

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

*Агробіотехнологічний факультет*

Спеціальність 201 «Агрономія»

Допускається до захисту  
завідувач кафедри землеробства,  
агрохімії та ґрунтознавства  
доцент \_\_\_\_\_ Єзерковська Л.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**  
**ВПЛИВ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ТА**  
**УДОБРЕННЯ КОРОТКОРОТАЦІЙНОЇ СІВОЗМІНИ В УМОВАХ**  
**ДОСЛІДНОГО ПОЛЯ НВЦ БНАУ**

**Рівень вищої освіти:** другий (освітній рівень)

**Кваліфікація:** «Магістр з агрономії»

Виконав: Бахмач Владислав Ігорович \_\_\_\_\_  
*прізвище, ім'я, по батькові* *підпис*

Керівник: Єзерковський А.В. \_\_\_\_\_  
*вчене звання, прізвище, ініціали* *підпис*

Я, Бахмач Владислав Ігорович, засвічую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності

Біла Церква – 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**БЛЮЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Агробіотехнологічний факультет  
Спеціальність 201 «Агрономія»

**Затверджую**  
Гарант ОП «Агрономія»  
професор \_\_\_\_\_ Грабовський М.Б.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу здобувачу**  
**Бахмачу Владиславу Ігоровичу**

Тема: «Вплив способів основного обробітку та удобрення короткоротаційної сівозміни в умовах дослідного поля НВЦ БНАУ»

Затверджено наказом ректора №607/С від 24.12. 2024 р.

Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи до 12.12.2025 р.

Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані: огляд наукової літератури по вивчення ефективності способів обробітку та удобрення короткоротаційної сівозміни; ґрунтово-кліматичні умови; методика проведення досліджень; аналіз результатів досліджень з вивчення способів основного обробітку та удобрення, показники родючості ґрунту, розвиток і продуктивність культур сівозміни; економічна оцінка результатів досліду.

Календарний план виконання роботи

| <b>Етап виконання</b>         | <b>Дата виконання етапу</b> | <b>Відмітка про виконання</b> |
|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Огляд літератури              | до 06.10.2025               | виконано                      |
| Методична частина             | до 17.10.2025               | виконано                      |
| Дослідницька частина          | до 25.11.2025               | виконано                      |
| Оформлення роботи             | до 12.12.2025               | виконано                      |
| Перевірка на плагіат          | до 05.12.2025               | виконано                      |
| Подання на рецензування       | до 05.12.2025               | виконано                      |
| Попередній розгляд на кафедрі | 05.12.2025                  | виконано                      |

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ Єзерковський А.В.  
*підпис* *вчене звання, прізвище, ініціали*

Здобувач

\_\_\_\_\_ Бахмач В.І.  
*підпис* *прізвище, ініціали*

Дата отримання завдання «13» вересня 2024 р.

## РЕФЕРАТ

**Бахмач В.І.** Вплив способів основного обробітку та удобрення короткоротаційної сівозміни в умовах дослідного поля НВЦ БНАУ.

Актуальність розробки та впровадження оптимізованих систем обробітку та удобрення чорнозему типового в короткоротаційних сівозмінах Правобережного Лісостепу обумовлена низкою важливих екологічних та економічних факторів.

Чорнозем типовий є національним багатством, і його збереження — пріоритет. Короткоротаційні сівозміни (з частим поверненням культур, особливо просапних) та інтенсивне сільськогосподарське використання часто призводять до дегуміфікації, що обумовлено зниженням вмісту гумусу, що є основою родючості, через посилену мінералізацію органічної речовини. Погіршення структури, а саме ущільнення ґрунту, зниження водопроникності та аерації, що негативно впливає на розвиток кореневих систем. Ерозії за зростання ризику водної та вітрової ерозії, особливо на схилах та при відмові від ґрунтозахисних технологій.

Розробка систем обробітку (наприклад, мінімальний або нульовий обробіток) і точного удобрення є критично важливою для відтворення та збереження балансу органічної речовини та фізичних властивостей чорнозему. Разом з тим в умовах зростання цін на енергоносії та добрива, актуальність набуває ресурсозберігаюча складова. Сучасні системи обробітку, як-от мінімальний, дозволяють значно скоротити витрати пального та часу на польові роботи порівняно з традиційною оранкою. Системи удобрення, які враховують агрохімічний аналіз ґрунту та потреби конкретної культури (прецизійне землеробство), дозволяють знизити норми внесення добрив без втрати врожайності, запобігаючи при цьому їх нераціональному використанню та забрудненню довкілля.

Правобережний Лісостеп України все частіше стикається з проявами глобальної зміни клімату, а саме частіші та триваліші періоди літньої спеки

та нестачі опадів. Зливи, що призводять до вимивання елементів живлення та ґрунтової кірки.

Актуальні системи обробітку, зокрема ті, що залишають поживні рештки на поверхні, сприяють накопиченню та збереженню ґрунтової вологи, що є ключовим фактором стійкого землеробства в умовах водного стресу. Головна мета сільського господарства — отримання стабільних та високих врожаїв. Розроблені системи, які є науково обґрунтованими та зонованими (тобто адаптованими до унікальних ґрунтово-кліматичних умов Правобережного Лісостепу), забезпечують. Стабільну продуктивність, за підтримання оптимального режиму живлення та вологи для культур у короткоротаційній сівозміні. Якість продукції, саме Оптимальне співвідношення добрив (особливо азоту, фосфору та калію), а також мікроелементів, прямо впливає на якість зерна, олійність тощо.

Таким чином, розробка та впровадження таких систем — це комплексне вирішення проблем деградації ґрунтів, підвищення економічної стійкості агровиробництва та його адаптації до сучасних викликів.

Кваліфікаційна робота магістра містить 52 сторінки, 8 таблиць, 5 рисунків, список використаних джерел із 50 найменувань.

**Ключові слова:** врожайність основних с.-г. культур, мінімальний обробіток ґрунту, ресурсозберігаючі технології.

### **Annotation**

**Bakmach V.I.** The influence of methods of main cultivation and fertilization of short-rotation crop rotation in the conditions of the experimental field of the Scientific and Technological Center of the BNAU.

The relevance of the development and implementation of optimized systems of cultivation and fertilization of typical chernozem in short-rotation crop rotations of the Right-Bank Forest-Steppe is due to a number of important environmental and economic factors.

Typical chernozem is a national treasure, and its preservation is a priority. Short-rotation crop rotations (with frequent return of crops, especially row crops) and intensive agricultural use often lead to dehumification, which is due to a decrease in the content of humus, which is the basis of fertility, due to increased mineralization of organic matter. Deterioration of the structure, namely soil compaction, reduced water permeability and aeration, which negatively affects the development of root systems. Erosion due to the increased risk of water and wind erosion, especially on slopes and in the absence of soil protection technologies.

The development of tillage systems (for example, minimal or zero tillage) and precise fertilization is critically important for the restoration and preservation of the balance of organic matter and physical properties of black soil. At the same time, in the context of rising prices for energy and fertilizers, the resource-saving component is becoming more relevant. Modern tillage systems, such as minimal, significantly reduce fuel and time costs for field work compared to traditional plowing. Fertilization systems that take into account agrochemical analysis of the soil and the needs of a specific crop (precision farming) allow for reduced fertilizer application rates without loss of yield, while preventing their irrational use and environmental pollution.

The Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine is increasingly facing the manifestations of global climate change, namely more frequent and longer periods of summer heat and lack of precipitation. Rainfall leading to leaching of nutrients

and soil crust.

Current cultivation systems, in particular those that leave crop residues on the surface, contribute to the accumulation and preservation of soil moisture, which is a key factor in sustainable agriculture in conditions of water stress. The main goal of agriculture is to obtain stable and high yields. Developed systems that are scientifically substantiated and zoned (i.e. adapted to the unique soil and climatic conditions of the Right-Bank Forest-Steppe), provide. Stable productivity, while maintaining the optimal nutrition and moisture regime for crops in short-rotation crop rotation. Product quality, namely the optimal ratio of fertilizers (especially nitrogen, phosphorus and potassium), as well as microelements, directly affects the quality of grain, oiliness, etc.

Thus, the development and implementation of such systems is a comprehensive solution to the problems of soil degradation, increasing the economic sustainability of agricultural production and its adaptation to modern challenges.

The master's qualification work contains 52 pages, 8 tables, 5 figures, a list of sources used with 50 names.

**Keywords:** yield of main agricultural crops, minimum tillage, resource-saving technologies.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Вступ.....   | 8  |
| Розділ 1. Аналітичний огляд літератури. Взаємозв'язок між насиченням сівозміни та станом ґрунтового покриву залежно від агротехнологічних прийомів (обробітком і живленням)..... | 9  |
| Розділ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ.....   | 21 |
| Оптимізація основного обробітку та внесення добрив для підвищення ефективності.....  | 21 |
| Розділ 3. ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....  | 23 |
| 3.1 Умови і методика проведення досліджень.....  | 23 |
| 3.2.Погодні умови.....   | 32 |
| 3.3. Ґрунтові умови проведення досліджень.....   | 35 |
| Розділ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....   | 36 |
| 4.1. Оцінка впливу різних систем обробітку та удобрення на агрофізичні показники ґрунту короткоротаційної сівозміни.....   | 36 |
| 4.2. Вплив агротехнологій на врожайність короткоротаційної сівозміни...  | 40 |
| 4.3. Економічна оцінка вирощування культур в чотирипільних короткоротаційних сівозмінах.....   | 44 |
| Висновки.....  | 46 |
| Рекомендації виробництву.....  | 47 |
| Список літературних джерел.....  | 48 |

## ВСТУП

Виклики сучасного агровиробництва виходять за межі простого збільшення врожаїв та поліпшення якості продукції для забезпечення конкуренції. На сьогодні критично важливо забезпечити раціональне господарювання на землі, яке передбачає не лише високу ефективність використання ґрунтів, а й їхнє стале збереження. Сучасні агротехнології мають бути енергоощадними та максимально знижувати негативний вплив на ґрунтовий покрив, підтримуючи його життєздатність.

Зростає популярність ґрунтозахисних технологій — зокрема, систем з мінімальним та нульовим механічним впливом, які передбачають суттєве зменшення глибини та частоти обробітку.

Основна перевага цих підходів полягає не лише у скороченні енергетичних витрат, але й у їхньому позитивному впливі на ґрунт: вони є запорукою збереження потенційної та підвищення ефективної родючості. Це досягається завдяки захисту від ерозії, поліпшенню гумусового балансу та структури ґрунтового профілю, а також зниженню непродуктивних втрат вологи та поживних речовин.

Водночас, безперервне використання однієї й тієї ж мінімальної системи обробітку створює певні негативні ризики для родючого шару. Зокрема, відбувається диференціація орного шару: мінеральні добрива концентруються у верхній частині, де вони можуть іммобілізуватися (ставати недоступними для рослин), що з часом потенційно може призвести до підкислення ґрунтового розчину

Робота має на меті обґрунтувати ефективність інтегрованих систем ґрунтообробітку та внесення добрив, спеціально адаптованих для чорнозему типового, що використовується у короткоротаційних сівозмінах регіону Правобережного Лісостепу.

**РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд літератури.**  
**Взаємозв'язок між насиченням сівозміни та станом ґрунтового покриття залежно від агротехнологічних прийомів (обробітком і живленням).**

Чорноземи типові мають значний запас гумусу, але їхня реакція на відмову від оранки має свої особливості. При переході до нульового обробітку (No-till) спостерігається інтенсивне ущільнення ґрунту, особливо в шарі 20–30 см, що може ускладнювати проникнення коренів та зменшувати запас доступної вологи. Водночас, збільшується агрегатна стійкість верхнього 0–10 см шару завдяки постійному мульчуванню та активності мікроорганізмів і дощових черв'яків [1]. No-till ефективніше, ніж традиційна оранка, сприяє накопиченню органічної речовини та гумусу, але цей ефект сильно локалізований — він проявляється переважно у найтоншому приповерхневому шарі (0–5 см) [2]. При цьому, у глибоких шарах (нижче 30 см) гумус може втрачатися через посилену мінералізацію, оскільки порушується процес змішування [3]. Чорнозем типовий ефективно зберігає вологу під шаром мульчі (особливо в умовах Лісостепу), що є ключовою перевагою Mini-till та No-till у боротьбі з посушливими явищами.

Система живлення має вирішальне значення для підтримки високої потенційної родючості чорнозему. За мінімального та нульового 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 [4, 36].

Систематичне використання сидератів (органічні добрива, що заорюються або залишаються на поверхні) або гною критично важливе для підтримання високого гумусового балансу чорнозему типового, особливо в умовах інтенсивних короткоротаційних сівозмін, де частка просапних

культур висока [5].

Таким чином, для чорнозему типового в Лівобережному Лісостепу оптимальним є не догматичне застосування *No-till*, а гнучка система, яка поєднує мінімальний обробіток (для збереження вологи та палива) з періодичним глибоким розпушуванням (для боротьби з ущільненням) та точним внесенням органо-мінеральних добрив (для запобігання диференціації профілю та підтримання гумусу).

За даними К.С. Карабач, досліджено вплив застосування різних систем основного обробітку ґрунту (полицева, мілка безполицева, глибока безполицева) та рівнів удобрення на урожайність та якісні показники зерна пшениці озимої. Дослідженнями встановлено, що в умовах Правобережного Лісостепу України систематичний безполицевий обробіток ґрунту підвищує урожайність та якість зерна пшениці озимої на всіх рівнях удобрення, порівняно із традиційним полицевим. Внесення органічних і мінеральних добрив на чорноземі типовому позитивно впливає на урожайність пшениці озимої, підвищуючи її порівняно з контролем на 0,28-0,84 т/га за оранки, на 0,36-1,26 т/га за глибокого безполицевого обробітку і на 0,4-1,55 т/га – за мілкого. Виявлено, що найвищу урожайність культури (4,72 т/га) отримано за мілкого плоскорізного обробітку ґрунту на фоні органомінерального удобрення із застосуванням гною, а за глибокого безполицевого обробітку цей показник був лише на 3 % нижчим. Загалом уміст білка та клейковини на удобрюваних варіантах відповідали нормам якості сильної, а на контролі – цінної пшениці. Найвищі якісні показники зерна пшениці озимої відмічені на варіанті з традиційним органо-мінеральним удобренням (Гній + NPK) за мілкого безполицевого обробітку: вміст білка склав 15,5 %, а вміст клейковини – 31,9 %, що відповідає I групі якості [10, 16].

За даними Пелих Л.В., дослідження дозволило встановити ключові фактори, що впливають на формування врожайності озимої пшениці, а також детально вивчити елементи технології, від яких залежить як кінцева продуктивність, так і економічна ефективність виробництва. Комбінація

системи удобрення фітоценозу та способу основного обробітку ґрунту позитивно вплинула на показники якості зерна озимої пшениці, значно покращуючи їх порівняно з природним агрохімічним фоном. Вміст клейковини зріс на 3,4–9,3%. Скловидність підвищилася на 10,0–23,2%. Вміст білка збільшився на 1,91–3,98%. Зерно, отримане на варіантах із застосуванням мінеральних добрив, відповідало вимогам III класу якості. Найкращі якісні показники були досягнуті на ділянках, де застосовувався плоскорізний обробіток ґрунту. Аналіз економічних показників підтвердив, що плоскорізний обробіток ґрунту в поєднанні з мінеральним удобренням є найбільш вигідним. Ця комбінація забезпечує зростання рівня рентабельності приблизно на 7,9% порівняно з класичною (полицевою) системою обробітку. Відповідно, інтенсивне землеробство вимагає переходу до технологій, заснованих на систематичному мінімальному обробітку ґрунту. Це дозволить у найкоротші терміни та з мінімальними витратами суттєво підвищити родючість та продуктивність чорноземів, головним чином, за рахунок правильного підбору та оптимізації технології вирощування озимої пшениці [11, 24].

Глобальне населення постійно зростає і, за оцінками, досягне 9,2 мільярда до 2050 року, що посилює зміну клімату та втрату природних ресурсів і біорізноманіття, особливо в країнах, що розвиваються. До сьогодні сільське господарство було закликане максимізувати врожайність шляхом значного збільшення використання допоміжних ресурсів (обробка ґрунту, мінеральні добрива та пестициди) для забезпечення зростання населення. Серед допоміжних ресурсів мінеральні добрива, і особливо азотні, зробили важливий внесок у збільшення врожайності з часів Другої світової війни. Однак інтенсифікація сільськогосподарських процесів призвела до виснаження ґрунтів (викликаного ерозією, виснаженням органічної речовини та поживних речовин, оскільки культурні рослини мають вищі потреби в поживних речовинах) та до екологічних проблем, таких як забруднення води та викиди мікрогазів [12, 36]. Втрата органічної речовини ґрунту (ОРГ) в

агроекосистемах, зокрема, яка є ключовим фактором, що впливає на фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, призвела до значного зниження якості ґрунту. Масштаби цього сценарію досягли критичної точки в Європі, Північній Америці та інших країнах з помірним кліматом, де системи вирощування сільськогосподарських культур були спрощені просторово та часово з точки зору біорізноманіття для полегшення управлінських операцій. За даними Расмуссена та ін. [13], для того, щоб сільськогосподарська діяльність була стійкою для майбутніх поколінь, необхідно підтримувати та покращувати якість ґрунту. З цих причин в останні роки спостерігається зростаючий інтерес до екологічно безпечних сільськогосподарських практик, про що свідчать Цілі сталого розвитку Організації Об'єднаних Націй (ООН) та стратегії Зеленої угоди Європейської Комісії (ЄК) (ЄК 2019; Організація Об'єднаних Націй (ООН) 2015).

Включення покривних культур (ПК) до сільськогосподарських систем добре відомо для забезпечення багатьох екосистемних послуг, включаючи контроль ерозії ґрунту, секвестрацію вуглецю, регулювання інфільтрації води, зменшення вимивання поживних речовин та покращення їх доступності, деградацію агрохімікатів, збільшення біорізноманіття, залучення запилювачів, обмеження шкідників, бур'янів тощо [14]. Покривні культури в широкому сенсі визначаються як незібрані культури, що вирощуються на додаток до основної товарної культури з метою покращення родючості ґрунту та збільшення врожайності. За даними Американського товариства ґрунтознавства (SSSA), ПК – це «близькорослі культури, що забезпечують захист ґрунту та його покращення між періодами нормального виробництва сільськогосподарських культур або між деревами та лозами у винограднику». Агрономічний метод реалізації ПК відомий як покривні культури [22].

Включення покривних культур до різних сільськогосподарських систем виявилось консолідованою агрономічною практикою для покращення фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунту, що збільшує

доступність поживних речовин та зменшує споживання мінеральних добрив. У свою чергу, ці переваги зазвичай відображаються на врожаї з покращеним поживним статусом. Знання взаємних зв'язків між покривними культурами, поживним статусом ґрунту та рослин дозволить покращити родючість ґрунту та продуктивність сільськогосподарських культур як якісно, так і кількісно, одночасно обмежуючи використання допоміжних засобів. Однак ефективне покриття покривними культурами тісно пов'язане з відповідними та контекстуально-специфічними варіантами управління (вибір виду, період посіву, стадія завершення посіву та метод завершення посіву). На жаль, деякі з цих аспектів досі невідомі, як і деякі екофізіологічні впливи покривних культур на живлення ґрунту та рослин. Тому життєво важливо, щоб як наукова спільнота, так і державна політика активізували свої зусилля в найближчому майбутньому для заповнення цієї прогалини. Зокрема, проведення масштабних та довгострокових досліджень, проведених за міждисциплінарним підходом, буде вкрай необхідним для майбутніх досліджень [13 – 17].

Соя, кукурудза та пшениця стали основними зерновими польовими культурами в Україні та за кордоном [18 – 20], ці культури становили 63%, 19% та 12% відповідно від загальної посівної площі у 2012 році. За останні 54 роки загальне виробництво зерна з цих трьох культур зросло з 14,5 млн. тонн (16 млн. тонн) у 1991 році до понад 142 млн. тонн (156 млн. тонн) у 2013 році, або приблизно в 10 разів. Середня врожайність зерна сої, кукурудзи та пшениці зросла з 1493–2309, з 1489–5485 та з 1114–2386 кг·га відповідно протягом цього періоду. За даними [22], розширення сільського господарства в Україні було підтримано впровадженням нових технологій (тобто генетичних ресурсів, хімічних речовин та сільськогосподарської техніки), зростанням цін на зерно, відносним зниженням витрат на виробництво, регіональними сільськогосподарськими дослідженнями, активною участю фермерів та відносно хорошими й стабільними кліматичними умовами [24, 25].

Темпи зміни посівних площ, врожайності зерна та загального виробництва були різними для різних культур та країн регіону. Загалом, виробництво сої розширилося за рахунок інших культур та через зміни у землекористуванні [ 26 ], збільшуючи виробництво на 5,9% щорічно з 1991 по 2013 рік. Більшу частину зростання можна пояснити збільшенням виробничих площ (5%), а додаткові 0,8% - збільшенням врожайності зерна. Найбільше недавнє збільшення посівних площ та загального виробництва сої в досліджуваному регіоні відбулося в Україні, Болівії, Парагваї та Уругваї. Збільшення в південній Бразилії було більш помірним, головним чином тому, що значна площа в цій країні вже була відведена під сою в 1961 році. Виробництво пшениці також зросло в усіх країнах, окрім України, головним чином завдяки збільшенню врожайності зерна. Щодо кукурудзи, спостерігалось значне зростання регіонального виробництва, головним чином завдяки збільшенню площі. Протягом 1990-х та на початку 2000-х років NT стимулював збільшення сівозмін сої/кукурудзи, що збільшило різноманітність, зменшило тиск комах, відновило органічний орган (SOM) та збільшило надходження поживних залишків і кругообіг поживних речовин.

Найзначнішими змінами в системі вирощування культур у регіоні з середини 1990-х років стали випуск та швидке впровадження сортів сої, стійких до гліфосату (GT), та безпрецедентне розширення використання NT. З 1994 року виробництво сої зростало на 6,3% щорічно, головним чином завдяки розширенню площ за рахунок кукурудзи, та сорго. До 2012 року соя, кукурудза та пшениця становили 67%, 20% та 13% від загальної площі сільськогосподарських угідь країни. Що стосується врожайності, то кукурудза показала найвищі темпи зростання в усьому регіоні. Врожайність пшениці найшвидше зростала на півдні, тоді як врожайність сої найшвидше зростала в центральних регіонах, але загалом врожайність обох культур зростала повільніше, ніж кукурудзи в усьому регіоні. Зовсім недавно, незважаючи на збільшення потенційної врожайності кукурудзи, сівозмін сої/кукурудзи була замінена системою вирощування з домінуванням сої.

Рушійною силою цієї зміни не було ні агрономічне, ні технічне обґрунтування, а просто економічне. Кукурудза, як правило, є дорожчою культурою для вирощування, ніж соя. Вона також більш вразлива до короткочасної посухи під час критичних фенологічних фаз росту, і в регіоні ціна на цей товар була нижчою, ніж на сою.

Сучасний стан розвитку землеробства відзначається застосуванням недостатніх доз органічних і мінеральних добрив або повною їх відсутністю, змінами структури посівних площ, скороченням набору культур у сівозмінах. Це призводить до того, що на значних площах орних земель немає можливості зберегти урівноважений баланс гумусу внаслідок недостатнього надходження сирової органічної маси та посилення її мінералізації. За таких умов урожай формується переважно за рахунок раніше досягнутого рівня родючості ґрунту. Тому дуже важливим є пошук шляхів регулювання гумусного режиму ґрунтів і забезпечення максимальної віддачі від застосованої антропогенної енергії в землеробстві [28, 32].

Ерозія ґрунтів є одним з найруйнівніших явищ природи, яке має місце у багатьох районах країни, зокрема й на Сумщині. Під впливом водної ерозії вимиваються гумус та поживні речовини ґрунту. Внаслідок ерозії площа родючих земель щороку зменшується, частина їх втрачає родючість, знижуються запаси вологи в ґрунті. Земельний фонд Сумської області становить 2383,2 тис. га. Площа сільськогосподарських угідь – 1703,5 тис. га, що становить 71,5% від загальної площі області і свідчить про високий рівень сільськогосподарського освоєння та надмірної розораності земель. Землі лісогосподарського призначення в області займають 455,9 тис. га, що становить 19,1% від загальної площі області, а за обґрунтованими нормативами мають займати 21% [28].

Контурно-меліоративна організація території та плоскорізний ґрунтозахисний обробіток ґрунту є гарантом зменшення ерозійних процесів не тільки при зливових опадах, але й при талому стоці. Застосування ґрунтозахисних технологій вирощування польових культур з використанням

безполицевого обробітку ґрунту забезпечує порівняно з оранкою підвищення ерозійної стійкості оброблюваного шару ґрунту в 2 рази. Заходи комплексної дії в боротьбі з ерозією ґрунту за їх систематичного застосування підвищують рівень урожайності ланки сівозміни до 1,7 т/га кормових одиниць [22, 38].

В умовах кризових явищ сучасного сільськогосподарського виробництва, коли різко зменшилось поголів'я худоби і адекватно знизилось виробництво та внесення гною, виникає необхідність пошуків шляхів поповнення органічної частини ґрунту за рахунок застосування альтернативних органічних добрив, як передумови створення сприятливих для культурних рослин агрохімічних, водно-фізичних та біологічних властивостей. Тому важливого значення в землеробстві набувають саме такі види органічних добрив, як нетоварна частина врожаю (солома, гичка, післяжнивні рештки), зелена маса посівів сидеральних культур тощо [1, 6, 7]. Основним джерелом органічних речовин ґрунту є рослини. Збільшення їх умісту - це надійний і досить ефективний засіб підвищення його родючості [3]. Зелене добриво - важливе джерело гумусу й азоту у ґрунті. При заорюванні 35"40 т/га зеленої маси сидератів у ґрунт потрапляє 150"200 кг азоту, що рівноцінно 30"40 т гною [5].

Застосування екологічної й біологічної систем землеробства, що передбачали використання органічних добрив з внесенням на гектар сівозмінної площі 24 т органіки (12 т/га гною і 12 т/га побічної продукції і маси пожнивних сидератів) сприяли покращанню гумусного стану, поліпшенню активності целюлозоруйнівних бактерій. Екологічна система землеробства не призводить до суттєвого зниження урожайності буряку цукрового порівняно з моделлю промислового землеробства. Полицево-безполицевий обробіток ґрунту забезпечив істотне підвищення урожайності порівняно з контролем.

Відомо, що інтенсивна хімізація ґрунтів, яка є основним фактором підвищення врожайності сільськогосподарських культур, значно впливає на хід і трансформацію фізико-хімічних, агрохімічних і мікробіологічних ґрунтових

процесів. У першу чергу, вони залежать від гранулометричного складу і мають найбільші коливання на легких відмінах ґрунтів, які характеризуються кислою реакцією середовища, низьким вмістом мулистої фракції й органічної речовини. Внаслідок цього такі ґрунти мають низьку ємність катіонного обміну, що негативно впливає на закріплення кальцію та магнію в ГВК, підвищуються їх непродуктивні втрати. Основною причиною втрат, які загалом можуть досягати 450–500 кг/га щорічно у перерахунку на карбонат, є вилуговування сполук  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$  атмосферними опадами та незворотний винос цих елементів урожаєм сільськогосподарських культур [1–5].

Інтенсивність низхідної міграції обмінних основ у ґрунті та за його межі залежить від багатьох факторів – гранулометричного складу, вмісту обмінного кальцію та магнію, видового складу культур у сівозміні, кількості опадів і внесених мінеральних добрив. Останні здатні підвищувати кислотність ґрунту, що призводить до посилення розчинності карбонатів, їх перетворення у рухомі форми та переміщення в глибші шари ґрунту. Там ці елементи (на відміну від кореневмісного шару) майже не впливають на нейтралізацію надмірної кислотності [6–15]. Значні втрати карбонатів зумовлюють відновлення кислотності, скорочення тривалості позитивної дії внесеного вапна, зниження ефективності дії мінеральних добрив і, в кінцевому результаті, до збільшення площ ґрунтів, які необхідно вапнувати повторно.

Особливо це характерно для сучасного інтенсивного землеробства за фактичної відсутності хімічної меліорації кислих ґрунтів, коли відбувається їх повторне підкислення та зниження родючості в цілому, що зумовлює недобір сільськогосподарської продукції. Для встановлення особливостей міграції та втрат обмінних катіонів у ґрунтовому профілі сірого лісового ґрунту за різного агротехногенного навантаження в агроценозі нами використано попередні дослідження відділу агроґрунтознавства. Важливо зауважити, що дуже мало проведено досліджень з питань інтенсивності перетворення кальцію і магнію в ґрунті та їх міграції в непорушеному ґрунтовому профілі.

Таким чином, чим легший гранулометричний склад ґрунту і чим більше застосовується мінеральних добрив, тим швидше зростає кількість кальцію та

магнію, які переходять у рухомі форми. При цьому створюються умови, які сприяють прискоренню їх втрат з ґрунту. Немає сумніву в тому, що кальцій і магній ґрунту, як і внесені з меліорантами, також підлягають міграції та перетворенню. Це підтверджується результатами їх безпосереднього визначення в різних шарах ґрунту, а також побічно – збільшенням ґрунтової кислотності. У зв'язку з цим вапнування кислих ґрунтів науково обґрунтованими дозами і формами (регулювання необхідного відношення між кальцієм і магнієм) для досягнення оптимальної реакції ґрунтового розчину з метою розширеного відтворення родючості й отримання високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур є одним із найважливіших заходів підвищення ефективності землеробства на кислих сірих лісових ґрунтах Лісостепу України.

Раціональне використання земельних ресурсів має винятково важливе значення для сталого розвитку аграрного сектору. Проте, як в Україні так і в не вирішено проблему забезпечення раціонального та агроекобезпечного використання земельних ресурсів. Впродовж останніх десятиліть значно зменшилась кількість внесення мінеральних, органічних добрив, що негативно впливає на якість орних земель, а відтак, і на ефективність господарювання. Проблема раціонального використання земель сільськогосподарського призначення дедалі більше ускладнюється у зв'язку з наростаючою комплексністю її характеру. Рівень використання земель в Україні нині настільки критичний, що подальша деградація потенціалу орних земель, у сільському господарстві може мати катастрофічні наслідки, що відповідним чином позначиться на загальному рівні продовольчої безпеки Черкаського регіону. Саме тому дослідження причин і особливостей трансформації структури посівних площ в Україні за останні 50 років є актуальним завданням, що вимагає негайного вирішення щодо раціонального землекористування на основі введення науково обґрунтованих сівозмін з відповідною структурою посівних площ. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемами раціонального використання земельних ресурсів у сільському господарстві та визначення оптимальних розмірів і структури посівних площ займалися багато відомих вчених-економістів: Д.І. Бабміндра, М.С. Богіра, М.М. Глушик, О.І.

Гуторов, Д.С. Добряк, Н.В. Караєва, А.Г. Мартин, Л.Я. Новаковський.

З іншого боку, науковцями-землеробами, починаючи з 50-60-х років минулого століття, було багато зроблено в напрямі розробки та удосконалення структури посівних площ, з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і спеціалізації сільськогосподарського виробництва [9-11]. Ринкові умови ведення землеробства та потреби виробництва вимагають такої структури посівних площ, яка б призвела до обґрунтування збільшення продуктивності усіх польових культур, сприяла стабілізації та відтворенню родючості орних земель, покращенню фітосанітарного стану сівозмін та гарантувала агроекологічну безпеку і стійкість довкілля. Структура посівних площ і сівозміни мають бути динамічними, комбінованими і водночас науково обґрунтованими та інтенсивними. Можна створювати багато варіантів структури сівозмін, але їх впровадження завжди потребує наукового обґрунтування для прогнозування непередбачених агроекологічних наслідків [12, 13, 14, 15, 16].

В останній час особливо активізувалась проблема раціонального землекористування. Адже аграрна сфера зазнала масштабних трансформацій в Україні. Особливою резонантністю відзначаються заходи щодо структури посівних площ, набору і співвідношення культур, забезпечення їх рекомендованими попередниками з дотриманням науково обґрунтованих сівозмін. Доцільними є удосконалення оцінки цих питань щодо охорони й збереження родючості земельноресурсного потенціалу, що спонукатиме землевласників і землекористувачів до використання новітніх технологій землеробства, вживання ними науково обґрунтованих агротехнічних заходів, у тому числі раціональних сівозмін в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України.

За 2013-2017 рр. в Україні структура посівних площ активно змінилася відносно рекомендованої у бік погіршення: озимих зернових стало менше в 1,38 рази (17,8 %), у т. ч. пшениці озимої менше в 1,43 рази. Площі ярих колосових зменшилися у 3,72 рази, а площі посіву кукурудзи зросли у 2,06 рази (відносно 2010 р.) та у 4,3 рази відносно 1986-1990 рр. Площі ярих зернових зросли в 1,16 та 2,12 рази відповідно. Суттєво зросла площа технічних культур у 2,5 рази

відносно 2010 р. та у 2,15 рази відносно 1986-1990 рр. При цьому площі кормових культур зменшилися у 3,39 та 6,31 рази відповідно.

Зростання частки валового виходу зерна ярих зернових культур відбувалося за рахунок розширення площ посіву і урожайності кукурудзи на фоні скорочення площ посіву озимих зернових і ярих колосових культур. Якщо у період 1986-1990 рр. домінуючими культурами у формуванні валу зерна були озимі зернові і ярі колосові культури, то у період 2013-2017 рр. домінуючою культурою виявилася кукурудза і меншою мірою пшениця озима.

Отже, вибір системи обробітку ґрунту має зумовлюватись багатьма факторами. Одним з них є накопичення та збереження вологи в ґрунті [4]. Волога відіграє важливу роль у процесі ґрунтоутворення і поліпшення родючості ґрунту. Вона має безпосередній вплив на найважливіші процеси, що протікають у ґрунті та визначає поживний, повітряний і тепловий режими і біологічні його властивості [2, 3]. Вологість ґрунту часто є вирішальним фактором у формуванні врожайності. Від вологості залежать щільність, твердість ґрунту, особливості кришіння і тяглові зусилля під час обробітку. Тому регулювання водного режиму залишається основним заходом підвищення продуктивності сільськогосподарських культур в адаптивних системах землеробства.

В умовах Правобережного Лісостепу України безпліцеві обробітки ґрунту під озиму пшеницю після конюшини, гороху та кукурудзи на силос створюють сприятливі умови для нагромадження вологи в орному і метровому шарах ґрунту, раціонального її витрачання на формування врожаю цієї культури. Нульова технологія порівняно з традиційною забезпечувала краще збереження вологи в ґрунті й отримання стабільних урожаїв.

## **Розділ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ.**

### **2.1. Оптимізація основного обробітку та внесення добрив для підвищення ефективності.**

Оптимізація цих двох ключових агротехнічних заходів має на меті максимізацію врожайності та мінімізацію витрат (пального, часу, добрив), одночасно зберігаючи та покращуючи родючість ґрунту. Особливо це актуально в умовах короткоротаційних сівозмін, де ґрунт зазнає інтенсивного навантаження. Основний обробіток (оранка, глибоке рихлення, чизелювання) повинен бути мінімально необхідним для створення оптимальних умов. Зменшення або повна відмова від традиційної глибокої оранки. Різке скорочення витрат пального (до 30-50%), менша втрата ґрунтової вологи, збереження структури ґрунту та підвищення вмісту органічної речовини у верхньому шарі.

Застосування глибокого чизелювання або безвідвального обробітку лише за потреби (наприклад, для руйнування ущільненого шару – плужної підшви) і чергування його з поверхневим обробітком. Вибір типу та глибини обробітку залежно від попередника, стану ґрунту (ущільнення, вологість), погодних умов та запланованої культури.

Після зернових може бути достатньо дискування, тоді як після просапних культур, що сильно ущільнюють ґрунт, може знадобитися глибоке рихлення. Застосування комбінованих агрегатів, які за один прохід виконують кілька операцій (наприклад, лушення, рихлення та вирівнювання).

Головна мета – забезпечити рослини необхідними поживними речовинами саме тоді, коли вони потрібні, та саме там, де вони потрібні, уникаючи перевитрат та забруднення навколишнього середовища.

Регулярний (щороку або раз на 2-3 роки) аналіз ґрунту на вміст основних елементів (N, P, K), рН, органічної речовини. Формування плану живлення лише на основі фактичної потреби, а не «середньої» норми. Це запобігає надмірному внесенню дорогих добрив.

Використання GPS-технологій та карт врожайності/ґрунтових зон (VRT

– Variable Rate Technology). Норми добрив автоматично змінюються в різних частинах поля: на високопродуктивних ділянках можуть вносити більше, на бідних або проблемних — менше або інші види добрив. Це знижує загальну норму та підвищує коефіцієнт використання поживних речовин.

Внесення добрив безпосередньо в зону кореневої системи (наприклад, при посіві або прикореневе підживлення). Зменшення контакту добрив з ґрунтом, що знижує їхню фіксацію ґрунтом та вимивання. Це підвищує ефективність використання кожного кілограма добрив.

Включення в сівозміну сидератів (рослин, які заорюються для покращення ґрунту), використання поживних решток та органіки (гній, компост). Це частково або повністю заміщує дорогі мінеральні добрива та покращує фізичні властивості ґрунту.

Значне зниження операційних витрат (пальне, мінеральні добрива). Підвищення врожайності завдяки кращому засвоєнню вологи та елементів живлення. Зменшення ерозії ґрунту, мінімізація забруднення ґрунтових вод нітратами та фосфатами.

## **Розділ 3. ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **3.1 Умови і методика проведення досліджень**

Ґрунти – це динамічні екосистеми, що підтримують різноманітність життя. Тому концепцію якості або здоров'я ґрунту, як і концепцію здоров'я людини, неважко зрозуміти чи розпізнати, якщо розглядати систему як єдине ціле. Завдання полягає в тому, щоб керувати ґрунтами таким чином, щоб вони могли виконувати різні функції, для яких вони використовуються, без деградації самих ґрунтів чи навколишнього середовища. Хоча це проста концепція, існують певні складнощі, які ускладнюють кількісну оцінку ідеї здоров'я ґрунту. Які функції ґрунту слід враховувати, які властивості ґрунту найважливіше вимірювати та як найкраще вимірювати ці властивості – це деякі зі складних питань, які необхідно враховувати при спробі кількісної оцінки здоров'я ґрунту. Великим завданням є управління ґрунтами сталим способом, щоб вони забезпечували потреби людини в майбутньому [48].

Однак вимірювання ґрунтових процесів та властивостей ґрунту, пов'язаних з ними, також залежить від використання та місця розташування ґрунту. Тому під час оцінки якості ґрунту зазвичай досліджують низку фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунту. Найважливішою властивістю, що визначає якість ґрунту, є органічна система ґрунту через глибокий вплив, який вона має на фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту. Таким чином, багато кроків, що вже вжиті для покращення якості ґрунту, стосуються покращення стану органічної речовини ґрунту, а отже, і життєздатності ґрунтової органічної системи [32]. Деякі з поширених способів покращення якості ґрунту включають: зменшення обробітку ґрунту, використання сидератів, внесення гною тваринного походження, сівозмін, смугове посіви, використання покривних культур, внесення мулу або біодобавок, а також інші додавання органічних матеріалів і поживних речовин. Ці методи управління підвищують активність як мікро-, так і макробіологічної ґрунтової органічної системи, діяльність якої також

покращує такі властивості, як агрегація ґрунту, інфільтрація та водоутримувальна здатність, зменшує об'ємну щільність, опір проникненню та ерозії ґрунту, а також збільшує здатність катіонного обміну. Управління якістю ґрунту також може призвести до зменшення потреби в агрохімікатах та обробітку ґрунту, зменшення споживання палива сільськогосподарською технікою та збільшення поглинання  $\text{CO}_2$  у ґрунті, що позитивно впливає на навколишнє середовище. Сучасна сільськогосподарська наука має можливість виправити багато поганих практик минулого та підтримувати здоровіші ґрунти, які повинні підтримувати їх використання.

Дослідження проводили в умовах дослідного поля НВЦ БНАУ у тривалому стаціонарному, де представлено оцінку впливу інтенсивних систем удобрення та основного обробітку ґрунту на врожайність у коротких сівозмінах (Лісостеп, чорнозем малогумусний).

**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, структура, водопроникність) 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).
- Провести порівняльний аналіз витрат палива та коштів при використанні традиційних та ресурсозберігаючих технологій.

○ Визначити рівень рентабельності запропонованих моделей вирощування.

• **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.

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 основні підходи до обробітку ґрунту. Традиційний (глибокий) обробіток: Оранка на глибину 25-27 см. Мінімальний обробіток (Strip-till): Поверхнєве 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: Дві операції — спершу культивування на 10-12 см, а потім передпосівна культивування на 5-6 см. Мінімальний обробіток (Mini-till). Система мінімального обробітку складалася з: Основний осінній обробіток: Подвійне луцення стерні дисковою бороною АГ–2,4 на глибину 10-12 см. Весняний обробіток: Включав весняну культивування (після проростання бур'янів) на 10-12 см, після якої проводилася передпосівна культивування на 5-6 см.

На ділянках No-till сівба була проведена сівалкою зерною «Great plants», СЗМ 3,6 No-Till technology.

У стаціонарному досліді висіяні наступні сорти і гібриди: Пшениця озима сорт «Смуглянка»; Ячмінь ярий сорт «Сталкер»; Соя сорт «Галлек»; Соняшник гібрид «Мегаполліс КЛП».

**Таблиця 1 – Чергування культур у короткоротаційних сівозмінах стаціонарного досліджу**

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

Сорт озимої пшениці Смуглянка — це високоінтенсивний, середньоранній сорт української селекції (Інституту фізіології рослин і генетики), який належить до кращих зразків для вирощування за сучасними технологіями. Смуглянка є сортом високоінтенсивного типу. Це означає, що вона чудово відгукується на високі та збалансовані норми мінерального живлення, дозволяючи формувати рекордні врожаї. Для реалізації повного потенціалу необхідна комплексна система захисту від хвороб та шкідників, незважаючи на її природну стійкість. Рекомендується сіяти у другій половині оптимальних строків для зони вирощування. Сорт є короткостебловим (86-98 см), що забезпечує високу стійкість до вилягання (9 балів). Сорт має добру стійкість до багатьох негативних факторів: Стійкість до осипання: 7-9 балів. Групова стійкість до хвороб: Висока стійкість до бурої іржі та борошнистої роси (8-9 балів). Стійкість до кореневих гнилей, септоріозу та фузаріозу оцінюється в 7-8 балів. Різновид: Еритроспермум (остистий). Колос: Циліндричний, середньої довжини, має ості. Зернівка: Велика, червона, яйцеподібна.

Завдяки високій адаптивності, гарній зимостійкості та високій посухостійкості, сорт Смуглянка рекомендований для вирощування у всіх основних агрокліматичних зонах України: Степ, Лісостеп та Полісся.

Сорт ярого ячменю Сталкер є одним із найбільш популярних, універсальних та стабільних сортів української селекції. Він відомий своєю

високою адаптивністю, особливо до умов Степу та Лісостепу, а також своєю посухостійкістю.

**Таблиця 2. Характеристика ячменю сорту Сталкер**

| характеристика           | опис  |
|--------------------------|---|
| селекція                 | інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН<br>України       |
| група стиглості          | середньостиглий   |
| тип                      | дворядний   |
| призначення              | зерновий, кормовий, технічний (залежно від вмісту<br>білка) |
| потенціал<br>урожайності | високий (до 8,5 т/га)                                       |
| висота рослини           | середньорослий (близько 80-90 см)                           |

**Посухостійкість:** Дуже висока (до 9 балів). Це ключова перевага сорту, яка робить його надійним вибором для посушливих регіонів, зокрема Півдня та Сходу України. **Стійкість до вилягання:** Висока. Коротке та міцне стебло забезпечує стійкість до сильних вітрів та злив. **Стійкість до осипання:** Висока, що зменшує втрати врожаю під час дозрівання та збирання. **Стійкість до хвороб:** Сорт має підвищену комплексну стійкість до основних хвороб ячменю, включаючи борошнисту росу та гельмінтоспоріоз.

**Урожайність:** Забезпечує стабільно високі врожаї, навіть у стресових умовах. У сприятливих умовах може демонструвати результати вище \$70-80\$ ц/га. **Якість:** Зерно велике, вирівняне. Сорт має добрі пивоварні якості (низький вміст білка та високу екстрактивність), але його часто використовують як високопродуктивний кормовий сорт. Маса 1000 зерен: 45-50 грамів.

Сорт Сталкер офіційно рекомендований для вирощування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України: Степ, Лісостеп та Полісся, завдяки своїй високій екологічній пластичності та стійкості до посухи.

Сорт сої Галлек (селекції DSV, Німеччина) є одним із найбільш успішних і популярних дуже ранніх сортів на українському ринку. Він цінується за стабільність урожаю та надійність у різних кліматичних умовах, особливо в регіонах із коротким вегетаційним періодом.

**Таблиця 3. Характеристика сорту сої Галлек**

| Характеристика                 | Параметр                                       |
|--------------------------------|--|
| Група стиглості                | Скоростиглий                                   |
| Веgetаційний період            | 90-95 днів                                     |
| Тип росту                      | Індетермінантний (з тривалим ростом)           |
| Потенціал урожайності          | До 4,0 т/га                                    |
| Висота рослини                 | 70-85 см                                       |
| Висота кріплення нижнього боба | 13 см (дуже добре для механізованого збирання) |
| Вміст білка                    | Близько 38 %                                   |
| Вміст олії                     | Близько 18 %                                   |

Надзвичайна Стійкість до Розтріскування (9 балів): Це головна перевага Галлек, яка дозволяє мінімізувати втрати зерна навіть при пізньому або затяжному збиранні. Адаптивність та Стабільність: Сорт демонструє стабільно високу врожайність у своїй групі стиглості, що зменшує ризики для агровиробника. Він адаптується до різних ґрунтово-кліматичних умов (Полісся, Лісостеп, Степ). Висока Енергія Початкового Росту: Сходи швидко розвиваються, що є важливим для конкуренції з бур'янами на ранніх етапах. Раннє Достигання: Завдяки короткому вегетаційному періоду, сорт дає можливість вчасно звільнити поле для посіву озимих культур або як

попередник для будь-якої культури. Якість насіння: Насіння має білий рубчик, що цінується для харчового використання.

Сорт має високу стійкість до: Вилягання (8 балів); Осипання (8 балів); Склеротиніозу (8 балів), Вірусних хвороб (7 балів).

Сорт Галлек є ідеальним вибором для тих, хто прагне отримати ранній, якісний та надійний урожай сої, особливо в північних та центральних регіонах.

Соняшник гібрид Мегаполіс КЛП високоінтенсивний або помірно-інтенсивний гібрид олійного напрямку, адаптований для вирощування в усіх основних агрокліматичних зонах України.

**Таблиця 3. Характеристика гібриду соняшника Мегаполіс КЛП**

| Характеристика      | Опис  |
|---------------------|---|
| Група стиглості     | Середньоранній  |
| Вегетаційний період | 103-108 днів  |
| Тип гібрида         | Помірно-інтенсивний (добре адаптований, але реагує на високу агротехніку) |

Висока генетична стійкість до найбільш агресивних рас (А-Г). Це робить його надійним вибором для зон, сильно уражених цією паразитичною рослиною. Посухочтійкість (оцінюється у 7 балів), що дозволяє отримувати стабільний урожай в умовах нестачі вологи, характерних для Степу. Демонструє добру толерантність до поширених захворювань соняшника: Склеротиніоз (біла гниль) кошика: 8 балів. Фомопсис, Іржа, Вертицильоз: 7 балів. Вилягання: Висока стійкість (7 балів) завдяки міцному стеблу.

Потенціал урожайності: Високий, понад 50 ц/га. Олійність: Висока, 49-50 %. Висота рослин: Середньорослий, 160-165 см. Кошик: Середній, діаметром 22-24 см, напівнахилений. Добре виконаний, що сприяє швидкій віддачі вологи перед збиранням. Гібрид демонструє високу пластичність і рекомендований для вирощування в усіх зонах: Полісся, Лісостеп та Північний Степ України. «Мегаполіс КЛП» є високотехнологічним,

надійним гібридом, який дозволяє аграрію ефективно боротися з вовчком та бур'янами, забезпечуючи при цьому стабільний та високий рівень олійності.

Система удобрення кожної культури наведена в (табл. 1.2).

**Таблиця 4. – Система живлення культур у короткоротаційній сівозміні**

| Варіант удобрення | Пшениця озима                                    | Ячмінь ярий                                     | Соя   | Соняшник   |
|-------------------|--|---|---|--|
| 1                 | без добрив                                       | без добрив                                      | без добрив                                      | без добрив   |
| 2                 | N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>  | N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub> | N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub> | N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>    |
| 3                 | N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>  | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> | N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>120</sub> |
| 4                 | N <sub>100</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub> | N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>65</sub> | N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>180</sub> |

В системі захисту рослин передбачено класичні підходи:

Захист пшениці, як правило, найбільш інтенсивний. Гербіцидний захист починається восени, коли застосовують препарати на основі 2,4-D та флорасуламу або трибенурон-метилу для контролю осінніх дводольних бур'янів. Навесні, під час активної вегетації, проводять обробку сульфонілсечовинами або дикамбою для контролю перезимувалих бур'янів. Злакові бур'яни (наприклад, метлюг) контролюють грамініцидами (наприклад, на основі клодинафоп-пропаргілу). Фунгіцидний захист передбачає мінімум дві обробки: перша (T1) — у фазі виходу в трубку з використанням тріазолів (протиконазол, тебуконазол) проти септоріозу та борошнистої роси; друга (T2) — у фазі колосіння/цвітіння із застосуванням комбінацій стробілуринів, тріазолів або карбоксамідів для захисту прапорцевого листка та профілактики фузаріозу колоса. Інсектициди використовують за необхідності, найчастіше піретроїди, проти клопа-шкідливої черепашки та попелиць.

Ярий ячмінь вирощували за менш інтенсивною схемою порівняно з пшеницею. Гербіцидна обробка здійснюється в період куціння препаратами ауксинового типу (2,4-D) або сульфонілсечовинами для контролю дводольних бур'янів. Фунгіцидний захист є обов'язковим, оскільки ячмінь дуже чутливий до плямистостей. Обробку проводять у фазі виходу в трубку

комбінацією тріазолів та морфолінів для захисту від сітчастої та смугастої плямистості, а також борошнистої роси.

У системі захисту сої ключову роль відіграють ґрунтові гербіциди, які вносять до посіву або до появи сходів (наприклад, пендіметалін, ацетохлор, прометрин) для первинного контролю злакових і дводольних бур'янів. Потім, по вегетації, здійснюють селективні обробки. Грамініциди (хізалофоп-П-етил або клетодим) використовують окремо для знищення злакових бур'янів (зокрема, пирію). Гербіциди проти дводольних (бентазон або імазетапір, якщо сорт не CL) застосовують у фазі трилисника. Фунгіцидний захист (стробілурина + тріазоли) проводять у фазі цвітіння/наливу бобів для пролонгації вегетації та захисту від фомопсису та іржі.

Для захисту соняшника критичним є контроль вовчка (заразики) та амброзії. У цій сівозміні, найімовірніше, використовується гібрид під технологію Clearfield Plus (КЛП). Ґрунтовий захист (ацетохлор, тербутилазин) застосовують для первинного контролю бур'янів. Основний гербіцидний захист проводиться по вегетації (у фазі \$4-8\$ листків) препаратами на основі імазамоксу та імазапіру, які ефективно контролюють усі раси вовчка та широкий спектр злакових і дводольних бур'янів. Фунгіцидний захист (тріазоли, карбоксаміди) є дворазовим: перша обробка у фазі 8-10 листків, друга — на початку цвітіння, з акцентом на захист кошика від білої та сірої гнилі (склеротиніоз).

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: морфологічні, агрохімічні, фізичні, статистичні методи [2, 5]. З метою оцінки агротехнічних заходів у досліді проводився комплекс агрохімічних аналізів, агрофізичних досліджень, фенологічних спостережень та біометричних обліків, відповідно до загальноприйнятих методик [28 – 35].

### 3.2. Погодні умови

Клімат району досліджень — помірно-континентальний, помірно-вологий, із загалом достатнім зволоженням. Проте, регулярно спостерігаються ризики посух та суховіїв. Зими зазвичай м'які та відносно теплі, але з періодичними критичними зниженнями температури, а літо характеризується комфортним теплом та помірною вологістю

**Таблиця. 5. Гідротермічні показники, 2024 р., (метеостанція м. Біла Церква)**

| Період             | Показник    | Факт 2024 р. | Багаторічна норма | Відхилення (2024 р. проти норми) | Загальна оцінка                       |
|--------------------|-------------|--------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Вегетаційний сезон | температура | 17,4°C       | 15,5 °C           | вище на 1,9–2,6 °C               | значний тепловий стрес загроза посухи |
| Вегетаційний сезон | сума опадів | 240 мм       | 324 мм            | нижче (дефіцит)                  |                                       |
| Березень           | температура | 1,8 °C       | 2,4 °C            | нижче на 0,6 °C                  | сприятливий, достатньо зволожений     |
| Березень           | опади       | 22 мм        | 22 мм             | відповідало нормі                |                                       |
| Квітень            | температура | 7,4 °C       | 11,6 °C           | нижче на 4,2 °C                  | прохолодна погода, надлишок опадів    |
| Квітень            | опади       | 49 мм        | 35 мм             | вище на 14 мм                    |                                       |
| Травень            | температура | 14,0 °C      | 15,9 °C           | нижче на 1,9 °C                  | прохолодна погода, дефіцит опадів     |
| Травень            | опади       | 41 мм        | 49 мм             | нижче на 8 мм                    |                                       |
| Червень            | температура | 20,5 °C      | 19,7 °C           | вище на 0,8 °C                   | тепла погода, надлишок опадів         |
| Червень            | опади       | 74 мм        | 52 мм             | вище на 22 мм                    |                                       |
| Липень             | температура | 23,5 °C      | 23,5 °C           | на рівні норми                   | високі температури, дефіцит опадів    |
| Липень             | опади       | 51 мм        | 69 мм             | нижче на 18 мм                   |                                       |
| Серпень            | температура | 21,0 °C      | 20,0 °C           | на рівні норми                   | високі температури, дефіцит опадів    |
| Серпень            | опади       | 44 мм        | 66 мм             | нижче на 22 мм                   |                                       |
| Вересень           | температура | 12,9 °C      | 12,9 °C           | на рівні норми                   | тепла погода, дефіцит опадів          |
| Вересень           | опади       | 25 мм        | 41 мм             | нижче на 16 мм                   |                                       |

Вегетаційний період 2024 року (квітень–вересень) проходив в умовах значного теплового стресу (середня температура була вищою за норму на 1,9–2,6 °C) та нестачі атмосферних опадів (сумарно 148–320 мм при нормі

324 мм). Це вказує на ймовірність розвитку посухи влітку. Початок весни, попри трохи прохолодніший березень (1,8 °С, що на 0,6 °С нижче норми) та нормальну кількість опадів (22 мм), був сприятливим і достатньо зволуженим.

Початок вегетації (квітень–травень) характеризувався прохолодною погодою з нижчими за норму температурами, що уповільнило початок росту. Квітень був надмірно зволожений, тоді як у травні вже спостерігався невеликий дефіцит вологи.

Після червня, який був теплим і вологим, настала фаза теплового стресу та нестачі опадів. Липень, серпень та вересень супроводжувалися значним дефіцитом опадів, що підтверджує загальну загрозу розвитку літньої посухи, незважаючи на загальну прохолодну весну, попри прохолодну весну, середня температура була значно вищою за багаторічну норму.

Погодні умови 2025 року (табл. 6) мали виражений контраст між зимово-весняним періодом та осінніми місяцями, а також нестабільність у розподілі опадів протягом вегетації. Зима 2025 року була аномально теплою, що забезпечило задовільні умови для перезимівлі озимих культур. Січень та лютий були значно теплішими за багаторічну норму (відхилення становило +4,6°С у кожному місяці), причому середньомісячна температура у лютому (-0,6 °С) була близька до нуля. Січень був надмірно вологим (опади вдвічі перевищили норму), тоді як у лютому спостерігався незначний дефіцит вологи.

Весна розпочалася рано і характеризувалася достатнім зволоженням на початкових етапах, але потім швидко стала прохолодною та посушливою. березень: тепліший за норму (+0,3 °С), що сприяло ранньому початку вегетації озимих культур (перевищення позначки +5 °С у третій декаді). квітень та травень: були прохолоднішими за норму (відхилення -0,4 °С та -0,9°С відповідно). волога: квітень мав майже подвійний надлишок опадів, але вже у травні спостерігався різкий дефіцит вологи (опадів у 2,4 рази менше за норму), що ускладнювало розвиток культур (табл. 6).

**Таблиця 6. Гідротермічні показники, 2025 р., (метеостанція м. Біла Церква)**

| Місяць   | Показник    | Факт 2025 р. | Багаторічна норма | Відхилення (2025 р. проти норми) | Загальна оцінка  |
|----------|-------------|--------------|-------------------|----------------------------------|--|
| Січень   | температура | -1,9 °С      | 2,7 °С            | тепліше на 4,6 °С                | задовільні для перезимівлі                             |
|          | опадів      | 57 мм        | ≈28,5 мм          | надлишок (вдвічі)                |  |
| Лютий    | температура | -0,6 °С      | -5,2 °С           | тепліше на 4,6 °С                | досить тепла погода                                    |
|          | опадів      | 15 мм        | 21 мм             | дефіцит (6 мм менше)             |  |
| Березень | температура | 1,5 °С       | 1,8 °С            | тепліше на 0,3 °С                | достатній рівень зволоженості                          |
|          | опадів      | 22мм         | 22мм              |                                  |  |
| Квітень  | температура | 7,9 °С       | 8,3 °С            | холодніше на 0,4 °С              | задовільні для розвитку культур                        |
|          | опадів      | 66 мм        | ≈33 мм            | надлишок (майже вдвічі)          |  |
| Травень  | температура | 14,1 °С      | 15,0 °С           | холодніше на 0,9 °С              | переважно прохолодна погода                            |
|          | опадів      | 18 мм        | 43,2 мм           | дефіцит (в 2,4 рази менше)       |  |
| Червень  | температура | 20,9 °С      | 20,6 °С           | тепліше на 0,3 °С                | задовільні для культур. нерівномірні опади             |
|          | опадів      | 45 мм        | 58 мм             | дефіцит (13 мм менше)            |  |
| Липень   | температура | 20,0 °С      | 21,7 °С           | холодніше на 1,7 °С              | задовільні для культур                                 |
|          | опадів      | 67 мм        | 68 мм             | на рівні норми (1 мм менше)      |  |
| Серпень  | температура | 21,9 °С      | 22,1 °С           | на рівні норми (0,2 °С менше)    | задовільні для досягання. рівень опадів на рівні норми |
|          | опадів      | 34 мм        | 34 мм             | на рівні норми                   |  |
| Вересень | температура | 12,2 °С      | 13,6 °С           | холодніше на 1,4 °С              | малосприятливі (через надмірну вологу)                 |
|          | опадів      | 121 мм       | ≈40 мм            | надлишок (втричі більше)         |  |

Літо було помірно теплим, але з нерівномірним розподілом опадів, що могло створювати локальні стреси. Червень був тепліший за норму (+0,3 °С), липень і серпень за температурними показниками були близькі до багаторічної норми. У червні спостерігався помірний дефіцит опадів (на 13

мм менше). У липні та серпні рівень опадів був практично на рівні норми, що забезпечило задовільні умови для росту та досягання культур.

Вересень став критичним місяцем через надмірну вологу та прохолодну погоду, був прохолоднішим за норму (-1,4 °C). Випала рекордна кількість опадів — 121 мм, що в три рази перевищило норму. Це призвело до малосприятливих агрометеорологічних умов для дозрівання пізніх культур та проведення польових робіт.

### **3.3. Ґрунтові умови проведення досліджень**

Стационарний дослід закладено в 2019 році в сівозміні кафедри землеробства, агрохімії та ґрунтознавства Білоцерківського НАУ. На момент початку дослідження ґрунт дослідного поля характеризувався оптимальною агрофізичною щільністю (1,38 г/см<sup>3</sup>) та високим запасом продуктивної вологи у метровому шарі (180 мм}), що створювало сприятливі умови для росту рослин.

Дослідний ґрунт, що відноситься до крупнопилувато-легкосуглинкових, має нейтральну реакцію (рН = 6,20) та низький вміст органічної речовини (гумус 3,22%). Незважаючи на це, він має значну гідролітичну кислотність. Забезпеченість основними елементами живлення сильно диференційована: азот дуже низький, фосфор дуже високий, а калій підвищений.

## **РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **4.1. Оцінка впливу різних систем обробітку та удобрення на агрофізичні показники ґрунту короткоротаційної сівозміни**

Вибір підходу до обробітку ґрунту залежить від кліматичних особливостей регіону, біологічних характеристик вирощуваної культури та її вибагливості.

Ґрунтова волога є однією із основних складових умов вирощування сільськогосподарських культур та займає одне із провідних місць у реалізації їх генетичного потенціалу. Вологість ґрунту є здебільшого лімітуючим чинником у ґрунті, оскільки впливає на ріст та розвиток рослин, перехід і настання фаз розвитку, формування й величину урожаю.

Регулювання водного режиму ґрунту відбувається за рахунок проведення якісного та своєчасного механічного обробітку ґрунту, який впливає, з одного боку, на водопроникність ґрунту, а з іншого, – викликає перерозподіл кількості і маси рослинних решток в орному шарі або на його поверхні, створюючи тим самим екран, який сповільнює ґрунтове випаровування [17, 46].

На накопичення запасів вологи в ґрунті істотно впливали гідротермічні умови, кількість та розподіл опадів впродовж досліджуваного періоду, спосіб основного обробітку ґрунту та культура попередник. За останнього саме кількість вологи яка залишалась у ґрунті та її пошаровий розподіл мали вирішальне значення. Відмічено вплив способу обробітку на накопичення різної кількості доступної вологи в ґрунтовому профілі. На початок 2024 року запаси ґрунтової вологи становили 172, 184 та 193 мм відповідно. В 2025 році – 207,0, 199,7 та 209,7 мм відповідно. Найбільша кількість вологи в 0-20 см шарі встановлена за технології no-till –23,4 мм. Аналізуючи пошаровий розподіл вологи за технології no-till, слід відмітити особливість акумулювання вологи не лише в верхньому 0-40 см шарі, а й її вищий вміст в нижньому 40-100 см шарі.

Відповідно за осінньо-зимовий період від збирання попередника до

сівби ячменю ярого найбільша кількість вологи в 0–20 см шарі встановлена за технології no-till – 56 мм, а накопичення запасів за оцінювання в 0–100 см шарі – 293 мм. Вміст вологи в 0–20 см шарі за тривалого одноглибинного дискування було нижчими, ніж за оранки яку проводили на глибину 25–27 см (контроль) відповідно на 5,5 мм, або на 11 %. У посівах ячменю ярого вміст вологи в шарі ґрунту 10–20 см за системи обробітку no-till була в межах 20,79–21,33 %, за мінімального обробітку 18,97–18,18 % та оранки 19,40–19,42 %. За системи no-till наявність рослинних решток на поверхні ґрунту та у шарі 0–10 см сприяла додатковому накопиченню й збереженню вологи за рахунок зменшення випаровування.

Крім різної здатності до волого накопичення встановлено і різницю в температурному режимі ґрунту між системами обробітку. За умов присутності рослинних решток в системі no-till, різниця температури на глибині 5 см була на 8-10 °С нижче ніж за дискування та оранки. З поглибленням ця різниця температури знижувалася. Такі умови в різниці температури мали як позитивні так і негативні тенденції як для ґрунтових процесів так і для самих рослин.

Твердість ґрунту – це один з основних показників, який характеризує його фізичний стан, визначає середовище, в якому перебуває коренева система рослини і, відповідно, ефективність живлення. При високій його твердості необхідні більші затрати енергії на обробіток, погіршуються умови для проростання насіння, коріння погано проникає в ґрунт. Ґрунт гірше пропускає вологу і повітря. Твердість ґрунту є інформаційноємним показником, який відображає фізичний стан ґрунту, умови, в яких рослина розвивається, росте та формує урожайність, реалізуючи свій генетичний потенціал [50].

В результаті досліджень визначено основні закономірності та відмінності. Верхній шар (0-20 см), за оранки фіксували найнижчу твердість (близько 10.0 кг/см<sup>2</sup>), що є очікуваним результатом механічного розпушення орного шару. No-till та поверхневий обробіток мають значно вищу твердість

(від 19.0 до 25.0 кг/см<sup>2</sup>) через відсутність глибокого розпушення, що сприяє природному ущільненню поверхні (табл.7).

**Таблиця 7 Показники твердості ґрунту чорнозему типового в короткоротаційній сівозміні за різних систем обробітку, кг/см<sup>2</sup>, середнє за 2024 – 2025 рр.**

| Шар ґрунту, см | No-till | Поверхневий обробіток | Класична оранка |
|----------------|---------|-----------------------|-----------------|
| 0-10           | 19.5    | 20.0                  | 10.0            |
| 10-20          | 25.0    | 19.0                  | 10.0            |
| 20-30          | 25.5    | 24.0                  | 25.0            |
| 30-40          | 20.0    | 20.0                  | 25.0            |
| 40-50          | 17.5    | 18.0                  | 25.0            |
| 50-60          | 17.0    | 15.5                  | 24.0            |
| 60-70          | 15.0    | 14.0                  | 19.5            |
| 70-80          | 14.5    | 16.5                  | 17.0            |

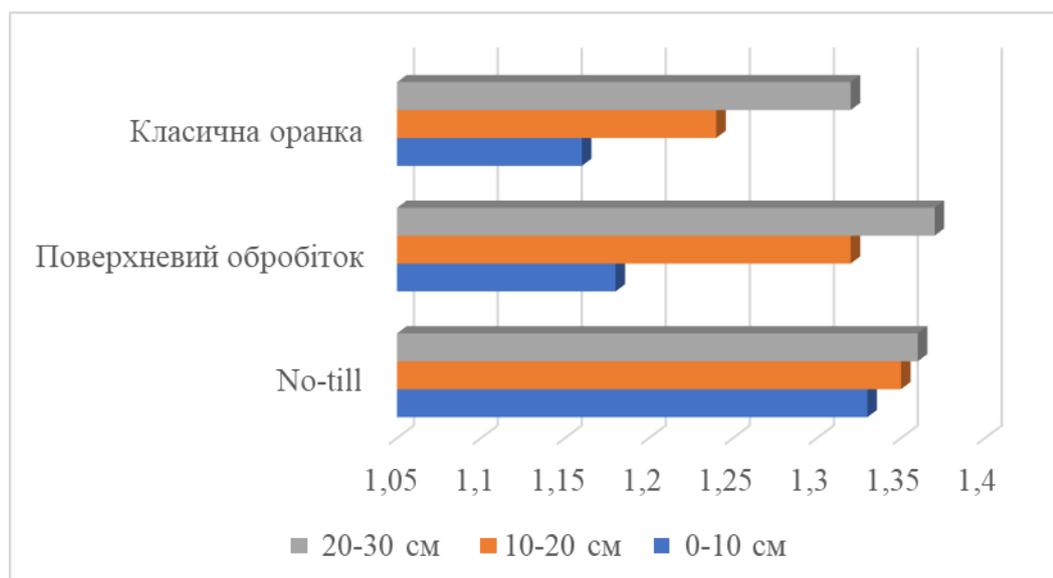
Середній шар (20-60 см) тут оранка формує виражений пік ущільнення (підоранна підшва) з максимальною твердістю близько 25.0 кг/см<sup>2</sup> у шарах 20-50 см. Це пояснюється тиском плуга, який зміщує ґрунт і ущільнює його нижче робочої глибини. No-till та поверхневий обробіток демонструють пік ущільнення дещо вище (у шарі 20-30 см) з показниками, близькими до оранки (24.0 до 25.5 кг/см<sup>2</sup>), але далі на глибині (40-60 см) їхні показники помітно знижуються (15.5 до 18.0 кг/см<sup>2</sup>), стаючи нижчими, ніж у випадку оранки.

На глибині 60-80 см відмінності між системами стають менш критичними, але No-till демонструє найменшу твердість (близько 14.5 кг/см<sup>2</sup>), тоді як поверхневий має найвищу (16.5 кг/см<sup>2</sup>).

Система основного обробітку ґрунту, яка включає оранку створює двошарову структуру твердості: дуже низьку у верхньому шарі та високу в підоранному. Системи No-till та поверхневого обробітку мають вищу

рівномірну твердість у верхній частині профілю, але не створюють такого вираженого критичного підоранного ущільнення, як оранка.

Оцінка агрофізичних властивостей орного горизонту, головними з яких є взаємопов'язані щільність складення та твердість, виявила суттєву диференціацію ґрунтового профілю залежно від застосованої системи обробітку (рис. 1).



**Рис. 1.– Щільність будови чорнозему типового залежно від систем обробітку ґрунту, в короткоротацій сівозмі, г/см<sup>3</sup>, 2024-2025 рр.**

В умовах no-till спостерігалось горизонтальне урівноваження щільності складення, близьке до 1,32 г/см<sup>3</sup>, з мінімальними відхиленнями (1,33 г/см<sup>3</sup> у 0-10 см та 1,36 г/см<sup>3</sup> у 20-30 см). Поверхневий обробіток (на глибину 10-12 см) призвело до контрастного градієнта: формування оптимальної щільності у верхньому оброблюваному шарі (1,12 г/см<sup>3</sup>) та критичного ущільнення (1,32 г/см<sup>3</sup>) у підповерхневому горизонті 10-20 см. Оранка (диференційований обробіток) забезпечила мінімальну щільність складення у 0-10 см шарі (1,16 г/см<sup>3</sup>), тоді як на межі обробітку (20-30 см) зафіксовано утворення підоранної підшви з щільністю 1,32 г/см<sup>3</sup>.

## 4.2. Вплив агротехнологій на врожайність короткоротаційної сівозміни

Оцінюючи врожайність ячменю ярого слід відмітити значний вплив системи обробітку (без добрив), де класична оранка (3,5 т/га) і поверхневий обробіток (3,2 т/га) показують вищу врожайність на контрольних ділянках (без добрив) порівняно з no-till (3,0т/га). У відсутності мінерального живлення, кращий фізичний стан ґрунту, створений оранкою (менше початкове ущільнення), забезпечує перевагу у врожайності.

У всіх трьох системах обробітку спостерігається чітка позитивна залежність: збільшення дози добрив призводить до зростання врожайності. Мінімальна доза (N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>): Врожайність зростає в середньому на 0,5-0,6т/га порівняно з контролем. Максимальна доза (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>) дає найбільшу врожайність у всіх варіантах, наближаючись до 6 т/га (рис. 2).

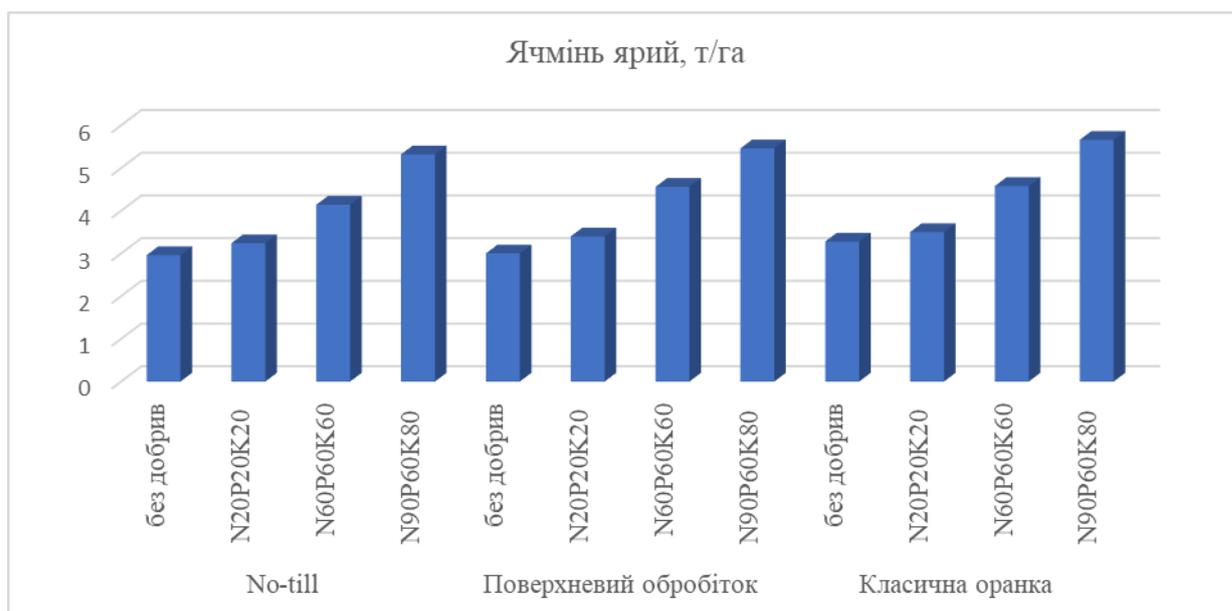
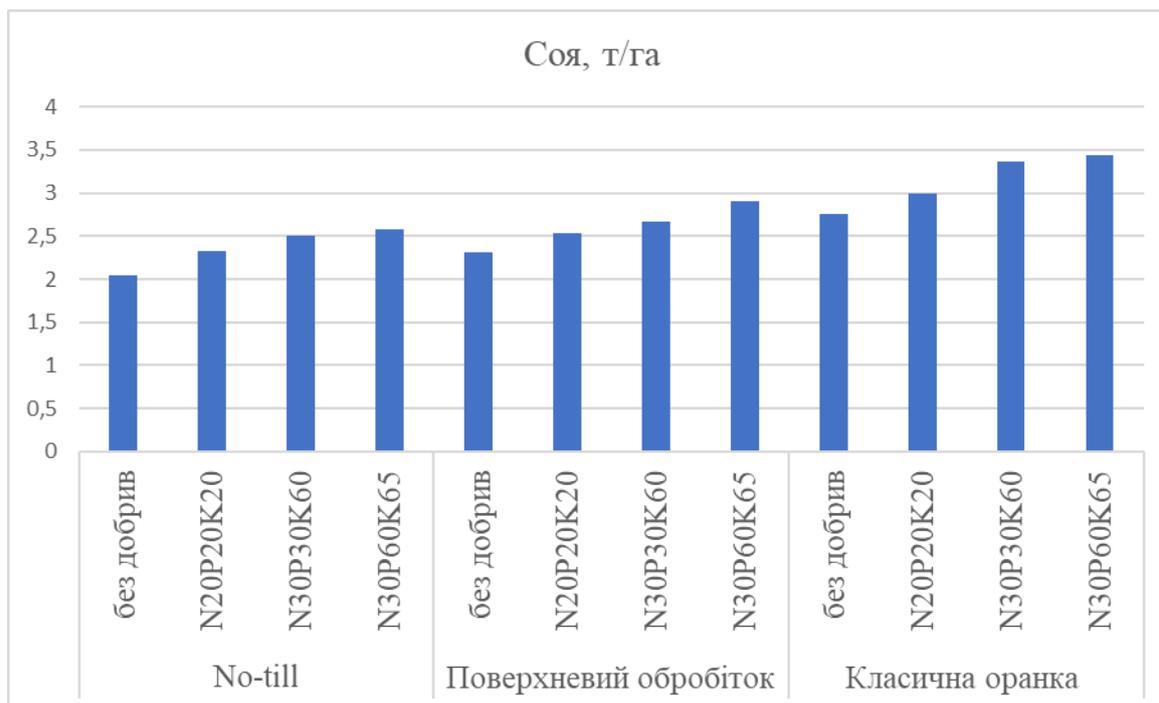


Рис. 2. Врожайність, ячменю ярого, середнє за 2024 – 2025 рр.

Класична оранка забезпечила абсолютно найвищий урожай ячменю ярого (близько 6,0 т/га) при максимальному удобренні. No-till показав найбільший відносний приріст врожайності від добрив (різниця між контролем та N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> 2,6 т/га), що свідчить про те, що мінеральне живлення ефективно компенсує негативні агрофізичні властивості (вищу густину складення) цієї системи. Оранка надає кращу стартову перевагу для ячменю

(вища врожайність без добрив). Мінеральне живлення є вирішальним фактором, оскільки воно нівелює відмінності між системами обробітку і дозволяє No-till та поверхневому обробітку досягати результатів, дуже близьких до класичної оранки при високих дозах добрив.

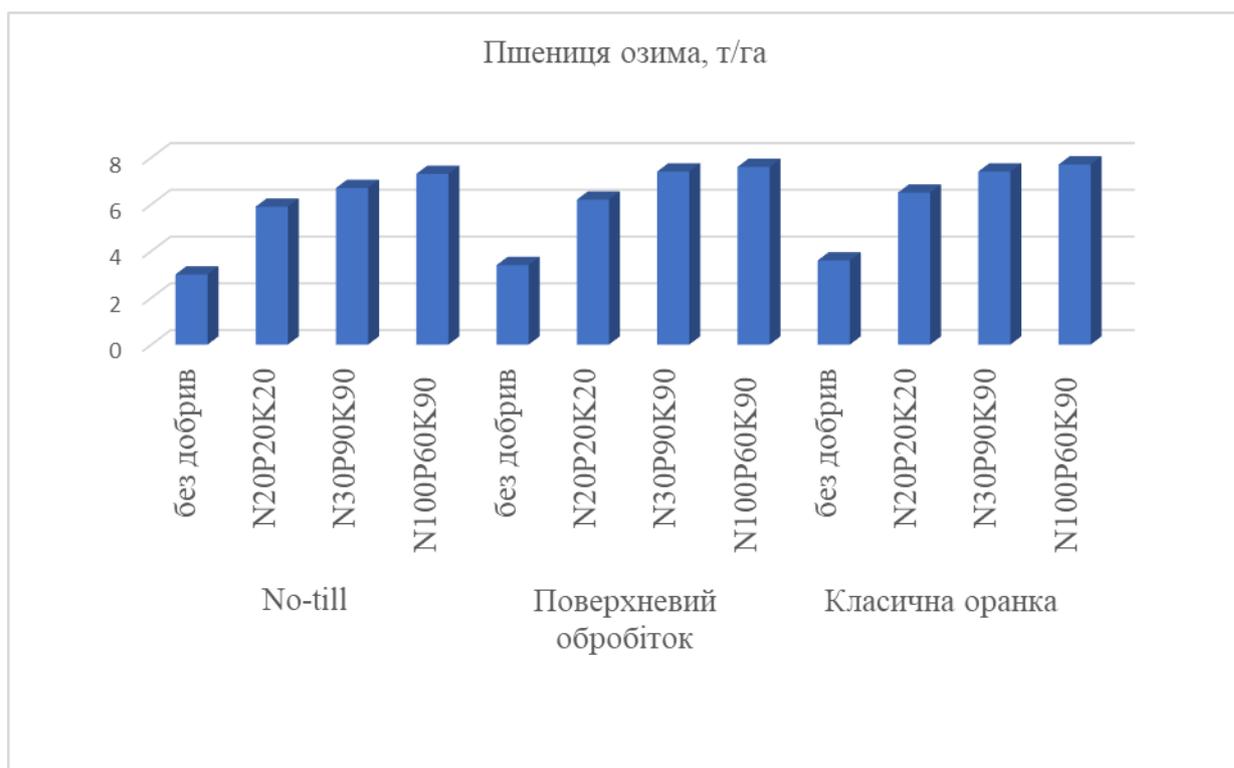
У випадку сої, яка є дуже чутливою до аерації та фізичного стану, найкраща врожайність досягається при найменшій щільності складення та твердості ґрунту, що забезпечує класична оранка (рис.3).



**Рис. 3. Врожайність сої залежно від досліджуваних факторів, т/га, середнє за 2024 – 2025 рр.**

Класична оранка забезпечила стабільно найвищу врожайність сої на всіх варіантах удобрення, тоді як No-till дав найнижчі результати. Найвища врожайність 3,5т/га досягнута при класичній оранці та максимальній дозі добрив (N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>65</sub>). Найнижча врожайність 2,1т/га зафіксована за No-till (без добрив). У всіх трьох системах обробітку спостерігається чітке зростання врожайності з підвищенням дози добрив. Ефект добрив найбільш виражений у варіанті класичної оранки, де приріст від мінімальної до максимальної дози є найбільшим. Результати урожайності сої прямо корелюють з фізичним станом ґрунту, створеним обробітком.

Врожайність пшениці озимої в цьому дослідженні в першу чергу визначається оптимальним мінеральним живленням, а не системою обробітку. Пшениця озима демонструє високу адаптивність до варіацій агрофізичних показників (густини та твердості), на відміну від сої, і здатна досягати високих та конкурентних показників навіть за умов No-till, за умови адекватного внесення добрив (особливо азоту) (рис. 4).



**Рис. 4. Врожайність пшениці залежно від досліджуваних факторів, т/га, середнє за 2024 – 2025 рр.**

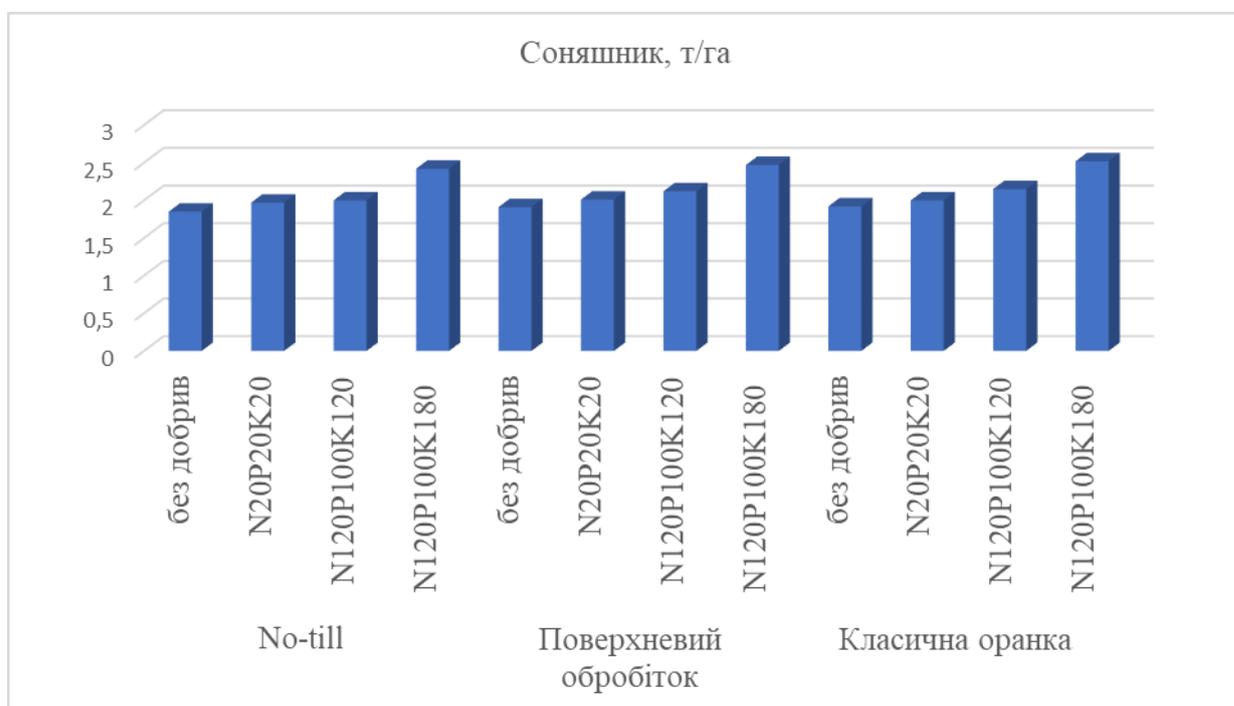
На відміну від сої (яка чутлива до ущільнення), пшениця озима демонструє здатність компенсувати гірші агрофізичні умови (вищу густину складення) системи No-till за рахунок оптимізації мінерального живлення. Різниця між системами обробітку при максимальній дозі добрив є несуттєвою 0,2 т/га, що свідчить про домінуючу роль добрив.

На контрольних варіантах, всі три системи демонструють схожу, хоча й дещо низьку врожайність 3,5-3,8 т/га.

Найнижчий показник зафіксовано у no-till 3,0т/га, що може бути пов'язано з гіршим контактом насіння з ґрунтом і початковим дефіцитом доступного азоту (N) у разі нульового обробітку.

В усіх варіантах збільшення дози добрив (особливо азоту до N<sub>100</sub>) викликає різкий та значний приріст врожайності — до 7,5-8,0 т/га. Максимальна врожайність 7,8-8,0 т/га досягнута у варіантах поверхневого обробітку та класичної оранки при максимальному живленні (N<sub>100</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>).

Оцінюючи врожайність соняшника (рис. 5) слід відмітити, що у всіх варіантах спостерігається чітке зростання врожайності з підвищенням дози добрив. Перехід від контролю до максимальної дози N<sub>120</sub>P<sub>100</sub>K<sub>180</sub> дає найбільший приріст врожайності (близько 0,7 т/га), що підтверджує позитивну роль системи удобрення для цієї культури.



**Рис. 5. Врожайність соняшника залежно від досліджуваних факторів, т/га, середнє за 2024 – 2025 рр.**

Отже, вибір способів основного обробітку ґрунту та удобрення лімітує показники родючості ґрунту, чим впливає на формування продуктивності основних сільськогосподарських культур.

### **4.3. Економічна оцінка вирощування культур в короткоротаційних сівозмінах**

Оцінюючи умовно чистий прибуток культур, отриманий від чотирьох сільськогосподарських культур (ячмінь ярий, соя, соняшник, пшениця озима) у короткоротаційній сівозміні, залежно від двох факторів: системи обробітку ґрунту та варіанту удобрення (4 рівні). Система обробітку така, як класична оранка демонструє найвищий фінансовий результат у більшості випадків, особливо для таких високомаржинальних культур, як соя та соняшник.

Соя (найбільш прибуткова культура) максимальний прибуток: 33300 грн/га, за класичної оранки та повного мінерального удобрення. оранка значно випереджає інші системи. навіть найгірший варіант оранки (варіант 27900 грн/га перевершує найкращі варіанти no-till 20500 грн/га та дискування 24900 грн/га. це підтверджує, що для сої високий врожай, досягнутий завдяки оптимальному фізичному стану ґрунту (мінімальне ущільнення), критично впливає на фінансовий результат.

Соняшник формував максимальний прибуток: 37900 грн/га (Оранка, варіант 4) — абсолютний максимум за всіх культур. Оранка показує надзвичайно високі результати при максимальному удобренні, значно відриваючись від Дискування (17700 грн/га) та No-till (16900 грн/га при тому ж варіанті. Оранка також демонструє високу прибутковість і на контролі (варіант 1) — 21400 грн/га.

Ячмінь ярий та пшениця озима (зернові культури). зернові менш прибуткові. максимальний прибуток для ячменю становить 24600 грн/га (оранка, варіант 4), для пшениці — 21500 грн/га (оранка, варіант ячмінь та пшениця показують високу віддачу від удобрення (перехід від варіанта 1 до 4 дає приріст різниця у прибутковості між системами обробітку (оранка, дискування, no-till) при максимальному удобренні менш критична, ніж для сої/соняшника. для пшениці при варіанті оранка (20200грн/га) / дискування (20300 грн/га) / no-till (18900 грн/га). це підтверджує толерантність зернових

до no-till за умови високого живлення. для всіх культур і систем обробітку варіант удобрення (найвища доза) забезпечує найвищий прибуток (табл. 8).

**Таблиця 8. – Умовно чистий прибуток, культур короткоротаційної сівозміни, грн/га, середнє за 2024 – 2025 рр.**

| Варіант удобрення     | Ячмінь ярий | Соя   | Соняшник | Пшениця озима |
|-----------------------|-------------|-------|----------|---------------|
| No-till               |             |       |          |               |
| 1                     | 12500       | 18800 | 1800     | 5200          |
| 2                     | 12800       | 20000 | 17600    | 19200         |
| 3                     | 15200       | 19200 | 14000    | 16000         |
| 4                     | 23200       | 20500 | 16900    | 18900         |
| Поверхневий обробіток |             |       |          |               |
| 1                     | 12000       | 20800 | 18800    | 6500          |
| 2                     | 13200       | 22600 | 21900    | 20500         |
| 3                     | 17700       | 21200 | 15900    | 19200         |
| 4                     | 23600       | 24900 | 17700    | 20300         |
| Класична оранка       |             |       |          |               |
| 1                     | 13900       | 27900 | 21400    | 7400          |
| 2                     | 13800       | 30000 | 33500    | 21500         |
| 3                     | 17800       | 24900 | 21600    | 18900         |
| 4                     | 24600       | 33300 | 37900    | 20200         |

Умовно чистий прибуток підтверджує, що класична оранка є найбільш вигідною системою обробітку, особливо для високомаржинальних культур (соя, соняшник). Для зернових культур (ячмінь, пшениця) ключовим фактором прибутковості є інтенсивне удобрення, яке компенсує менш оптимальний фізичний стан ґрунту при мінімальних обробітках.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що в умовах Правобережного Лісостепу мінімальний та плоскорізний обробітки чорнозему типового сприяють кращому збереженню ґрунтової вологи та підвищенню агрегатної стійкості верхнього шару (0-10 см) завдяки накопиченню поживних решток. Водночас, систематичне застосування безполицевих способів призводить до диференціації орного шару за показниками родючості та деякого ущільнення прошарку 20 – 30 см.

2. Найвищу ефективність у короткоротаційній сівозміні забезпечує органо-мінеральна система живлення. Використання побічної продукції (соломи, гички) разом із помірними дозами мінеральних добрив дозволяє підтримувати бездефіцитний баланс гумусу та компенсувати винос елементів живлення врожаєм, що критично важливо для інтенсивних короткоротаційних сівозмін.

3. Дослідженнями підтверджено, що мілкий плоскорізний обробіток ґрунту на фоні органо-мінерального удобрення забезпечує найвищу врожайність пшениці озимої (до 4,72 т/га) та сої. Це пояснюється оптимізацією водного режиму та кращою доступністю поживних речовин у верхньому, найбільш мікробіологічно активному шарі ґрунту.

4. Застосування ресурсозберігаючих систем обробітку (мілкий безполицевий, плоскорізний) дозволяє знизити витрати пального та трудовитрат порівняно з традиційною оранкою. Це забезпечує зростання рівня рентабельності виробництва зерна на 7,9 - 10,5 % за одночасного покращення якісних показників продукції (вміст білка та клейковини).

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах дослідного поля НВЦ БНАУ на чорноземі типовому в короткоротаційних сівозмінах розміщуючи пшеницю озиму після сої із залученням її побічної продукції економічно обґрунтованим є проведення поверхневого обробітку дискування на 10-12 см з внесенням дози удобрення ( $N_{20}P_{20}K_{20}$ ), дворазове позакореневе підживлення препаратами макро- та мікроелементів з внесенням у період кушіння-трубкування та колосіння-цвітіння посівів забезпечує отримання 5,6 т/га зерна.

Вирощування ячменю ярого за класичного обробітку ґрунту (оранка 25-27 см) та системи удобрення  $N_{20}P_{20}K_{20}$  з підживлення посівів мікродобривами та застосуванні побічної продукції попередників забезпечує врожайність 2,8 т/га.

За вирощування соняшника кращим агрозаходом є оранка ґрунту та внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{150}P_{110}K_{180}$ . Отримано – 2,73 т/га насіння.

## Список літературних джерел

1. Дегодюк С.Е. Збереження та відтворення родючості ґрунтів в умовах мінімалізації їх обробітку. Вісник аграрної науки, 2018, № 6. С. 32–37.
2. Карабач К. С. Урожайність та показники якості пшениці озимої залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. Рослинництво та ґрунтознавство. Vol. 10, №3, 2019 с. 41 – 47.
3. Балаєв А. Д., Захарченко М. С. Водний режим та ерозійна стійкість чорноземів при різних способах обробітку. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія, 2019. Вип. 301. С. 115–123.
4. Примак І. Д., Агрохімічна характеристика чорноземів типових за умов мінімального обробітку та застосування добрив. Аграрна наука та освіта, 2016, № 3. С. 91–98.
5. Лісовал А. П. та ін. Агрохімія: підручник. Київ: Вища освіта, 2010. С. 210–215
6. Калієва І. О. Роль сидератів та органічних добрив у регулюванні гумусового стану чорнозему типового в короткоротаційних сівозмінах. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків, 2020, Вип. 28. С. 58–64.
7. Сайко В. Ф. Наукові основи сучасного землеробства. Київ: Аграрна наука, 2017. 160 с.
8. Пелех Л.В. Формування урожайності озимої пшениці залежно від удобрення та обробітку ґрунту. The scientific heritage.- 2020.-№ 45.-Р. 3-8
9. Асуїна J, Villamil M.B. Short-term effects of cover crops and compaction on soil properties and soybean production in Illinois. Agron J 106:860–870., 2014. <https://doi.org/10.2134/agronj13.0370>
10. Adeli A, Brooks J.P., Read J.J., Miles D.M., Shankle M.W., Jenkins J.N. Impact of cover crop on nutrient losses in an upland soil. Commun Soil Sci Plant Anal 52:536–550, 2021. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1862154>

11. Булигін С.Ю., Величко В.А., Демиденко О.В. Агрогенез чорнозему. К.: Аграрна наука, 2016. - 356 с.
12. Вергунова І. М. Основи математичного моделювання для аналізу та прогнозу агрономічних процесів. Київ: Нора-прінт, 2000. 146 с.
13. ДСТУ 7855:2015. Якість ґрунту. Визначення групового складу гумусу за методом Тюріна у модифікації Кононової та Бельчикової. - Чинний від 2016-07-01. - Київ: Укр НДНЦ, 2016.
14. Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. О.В Єщенко, В.П. Опришко, П.В. Костогриз підручник.- за ред.. В.О. Єщенка. – К.: Дія. – 2005. – 288 с.
15. Методика біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів: метод. рекомендації. З. М. Грицаєнко, А. О. Грицаєнко, В. П. Карпенко. – Київ: ЗАТ «Нічлава», 2003. 30 с.
16. Бабич А. О. Продуктивний потенціал сортів сої для регіонів України. А. О. Бабич. Пропозиція. - 2000. - №11. - С. 33-35.
17. Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В., Федорчук М. І. Олійні культури в Україні: навчальний посібник. К.: Основа, 2008. 420 с.
18. Каплін О.О. Вплив попередників та агротехнічних прийомів на врожайність та збір жиру з гектару поливного соняшника в умовах півдня України / Аграрний вісник Причорномор'я. Одеса. 2004. № 26. С. 26-32.
19. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. Національний аграрний університет. Київ : Видавничий Центр НАУ, 2001. 246 с.
20. Городній М. М. Агрохімічний аналіз. Київ: Аристей, 2005. 487 с.
21. Єщенко В.О., Калієвський М.В., Накльока Ю. І. Особливості формування весняних запасів ґрунтової вологи в умовах гострозасушливого сільськогосподарського року. Зб. наук. пр. Уманського ДАУ. Умань: вид-во «Основа», 2008. С. 517–522.
22. Малієнко А.М., Лисенко А.К., Ушакова Л.Т. Роль обробітку ґрунту і боротьби з бур'янами на основі покращення родючості ґрунту Київ: Урожай, 2013. С 166-172.

23. Wicks G. A., Crutchfield D. A., Burnside O. C. Influence of wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch and metolachlor on corn (*Zea mays*) growth and yield *Weed Science*. - 2014. – v.42. - P. 141-147.

24. Martynov V., Tokhtar V, Yermolenko N. Greenhouse gas emissions from ukrainian soils under different tillage systems. *Journal of water and land development*. 2018. Т. 37. С. 133–141.

25. Influence of tillage systems on greenhouse gas emissions in soil. / Romanenko, O та ін. *Agrology*. 2019. Т. 2, No 1. P. 47–54.

26. Greenhouse gas mitigation in agriculture. P. Smith та ін. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*. 2007. Т. 363, No 1 492. С. 789–813. URL: <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2184>

27. Soteriades, A. D, Jones, R. J. Greenhouse gas mitigation strategies in the agricultural sector using the cool farm tool. *Journal of cleaner production*. 2018. Т. 196. P. 171–178.

28. Effects of tillage practices on nitrous oxide emissions in agricultural soils: a meta-analysis. Xu, H та ін. *Journal of environmental management*. 2018. Т. 207. P. 362–370.

29. Боровиков В, Попова О. Вплив агротехнологій на викиди парникових газів з ґрунту. *Науковий вісник НУБіП України*. 2020. Т. 5, No 92.

30. Господаренко Г.М. *Агрохімія*. – К.:ННЦ «ІАЕ», 2010. – 400 с.

31. *Агрохімія*. /Під. ред. М.М. Городнього. – К., «Алефа», 2003, – 786 с

32. Лісовал А.П. та ін. *Система застосування добрив*. – К.: Вища школа, 2002.

33. *Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення*. Укл. Городній М.М. та ін.. – К: ТО «Альфа», 2004, - 140 с.

34. *Агрохімічний аналіз: Підручник* М.М. Городній, А.П. Лісовал, А.В. Бикін та ін.. За ред. М.М. Городнього. – К.: Арістей, 2005. – 468 с

35. Наукові основи сучасного землеробства. І.Д. Примак та ін. За ред. І.Д. Примака. – Біла Церква, 2011, – 408 с.
36. Євпак І.В. Основи агрономії. Розділ «Агрохімія»: Навч. посіб. – К., 2007. – 204 с. 2. Городній М.М. Агрохімія. – 4-те вид., перероблене та доп. – К.: Арістей, 2008. – 936 с. 3. Карасюк І.М., Геркіял О.М.,
37. Марчук І. У., Макаренко В. М., Розтальний В. Є., Савчук А. В. Добривата їх застосування: довідник. К., 2002. 266 с
38. Лопушняк В. І. Агрохімічне обслуговування сільськогосподарських формувань : навч. посіб. Лопушняк В. І. Корчинський І. О., Вислободська М. М., Пархуць І. М., Пархуць Б. І. -Львів : Новий світ-2000. 2009. 285с.
39. Бомба М.Я. Періг Г.Т., Рижук С.М., Мартинюк І.В., Патица В.П. Землеробство з основами ґрунтознавства, агрохімії та агроекології. Київ: Урожай, 2003. 400 с
40. Заришняк А.С., Лісового М.В. Сучасні системи удобрення с.-г. культур у сівозмінах з різною ротацією за основними ґрунтово-кліматичними зонами України. – К.: Аграрна наука, 2008. 120 с.
41. Добрива в органічному землеробстві: історія. Теорія, практика. І.Д. Примак, І.У. Марчук, І.В. Мартинюк, Л.В. Єзеркоська, В.С. Хахула, Л.М. Філіпова, О.Б. Панченко, С.В. Ображій, В.М. Караульна, Л.М. Карпук, А.А. Павліченко, О.С. Тітаренко, М.В. Войтовик, Р.М. Кулик; за редакцією І.Д. Примака – Вінниця: ТВОРИ, 20023. – 262 с.
42. 555 запитань і відповідей з агрохімії та агрохімсервісу : навч.-довід. посіб. [М. Й. Шевчук, В. І. Лопушняк, М. М. Вислободська, Б. І. Пархуць, І. М. Пархуць,]; за ред. д. с.-г. н., професора В. І. Лопушняка. Львів : ЛНАУ, 2016. 476 с.
43. Економічна ефективність використання мікробних препаратів та мікродобрив на різних сортах проса в умовах південного Степу України. Р. А. Вожегова, О. Л. Чекамова. Зрошуване землеробство. - 2017. - вип. 67. - С. 27-30. - режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/ujrn/zz\\_2017\\_67\\_10](http://nbuv.gov.ua/ujrn/zz_2017_67_10)

44. Шевченко М. С. Технологічні засоби підвищення продуктивності сільськогосподарських культур на основі регулювання забур'яненості. М. С. Шевченко, О. М. Шевченко. – Бюл. Ін-тузерн. госп-ва. – 2008. – №35. – С. 63–69.

45. Сайко В. Ф. Системи обробітку ґрунту в Україн. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. – К.: ВД«ЕМКО», 2007. – 44 с.

46. Tillage [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://en.wikipedia.org/wiki/Conservation\\_tillage\\_systems](http://en.wikipedia.org/wiki/Conservation_tillage_systems).

47. United States Department of Agriculture [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ers.usda.gov/briefing/AGChemicals/glossary.htm>

48. . Сорочинський В. Вплив сидератів на урожай та якість бульб. В.Сорочинський, В.Бульо. Картопляр. – 2002. - №3. – С.6.

49. . Чернілевський М.С. Зелене добриво – важливий захід підвищення родючості ґрунту та урожайність культур в умовах біологізації землеробства. М.С. Чернілевський, А.С. Малиновський, Н.Я. Кривич. – Житомир ДАУ, 2003. – 124 с.

50. Гаврилюк Ю. В. Вплив систем обробітку ґрунту на його агрофізичний стан. Ю. В. Гаврилюк. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. - 2016. - № 3. - С. 73 - 77