раза порівняно з неудобреним контролем).

Отже, результати досліджень свідчать, що максимальна реалізація біологічного потенціалу сільськогосподарських культур у короткоротаційній чотирипільній сівозміні на чорноземі типовому досягається за умови раціонального поєднання якісного основного обробітку ґрунту (класична оранка або поверхневий обробіток) із науково обґрунтованими, збалансованими нормами внесення добрив.

### 4.3. Якість продукції культур сівозміни, залежно від досліджуваних факторів

Ефективність функціонування короткоротаційної сівозміни комплексно оцінюється не лише врожайністю окремих культур, а й загальними показниками продуктивності - збором зерна, виходом кормових і зернових одиниць, а також накопиченням білку (збором протеїну). Наведені дані чітко демонструють вплив систем основного обробітку (No-till, дискування на 10–12 см, оранка на 25–27 см) та рівня мінерального живлення (табл. 6).

Аналізуючи фактор основного обробітку ґрунту, слід зазначити, що найвищі показники загальної продуктивності сівозміни забезпечувала класична оранка на глибину 25–27 см. За цієї системи обробітку на всіх фонах живлення сформовано максимальний вихід зернових одиниць, кормових одиниць (від 2,83 т/га на першому варіанті до 5,20 т/га на четвертому) та збору протеїну (від 0,41 до 0,68 т/га). Дискування на 10–12 см за ефективністю виходу кормових одиниць (2,53–4,91 т/га) та збору протеїну (0,37–0,63 т/га) займало проміжне становище, лише незначно поступаючись оранці. Найнижчі абсолютні показники білкової та енергетичної продуктивності зафіксовано за технології No-till, де збір

кормових одиниць становив 2,29–4,65 т/га, а збір протеїну — 0,33–0,59 т/га, що пояснюється підвищеною щільністю верхнього шару ґрунту та специфікою його водно-повітряного режиму (табл. 7).

*Таблиця 7*

**Якість продукції, короткоротаційної сівозміни, т/га, середнє за 2025 – 2026 рр.**

| Обробіток ґрунту | Варіант удобрення | Кормових одиниць | Збір протеїну |
|---|---|---|---|
| No-till | 1 | 2,29 | 0,33 |
| | 2 | 3,38 | 0,45 |
| | 3 | 3,96 | 0,51 |
| | 4 | 4,65 | 0,59 |
| Поверхневий обробіток | 1 | 2,53 | 0,37 |
| | 2 | 3,60 | 0,48 |
| | 3 | 4,39 | 0,56 |
| | 4 | 4,91 | 0,63 |
| Класична оранка | 1 | 2,83 | 0,41 |
| | 2 | 3,88 | 0,52 |
| | 3 | 4,65 | 0,61 |
| | 4 | 5,20 | 0,68 |
| *НІР $_{05}$* | | *0,036* | *0,025* |

Вирішальним чинником нарощування білкового та енергетичного потенціалу сівозміни виявилася система удобрення. Незалежно від обраного способу обробітку ґрунту, послідовна інтенсифікація живлення (від варіанта 1 до варіанта 4) зумовлювала стрімке та закономірне зростання всіх підсумкових показників. Зокрема, на варіанті 4 порівняно з варіантом 1 збір протеїну зростав майже в 1,7–1,8 раза за всіх способів обробітку, досягаючи максимального значення 0,68 т/га за класичної оранки. Аналогічна позитивна динаміка спостерігалася за виходом зернових одиниць (зростання з 2,23–2,76 т/га до 4,09–4,67 т/га) та збором зерна (зростання з 1,87–2,29 т/га до 3,81–4,23 т/га).

Отже, результати досліджень свідчать, що максимальні значення виходу кормових і зернових одиниць та збору протеїну в короткоротаційній сівозміні на чорноземі типовому досягаються за поєднання глибокої класичної оранки з

найбільш насиченою системою удобрення (варіант 4). Водночас застосування мінімального обробітку (дискування) та прямої сівби (No-till) на високоінтенсивних фонах живлення дозволяє формувати високий рівень білкової та енергетичної продуктивності, що підтверджує можливість їх ефективного використання за умови належного забезпечення рослин елементами живлення.

### 4.4. Економічна оцінка вирощування культур в короткоротаційних сівозмінах

Оцінка економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур у короткоротаційній чотирипільній сівозміні є підсумковим критерієм доцільності впровадження досліджуваних агротехнічних заходів. Аналіз розрахункових даних за 2025–2026 рр. свідчить про наявність чіткої залежності між показниками виробничих витрат, грошової виручки, умовно чистого прибутку та рівня рентабельності залежно від способів основного обробітку ґрунту та інтенсивності систем удобрення.

Характеризуючи фактор основного обробітку ґрунту, слід зазначити, що найвищі економічні показники зафіксовано за класичної полицевої оранки. Завдяки формуванню максимального рівня врожайності всіх культур сівозміни, грошова виручка на цьому варіанті досягала 25 110–33 570 грн/га, що суттєво перевищувало показники інших систем обробітку.

Застосування поверхневого обробітку (дискування) відзначалося мінімальними виробничими витратами на контрольному варіанті (10 800 грн/га) за рахунок економії паливно-мастильних матеріалів та технічних ресурсів. При збільшенні інтенсивності удобрення витрати зростали до 16 740 грн/га, однак стабільне підвищення грошової виручки (з 18 720 грн/га до 26 010 грн/га) забезпечило постійне зростання умовно чистого прибутку з 7 920 грн/га до 9 270 грн/га за високих показників рентабельності (55,4–73,3%).

Технологія No-till демонструвала найнижчий рівень грошової виручки (16 920–22 950 грн/га) та умовно чистого прибутку (5 670–6 570 грн/га) серед

досліджуваних варіантів обробітку. Попри помірний рівень виробничих витрат (11 250–16 380 грн/га), нижча продуктивність культур зумовила формування рівня рентабельності в межах 40,1–56,3%.

Вплив систем удобрення проявився в закономірному зростанні виробничих витрат у міру інтенсифікації живлення рослин по всіх варіантах обробітку. Проте зростання грошової виручки від реалізації додатково отриманого врожаю повністю перекривало ці витрати. За класичної оранки максимальний умовно чистий прибуток (15 930 грн/га) досягався на четвертому варіанті удобрення, тоді як найвищий рівень рентабельності (117,4%) було зафіксовано на другому варіанті завдяки оптимальному співвідношенню витрат та вартості отриманої продукції.

*Таблиця 8.*

**Економічна ефектиність, культур короткоротаційної сівозміни, грн/га, середнє за 2025 – 2026 рр.**

| Спосіб обробітку ґрунту | Варіант удобрення | Виробничі витрати, грн/га | Вартість, грн/га | Умовно чистий прибуток, грн/га | Рівень рентабельності, % |
|---|---|---|---|---|---|
| No-till | 1 | 11 250 | 16 920 | 5 670 | 50,4 |
| | 2 | 11 520 | 18 000 | 6 480 | 56,3 |
| | 3 | 13 680 | 19 980 | 6 300 | 46,1 |
| | 4 | 16 380 | 22 950 | 6 570 | 40,1 |
| Поверхневий обробіток | 1 | 10 800 | 18 720 | 7 920 | 73,3 |
| | 2 | 11 880 | 20 340 | 8 460 | 71,2 |
| | 3 | 14 130 | 22 680 | 8 550 | 60,5 |
| | 4 | 16 740 | 26 010 | 9 270 | 55,4 |
| Класична оранка | 1 | 12 510 | 25 110 | 12 600 | 100,7 |
| | 2 | 12 420 | 27 000 | 14 580 | 117,4 |
| | 3 | 15 120 | 28 710 | 13 590 | 89,9 |
| | 4 | 17 640 | 33 570 | 15 930 | 90,3 |

# ВИСНОВКИ

1. Аналіз агрофізичних властивостей чорнозему типового засвідчив суттєву диференціацію параметрів залежно від систем основного обробітку. Традиційна класична оранка забезпечила найбільш пухкий стан посівного та орного шарів (0–20 см) із показниками щільності будови в межах 1,13–1,21 г/см³ та твердості 10,0 кг/см². Мінімальний (поверхневий) обробіток та пряма сівба (No-till) супроводжувалися природним ущільненням верхнього шару ґрунту (0–20 см) до 1,29–1,31 г/см³ та зростанням твердості до 19,0–25,0 кг/см². Проте в підорних горизонтах (30–60 см) No-till та поверхневий обробіток забезпечили більш сприятливий стан із твердістю 15,5–20,0 кг/см² порівняно з оранкою (24,0–25,0 кг/см²), за якої формується переущільнена плужна підошва.

2. Результати обліку урожайності свідчать, що продуктивність усіх дослідних культур у короткоротаційній сівозміні була найвищою за умов класичної полицевої оранки на максимальному фоні удобрення: врожайність ячменю ярого досягала 4,98 т/га, пшениці озимої - 7,15 т/га, соняшнику 1,92 т/га, а сої - 2,83 т/га. Поверхневий обробіток забезпечив показники врожайності, близькі до оранки (ячмінь ярий – 4,76 т/га, пшениця озима – 7,05 т/га, соняшник – 1,87 т/га, соя – 2,30 т/га). Технологія No-till поступалася іншим способам на низьких фонах, але на інтенсивному фоні живлення показала високий потенціал (пшениця озима – 6,72 т/га, соняшник – 1,82 т/га). Головним рушійним чинником зростання продуктивності виявилася система удобрення, яка забезпечила збільшення врожайності культур у 2,0–2,5 раза порівняно з неудобреним контролем.

3. Оптимізація систем живлення та основного обробітку позитивно позначилася на якісних показниках продукції — вмісті білка та клейковини в зерні пшениці озимої, білка в насінні сої та олійності соняшнику. Найвищу інтегральну продуктивність сівозміни отримано за поєднання класичної оранки з максимальним фоном удобрення: вихід кормових одиниць становив 5,20 т/га, зернових одиниць – 4,67 т/га, а збір протеїну – 0,68 т/га. За поверхневого

обробітку ці показники становили відповідно 4,91 т/га, 4,35 т/га та 0,63 т/га, а за No-till – 4,65 т/га, 4,09 т/га та 0,59 т/га.

4. Розрахунки економічної ефективності засвідчили доцільність поєднання інтенсивних і збалансованих систем удобрення з диференційованим обробітком ґрунту. Завдяки суттєвому скороченню паливних і трудовитрат поверхневий обробіток забезпечив високий рівень умовно чистого прибутку та рентабельності, що робить його конкурентоспроможною ресурсоощадною альтернативою традиційній полицевій оранці.

# РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Виробництву рекомендується застосовувати класичну полицеву оранку на глибину 25–27 см як базовий спосіб для максимальної реалізації потенціалу культур і досягнення найвищої врожайності, тоді як для економії ресурсів та збереження вологи доцільно використовувати поверхневий обробіток (дискування на 10–12 см), поєднуючи їх із інтенсивними фонами мінерального та органо-мінерального удобрення.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Домарацький Є.О., Базалій В.В., Бойко М.О., Пічура В.І. Агробіологічне обґрунтування вирощування зернових культур в зоні Степу за умов кліматичних змін: моногр. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 334 с.

2. Кирилюк В.П., Тимощук Т.М., Колесніков М.О. та ін. Оптимізація водного режиму посівів сої залежно від систем обробітку ґрунту та удобрення для сталого агровиробництва. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2025. Вип. 1 (15). С. 82–91. doi: 10.54651/agri.2 025.01.10

3. Zhang Q.F. From sustainable agriculture to sustainable agrifood systems: a comparative review of alternative models. Sustainability. 2024. 16(22):9675. doi: 10.3390/su16229675

4. Rai P., Godfrey S.S., Storer C.E. et al. Unravelling regenerative agriculture's sustainability benefits and out comes: a scoping review. Sustainability. 2025. 17(3):981. doi: 10.3390/su17030981

5. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В. Фактори стабілізації виробництва зерна пшениці озимої в Лісостепу Правобережному. Вісник аграрної науки. 2018. Т. 96. № 2. С. 17–23. doi: 10.31073/agrovisnyk2018 02-03

6. Бойко П.І., Літвінов Д.В., Демиденко О.В. та ін. Продуктивність сільськогосподарських культур у різноротаційних сівозмінах на типових чорноземах. Вісник аграрної науки. 2016. Т. 94. № 12. С. 11 – 14. doi: 10.31073/agrovisnyk201802-03

7. Кирилюк В.П., Тимощук Т.М., Кальчук М.М. Урожайність гірчиці білої залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. Наукові горизонти. 2019. Т. 22. № 2 (75). С. 27 – 33. doi: 10.332491/2663- 2144-2019-75-2-27-33

8. Бегей С.С., Васюрко І.В., Карасевич Н.В. Порівняльна оцінка різних способів основного обробітку ґрунту під ярі зернові в умовах Передкарпаття. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2020. Вип. 68. Ч. 2. С. 24 – 36. doi: 10.32636/01308521.2020-(68)-2-2

9. Лісовий М.В., Шимель В.В., Ніконенко В.М. Ефективність мінеральних добрив під пшеницю озиму на чорноземі типовому Лісостепу Лівобережного. Вісник аграрної науки. 2019. Т. 97. № 5. С. 16–21. doi: 10.31073/agrovisnyk201905-01

10. Мойсієнко В.В., Тимощук Т.М., Панчишин В.З. Формування продуктивності гречки залежно від позакореневого підживлення. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2023. Вип. 2 (8). С. 63–72. doi: 10.54651/agri.2023.02.07

11. Kotelnytska A., Tymoshchuk T., Kravchuk M. et al. Mineral nutrition optimization as a factors affecting blue lupine crop productivity under conditions of global climate warming. Romanian Agricultural Research. 2021. 38. P. 223–230.

12. Танчик С.П., Центило Л.В., Цюк О.А. Вплив удобрення та обробітку ґрунту на врожайність культур сівозміни. Вісник аграрної науки. 2019. Т. 97. № 8. С. 11–16. doi: 10.31073/agrovisnyk201908-02.

13. Moldavan L., Pimenowa O., Wasilewski M., Wasilewska N. Crop rotation management in the context of sustainable development of agriculture in Ukraine. Agriculture. 2024. 14(6):934. doi: 10.3390/agriculture14060934

14. Huang B., Gao J., Zhang W. et al. Impacts of conservation tillage on soil organic carbon and crop yield in black soil region of Northeast China: integrated regulation by climate, management and soil properties. Journal of Agriculture and Food Research. 2025. 24:102388. doi: 10.1016/j.jafr.2025. 102388

15. Поспєлов С.В., Левченко Л.М., Чайка Т.О. та ін. Продуктивність культур в короткоротаційних сівозмінах залежно від обробітку ґрунту й удобрення в умовах Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 4. С. 69 – 79. doi: 10.31210/visnyk2020.04.08

16. Кирилюк В.П., Тимощук Т.М., Котельницька Г.М. та ін. Запаси продуктивної вологи та урожайність культур сівозміни залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. Наукові горизонти. 2020. Т. 23. № 7. С. 141–148. doi: 10.33249/2663- 2144-2020-92-7-141-148

17. Квасніцька Л.С., Молдован В.Г., Тимощук Т.М. Короткоротаційні сівозміни з бобовими культурами в умовах достатнього зволоження Правобережного Лісостепу. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. 2015. Т. 1. № 2 (50). С. 240–248.

18. Рижук С.М., Савчук О.І., Мельничук А.О. та ін. Ефективність короткоротаційних сівозмін з економічно привабливими культурами на осушуваних дерново-підзолистих ґрунтах. Вісник аграрної науки. 2022. Т. 100. № 2. С. 11–18. doi: 10.31073/ agrovisnyk202202-02

19. Войтовик М.В. Продуктивність короткоротаційних сівозмін на чорноземі типовому. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Сільськогосподарські науки. 2023. Вип. 3 (40). С. 15–20. doi: 10.37406/2706-9052-2023-3.2

20. Філоненко С.В., Тищенко М.В. Урожайність пшениці озимої в короткоротаційній просапній сівозміні залежно від удобрення й основного обробітку ґрунту. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 3. С. 61–69. doi: 10.31210/ visnyk2020.03.07

21. Маслійов С.В., Шевченко А.М., Маслійов Є.С. Вплив обробітку ґрунту на ріст, розвиток та урожайність розлусної кукурудзи. Таврійський науковий вісник. 2020. № 116. Т. 2. С. 14–21. doi: 10.32851/2226-0099.2020.116.2.3

22. Кудря С.І. Продуктивність короткоротаційної сівозміни з різними бобовими культурами на чорноземі типовому. Вісник аграрної науки. 2020. Т. 98. № 1. С. 13–18. doi: 10.31073/agrovisnyk202001-02

23. Соколовська І.М., Мащенко Ю.В. Продуктивність короткоротаційних сівозмін з різним насиченням соєю залежно від системи удобрення. Таврійський науковий вісник. 2023. № 134. С. 123–134. doi: 10.32782/2226-0099.2023.134.18

24. Квасніцька Л.С., Тимощук Т.М. Продуктивність гречки у короткоротаційних сівозмінах Правобережного Лісостепу. Наукові горизонти. 2018. Т. 21. № 7–8. С. 83–90. doi: 10.33249/2663-2144-2018-70-7-8-83-90

25. Малієнко А.М., Гаврилов С.О, Тараріко Н.М. та ін. Методичні рекомендації і програма досліджень по обробітку ґрунту. Київ: Аграрна наука, 2017. 84 с.

26. В.П. Кирилюк, Т.М. Тимощук, М.М. Пташнік. Оцінювання ефективності систем обробітку ґрунту та удобрення у забезпеченні продуктивності короткоротаційної сівозміни. Вісник аграрної науки 2026, № 4 (877). С. 16 – 26.

27. Каленська С.М., Таран В.Г., Данилів П.О. Особливості формування урожайності гібридів кукурудзи залежно від удобрення, густоти стояння рослин та погодних умов. Таврійський науковий вісник.2018. No 101. С. 42–49.

28. Медведев В.В., Липець Є.А., Линдина Т.Є. Вплив щільності ґрунту на засвоєння сільськогосподарськими культурами поживних елементів. Вісник аграрної науки. 2018.No 5. С. 11–15.

29. Пліско І.В., Уваренко К.Ю. Вплив агрофізичних параметрів чорнозему на ефективність азотних добрив при вирощуванні ячменю ярого. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2016. Вип. 20. С. 220–230.

30. Уваренко К.Ю. Вологість і щільність ґрунту як фактори ефективності мінеральних добрив. Матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. «Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства», 19–20 берез. 2015 р Тернопіль: Крок, 2015. С. 142–143.

31. Філоненко С.В. Формування зернової продуктивності кукурудзи за різних способів основного обробітку ґрунту. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2013.No 3. С. 56–60. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2013.03.09.

32. Цилюрик О.І., Десятник Л.М., Березовський С.В. Забур'яненість агроценозів кукурудзи під впливом обробітку ґрунту та удобрення в Північному Степу України. Зернові культури. 2020. Т. 4, No 1. С. 152–159. DOI: https://doi.org/10.31867/2523-4544/0119

33. Асанішвілі Н. М., Буслаєва Н. Г., Шляхтурова С.П. Вплив агрохімічного навантаження на забезпеченість рослин елементами живлення та врожайність кукурудзи в Лісостепу. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка.2020. Вип. 32. С. 9–19.

34. Барвінський А.В. Фізичні властивості ґрунтів як важлива складова оцінки якості земель. Агрохімія і ґрунтознавство.2017. Вип. 67. С. 35–42.

35. Борис Н. Є., Красюк Л. М. Поживний режим сірого лісового ґрунту залежно від систем основного обробітку і удобрення в короткоротаційній зерновій сівозміні. Агробіологія. 2020. Вип. 2. С. 16–26. URL:https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/boris_2_2020.pdf

36. Саверин І. В., Качмар О. Й. Продуктивність кукурудзиза різних систем удобрення в короткоротаційних сівозмінах. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2023. Вип. 73(2). С. 91 – 109

37. Сайко В. Ф. Використання на удобрення побічної продукції рослинництва в Україні. Землеробство, 2009. № 81, С. 3–10

38. Центило Л. Зміна водного режиму чорнозему типового залежно від систем обробітку ґрунту. Вісник аграрної науки, 2019. № 97(11). С. 22–27.

39. Центило Л. В., Цюк О. А. Динаміка змін твердості ґрунту залежно від його основного обробітку. Scientific Progress & Innovations, 2019. № 1. С. 147–153.

40. Губенко Л. В., Задубинна Є. В., Тарасенко Т. В. Формування продуктивності соняшнику залежно від систем основного обробітку грунту і удобрення. Землеробство, 2018. № 1. С. 27–31.

41. Галиш Ф. С. Вплив систем основного обробітку ґрунту й удобрення на продуктивність гороху. Землеробство, 2007. № 79. С. 56–64.

42. Чинчик О. С. Вплив системи удобрення та способів основного обробітку ґрунту на формування структури рослин сортів гороху. Корми і кормовиробництво, 2013. № 77, С. 123–127.

43. Кирилюк В. П. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на продуктивність ячменю ярого. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області, 2017. № 23. С. 9–15.

44. Тоцький В. М. Вплив системи удобрення та основного обробітку грунту на формування продуктивності соняшнику. Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН, 2014. № 20. С. 204–209.

45. Ображій С. В., Урожайність культур за різних систем основного обробітку грунту та рівнів удобрення в зернопросапній сівозміні Центрального Лісостепу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2015. № 3. С. 131–142.

46. Павліченко А. А. Урожайність пшениці озимої залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України, 2018. С. 4.

47. Шевченко М. С., Деревенець–Шевченко К. А., Мицик О. О., Шевченко С. М., Козечко В. І., Пришедько Н. О. Обробіток чорного пару як фактор стабілізації врожайності зерна пшениці озимої в умовах Північного Степу України. Аграрні інновації, 2025. № 29. С. 207–212.

48. Заришняк А. С., Лісовий М. В., Ніконенко В. М., Сліденко О. І. Вплив тривалого внесення добрив на агрохімічні показники чорнозему типового та якість зерна пшениці озимої. AgroChemistry and Soil Science, 2023. № 94. С. 22–29.

49. Ніконенко В. М. Вплив тривалого внесення мінеральних добрив на вміст обмінних катіонів у ґрунті. AgroChemistry and Soil Science, 2019. № 88. С. 124–126

50. Руткевич В., Остапенко В. Розроблення висівної системи посівного комплексу для внутрішньо–ґрунтового диференційованого мінерального удобрення з одночасною сівбою зернових культур. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences, 2024. № 331(1). С. 264–270.