

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ
КАФЕДРА АГРОХІМІЇ ТА ҐРУНТОЗНАВСТВА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітнього ступеня – МАГІСТР

на тему: «Формування продуктивності озимого ячменю залежно від норм
удобрення темно-сірого лісового ґрунту в умовах Львівської
області»

Виконав студент VI-го курсу, групи Аг-64
спеціальності 201 «Агрономія»

ШОРОБУРА ДМИТРО ВОЛОДИМИРОВИЧ

Керівник: Оксана ГАСЬКЕВИЧ

Рецензент: _____

Дубляни 2025 року

Міністерство освіти і науки України

Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій ім. с. Гжицького

Факультет агротехнологій та охорони довкілля

Кафедра агрохімії та ґрунтознавства

Освітній ступінь "магістр"

Спеціальність 201 "Агрономія"

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Зав. кафедри _____
(підпис)

к. геогр. наук, доцент **Оксана ГАСЬКЕВИЧ**
(наук. ступ., вч. зв.) (ініціали і прізвище)

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту **Шоробурі Дмитру Володимировичу**

1. Тема роботи: **«Формування продуктивності озимого ячменю залежно від норм
удобрення темно-сірого лісового ґрунту в умовах Львівської області»**

Керівник кваліфікаційної роботи Гаськевич Оксана Володимирівна,

кандидат географічних наук, доцент

Затверджені наказом по університету від “ 31 ” грудня 2024 р. № 906/к-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 1 грудня 2025 року

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи: Системи удобрення озимого ячменю: 1) контроль – без внесення добрив; 2) $N_{60}P_{60}K_{60}$; 3) $N_{90}P_{60}K_{60}$; 4) $N_{120}P_{60}K_{60}$ Вплив мінерального живлення на вміст поживних елементів у ґрунті, продуктивність культури. Ґрунт – темно-сірий лісовий, ґрунтово-кліматична зона – Лісостеп.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які необхідно розробити)

Вступ

Розділ 1. Огляд літератури

Розділ 2. Умови, вихідний матеріал і методика досліджень

Розділ 3. Результати досліджень

Розділ 4. Охорона праці та захист населення

Розділ 5 Охорона навколишнього природного середовища

Висновки і пропозиції виробництву

Бібліографічний список.

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів з вказуванням їх кількості)

1. Ілюстративні таблиці за результатами досліджень в основній частині роботи (13 шт.) і в додатках (2 шт.)

2. Рисунки гідротермічних умов дослідження (2 шт.), динаміки досліджуваних показників (9).

6. Консультанти з розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис / дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
З охорони праці та захисту населення	Тимочко В.О. , доц.каф. фізики, інженерної механіки			
З охорони навколишнього середовища	Хірівський П.Р. , зав. каф. екології та захисту довкілля доцент			

7. Дата видачі завдання 20 вересня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Відмітка про виконання
1	Вивчення впливу удобрення озимого ячменю на властивості темно-сірого лісового ґрунту та продуктивність культури в умовах Львівської області.	03.2024 – 08.2025	
2	Написання розділу 1. Огляд літератури	до 02.2025	
3	Написання розділу 2. Умови та методика проведення досліджень	01.02.2025-01.04.2025	
4	Написання розділу 3. Результати досліджень	01.04.2025-01.10.2025	
5	Написання розділу 4. Охорона праці та захист населення.	01.10.2025 – 31.10.2025	
6	Написання розділу 5. Охорона навколишнього природного середовища. Формування висновків, бібліографічного списку, додатків.	01.11.2025-01.12.2025	

Студент

(підпис)

Дмитро ШОРОБУРА

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Оксана ГАСЬКЕВИЧ

УДК 631.8:633.11

Формування продуктивності озимого ячменю залежно від норм удобрення темно-сірого лісового ґрунту в умовах Львівської області. Шоробура Д. В. Кваліфікаційна робота. Кафедра агрохімії та ґрунтознавства. Дубляни, ЛНУВМБ ім. С. Ґжицького, 2025.

76 с. текст. част., 13 табл., 11 рис., 73 джерела

Дослідження впливу різних рівнів мінерального живлення, зокрема азотного, озимого ячменю на його продуктивність проведено впродовж 2023–2025 років в умовах СТЗОВ “*****” Золочівського району Львівської області на темно-сірому опідзоленому ґрунті. Мета – встановити оптимальну норму добрив, що забезпечить максимальний врожай з високими показниками якості зерна озимого ячменю, а також позитивно вплине на поживний режим ґрунту.

Полеві досліді закладено за такою схемою: 1) контроль – без внесення добрив; 2) $N_{60}P_{60}K_{60}$; 3) $N_{90}P_{60}K_{60}$; 4) $N_{120}P_{60}K_{60}$. Агротехніка вирощування загальноприйнята для зони Лісостепу України. У досліді використано сорт озимого ячменю Монро зернового напрямку використання.

Доведено, що мінеральні добрива оптимізують умови росту та розвитку рослин та покращують показники індивідуальної продуктивності рослин. Це забезпечило зростання врожайності зерна. Найбільший врожай зерна (5,56 т/га) отримано за норми удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$. Зазначена норма добрив забезпечує найвищий вміст білка у зерні – 12,0%, збір білка – 0,64 т/га та крохмалю – 3,37 т/га. За норми $N_{90}P_{60}K_{60}$ ці показники є трохи нижчими: врожай 5,29 т/га, вміст білка – 11,4%, вихід білка – 0,60 т/га.

Найбільш економічно вигідним було внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$. Чистий прибуток за такого рівня удобрення становив 25 770 грн/га, а собівартість вирощування – 5129 грн/т. Рівень рентабельності – 95%, коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,52. Вища норма удобрення не забезпечила позитивного економічного ефекту.

Отже, при вирощуванні озимого ячменю сорту Монро на темно-сірому опідзоленому ґрунті в умовах лісостепової зони Львівської області доцільно вносити мінеральні добрива у кількості $N_{90}P_{60}K_{60}$, що забезпечить отримання високого врожаю зерна з хорошими показниками його якості.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	6
РОЗДІЛ 1 РОЛЬ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У ФОРМУВАННІ	8
ПРОДУКТИВНОСТІ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ (огляд літератури)	
1.1 Морфологічні особливості та біологічні вимоги озимого ячменю ...	8
1.2 Роль удобрення у формуванні врожаю зерна озимого ячменю	10
1.3 Якість зерна озимого ячменю за різних умов живлення	15
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЦЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДУ	
ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	18
2.1 Загальна характеристика та природні умови господарства	18
2.2 Кліматичні особливості та метеорологічні умови періоду досліджень	19
2.3 Методика досліджень	22
2.4 Агротехніка вирощування та характеристика сорту	23
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ВРОЖАЙ	
ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ МОНРО	26
3.1 Генетична будова та фізичні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту	26
3.2 Фізико-хімічні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту	29
3.3 Поживний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних схем удобрення озимого ячменю	31
3.4 Вплив удобрення темно-сірого опідзоленого ґрунту на польову схожість та виживання рослин озимого ячменю	35

3.5	Вплив мінерального живлення на структуру врожаю озимого ячменю Монро	39
3.6	Врожайність озимого ячменю сорту Монро за різних норм удобрення	42
3.7	Вплив удобрення на якість зерна озимого ячменю	44
3.8	Економічна та енергетична ефективність вирощування озимого ячменю Монро залежно від доз мінеральних добрив	47
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ		50
4.1	Аналіз стану охорони праці у господарстві	50
4.2	Покращення гігієни праці, пожежної безпеки і техніки безпеки при вирощуванні озимого ячменю	51
4.3	Захист населення у надзвичайних ситуаціях	52
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА		54
5.1	Охорона ґрунтового покриву при вирощуванні озимого ячменю ...	54
5.2	Охорона водних ресурсів.....	55
5.3	Охорона атмосфери	56
5.4	Охорона і примноження біорізноманіття	57
Висновки і пропозиції виробництву		59
Бібліографічний список.....		61
Додатки.....		68
Додаток А. Технологічна карта вирощування озимого ячменю.....		69
Додаток Б. Гранулометричний склад темно-сірого опідзоленого ґрунту		72
Додаток В. Статистичне опрацювання результатів досліджень урожаю зерна озимого ячменю 2023/24 р.		73
Додаток Г. Статистичне опрацювання результатів досліджень урожаю зерна озимого ячменю 2024/25 р.		74

ВСТУП

Актуальність досліджень. Озимий ячмінь є однією з провідних зернових культур України, важливою як для продовольчого, так і кормового секторів аграрного виробництва. Його значення зростає в умовах трансформації агропромислового комплексу, підвищення вимог до якості зерна та необхідності забезпечення стабільних врожаїв на тлі кліматичних змін. Серед основних чинників, що визначають рівень урожайності культури, провідне місце належить системі удобрення, оптимізація якої дозволяє реалізувати потенціал сучасних сортів ячменю та забезпечити ефективне використання ґрунтових ресурсів. Водночас темно-сірі опідзолені ґрунти західного регіону України характеризуються специфічними агрохімічними властивостями, серед яких середня забезпеченість азотом та фосфором, недостатній вміст обмінного калію, що зумовлює необхідність науково обґрунтованого підходу до внесення мінеральних добрив. У зв'язку з цим дослідження особливостей формування продуктивності озимого ячменю залежно від норм удобрення темно-сірого опідзоленого ґрунту в умовах Львівської області є актуальним завданням.

Актуальність роботи посилюється потребою адаптації систем удобрення до місцевих ґрунтово-кліматичних умов, що визначають біологічні особливості росту й розвитку озимого ячменю. Поглиблене вивчення реакції культури на різні рівні мінерального живлення дозволяє не лише встановити оптимальні норми NPK, але й оцінити ефективність використання добрив з позиції продуктивності, якості зерна та економічної доцільності. Для Львівської області, де значна частка орних земель представлена темно-сірими лісовими ґрунтами, отримання нових даних щодо оптимізації живлення озимого ячменю має вагоме виробниче значення і може бути використане в системах адаптивного землеробства.

Метою дослідження є наукове обґрунтування оптимальних норм удобрення озимого ячменю на темно-сірому опідзоленому ґрунті Львівської області та визначення їх впливу на формування врожайності та якості зерна

культури. Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення комплексу **завдань**:

- проаналізувати агрохімічні властивості ґрунту дослідної ділянки;
- оцінити динаміку ростових процесів культури за різних рівнів мінерального живлення;
- дослідити формування структурних елементів урожайності залежно від норм NPK;
- визначити вплив норм удобрення на урожайність та показники якості зерна;
- провести економічну й енергетичну оцінку застосування добрив;
- встановити оптимальну норму удобрення, що забезпечує максимальну продуктивність і рентабельність вирощування озимого ячменю.

Об'єктом дослідження є посіви озимого ячменю, вирощувані за різних норм внесення мінеральних добрив у ґрунтово-кліматичних умовах Львівської області. **Предметом дослідження** є закономірності формування елементів продуктивності та урожайності озимого ячменю за різних норм азотних, фосфорних і калійних добрив на темно-сірому опідзоленому ґрунті, а також зміна економічних та енергетичних показників ефективності технології.

Методи дослідження – польовий експеримент, лабораторно-аналітичні обстеження, біометричні вимірювання рослин, методи математичної статистики.

Наукова новизна роботи полягає в детальному вивченні впливу різних норм мінеральних добрив, зокрема азотних, на продуктивність озимого ячменю в умовах темно-сірого опідзоленого ґрунту Західного Лісостепу, визначенні найбільш ефективної норми для живлення культури та встановленні закономірностей формування урожайності за різних рівнів мінерального живлення. Результати доповнюють наукову інформацію про реакцію озимого ячменю на удобрення у ґрунтово-кліматичних умовах Львівщини та становлять інтерес для подальших регіональних досліджень.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання результатів дослідження для удосконалення рекомендацій щодо удобрення озимого ячменю в господарствах Львівської області, що дозволяє підвищити

урожайність і якість зерна, знизити виробничі витрати, оптимізувати енергоспоживання та забезпечити екологічну стійкість технології.

РОЗДІЛ 1

РОЛЬ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ (огляд літератури)

1.1. Морфологічні особливості та біологічні вимоги озимого ячменю

Озимий ячмінь (*Hordeum vulgare* L. subsp. *vulgare*) належить до озимих зернових культур, які відзначаються високою продуктивністю. Для нього властивий швидкий розвиток восени та інтенсивне відновлення вегетації навесні.

Продуктивність, адаптивні властивості, реакція на природні стреси та агротехнічні заходи визначається генетичними чинниками, серед яких є і морфологічна будова рослин.

Рослини відзначаються мичкуватою кореневою системою, яку формують первинні зародкові та вторинні вузлові корені, основна маса яких сконцентрована в орному горизонті. Внаслідок цього рослини озимого ячменю є чутливими до ущільнення ґрунту або пересихання орного шару.

Висота рослин коливається від 60 до 115 см. Стебло порожнисте всередині, розділене на 5–7 міжвузлів. Листкова пластинка вузька та видовжена, її будова забезпечує ефективне поглинання сонячних променів.

Колос озимого ячменю складається з окремих колосків, які по одному розташовуються на вузлах стрижня. Залежно від сорту колос буває дворядний або шестирядний. У колоску формується одна квітка. Плід – зернівка, що має овально-продовгувату форму.

Розвиток озимого ячменю складається з таких фаз: проростання, сходи, осіннє кушення, зимовий спокій, весняне відновлення вегетації, вихід у трубку, колосіння, цвітіння, налив і досягання зерна. На усіх етапах розвитку природні чинники або огріхи у технології вирощування можуть призвести до зниження продуктивності культури.

Восени важливим етапом розвитку рослин озимого ячменю є кушення, яке визначає як здатність рослин витримати зиму, так і потенційну продуктивність.

Вегетація восени завершується при зниженні середньодобових температур нижче 5°C. В оптимальних умовах на цей період часу в рослин ячменю формується 2–4 пагони. Також рослини повинні накопичити достатньо вуглеводів для перезимівлі. Надійна морозостійкість і високий продуктивний потенціал озимого ячменю забезпечуються за умови, що рослини до настання зимового періоду сформували 3–4 листки [52, 53]. Для формування такої листової поверхні необхідно 50–60 діб вегетації із сумарною кількістю ефективних температур (понад 5°C) на рівні 300–350°C [43]. Навесні важливим періодом є фази виходу в трубку та колосіння, коли несприятливі чинники, наприклад, нестача елементів живлення, суттєво знижують врожай.

Озимий ячмінь відзначається помірною зимостійкістю. Восени насіння може проростати за температури 2–4°C, однак, для появи дружніх сходів потрібно, щоб температура фіксувалась на рівні +12...+15°C. Щоб рослини пройшли загартування, температура повинна поступово знизитися до 0°C. Взимку рослини витримують зниження температури до -12...-14°C, навіть якщо сніговий покрив відсутній [29, 33]. Сучасні сорти відзначаються підвищеною зимостійкістю.

Активний весняний ріст відбувається за температури 12–18°C, у фазі колосіння – +18...+22°C. Високі температури повітря, наприклад, вище +30°C, є причиною формування щуплого зерна.

На формування 1 кг сухої речовини рослина витрачає 350–450 л води, тому потребу у волозі можна оцінити як середню. Проте, в окремі періоди дефіцит вологи є критичним. особливо потрібна волога у період кущення, коли відбувається формування пагонів, виходу в трубку та колосіння, наливу зерна.

Швидкий розвиток озимого ячменю навесні дозволяє використовувати вологу, накопичену при сніготаненні та опадах та знижує ризик струсу від посух влітку. Разом з тим, перезволоження ґрунту, особливо навесні, коли повітря та ґрунт ще недостатньо прогрітий для інтенсивного випаровування, є також небажаним явищем. тимчасові анаеробні умови при надлишку вологи можуть спричинити ураження рослин кореневими гнилями.

Щодо ґрунту, то озимий ячмінь відзначається підвищеними вимогами до ґрунтового шару та реакції ґрунтового розчину. Структурні ґрунти з оптимальними показниками шпаруватості та аерації, які забезпечують достатньо добрий дренаж ґрунтової товщі, є найкращими для вирощування ячменю. Відповідно, кращими будуть ґрунти суглинкового гранулометричного складу (легкі та середні суглинки). Культура віддає перевагу нейтральним ґрунтам. У кислих ґрунтах рослини відчувають дефіцит фосфору та молібдену, натомість збільшення активності алюмінію стає токсичним для кореневих систем. З огляду на зазначені параметри оптимальними ґрунтами для посівів озимого ячменю є чорноземи, темно-сірі опідзолені.

Рівень освітлення посівів визначає інтенсивність ростових процесів, кущення, фотосинтезу. Збільшення тривалості освітлення стимулює генеративний розвиток та формування продуктивного колоса. Якщо посіви є загущеними, нижній ярус пагонів отримує менше світла, що може стати причиною їх відмирання. Небажаними також є нерівномірні посіви, які формують строкатість освітлення.

Отже, розуміння морфології, фаз розвитку та біологічних вимог озимого ячменю є основою для оптимізації технології вирощування, управління живленням та формування стабільно високої врожайності в умовах сучасного землеробства.

1.2. Роль удобрення у формуванні врожаю зерна озимого ячменю

Вивчення окремих елементів технології вирощування сільськогосподарських культур має прикладне завдання – дібрати оптимальні заходи, які дозволять отримувати стабільно високий врожай за мінімальних витрат. Важливе місце у таких дослідженнях займає вивчення умов живлення рослин та способи їх оптимізації. Щодо покращення живлення посівів озимого ячменю додатково доводиться враховувати ризики вилягання рослин, вплив добрив на вміст білка у зерні за різних напрямів його використання, екологічні втрати азоту у формі газоподібних або розчинених сполук.

Озимий ячмінь відзначається інтенсивним поглинанням елементів живлення, особливо в період швидкого весняного росту. На формування 1 т зерна рослини потребують близько 22–28 кг азоту, 10–12 кг фосфору, 18–24 кг калію [30]. Найбільша потреба в азоті проявляється від початку відновлення вегетації навесні до фази виходу в трубку, коли формуються продуктивні пагони та закладаються елементи колоса. Фосфор необхідний уже на ранніх етапах, а саме під час проростання, осіннього кушення та весняного відновлення вегетації, оскільки він забезпечує розвиток кореневої системи та енергетичні процеси, що визначають рослин до низьких температур. Найбільша потреба у калії простежується у фазу виходу в трубку та колосіння [31]. У цей час визначається стійкість рослин до вилягання, посухи та підвищується транспортувальна здатність тканин для наливу зерна. Мікроелементи, зокрема мідь, марганець і цинк, використовуються у синтезі білка, формуванні колосу та запобіганні ламкості стебел, а їх дефіцит особливо небезпечний на легких та кислих ґрунтах. Критичними періодами забезпечення поживними речовинами є осіннє кушення, рання весна (ВВСН 25–30) та фаза виходу в трубку–колосіння (ВВСН 30–55), коли від рівня живлення залежить потенціал урожайності та якість зерна [29].

Значну увагу вчені звертають на азотне живлення озимого ячменю, зокрема норми внесення, етапи внесення, форми добрив. Результати багатьох досліджень показують, що внесення азотних добрив забезпечує значний приріст врожаю [28]. Водночас живлення рослин азотом підвищує ризики вилягання рослин. Також підвищені норми азоту сприяють формуванню зерна з вищим вмістом білка, що є негативним у вирощуванні пивоварних сортів озимого ячменю. У дослідженнях наголошують, на поділі повної норми азоту на окремі дози та поетапне їх внесення (менша частина – восени, основна частина – навесні у два прийоми) та адаптації норми під сорт, попередник і погодні умови [47]. Внесення повної норми азоту в один підхід до сівби призводить до надмірного розвитку надземної частини рослин і зниження їх зимостійкості, що небажано допускати в умовах сильних морозів та відсутності снігового покриву [21].

Дослідження, проведені на півдні України на полях Інституту зрошуваного землеробства НААН, показали, що дробне внесення азоту (до сівби та навесні), значно підвищувало кількість продуктивних стебел – 602–618 шт./м² за дворазового внесення N та 561–567 шт./м² – за передпосівного удобрення [21]. Кількість зерен у колосі та маса 1000 зерен також були вищими за ділення внесення азоту на два підходи, але різниця була менш значущою. Щодо порівняння видів добрив, то передпосівне внесення карбаміду, КАС та аміачної селітри було однаково ефективним. Найвищий врожай формувався при підживленні навесні аміачною селітрою на фоні будь-якого з перелічених добрив (схема N₃₀ восени + N₃₀ навесні). Як вказує С. О. Заєць (2018): “до сівби й під час підживлення ячменю озимого можна використовувати комбінації різних видів азотних добрив”. Різниця врожаю у цих випадках оцінюється в межах похибки досліду.

За твердженням О. Доценко та співавторів (2015), у східних та південних областях України, де частими є посухи у весняний період, доцільно перенести частину запланованої на весну норми азотних добрив у підживлення пізно восени, коли середньодобові температури повітря опускатимуться нижче 5°C і вегетації рослин припинятиметься. Доза внесення азотних добрив у цей період може становити 35–45 кг/га д. р. Впродовж зимово-весняного періоду сполуки азоту разом із вологою переміщуються в нижні шари ґрунту і залишаються доступними для рослин під час посушливих погодних умов навесні [18].

Обробка насіння ячменю бактеріальним препаратом Діазофіт сприяє кращому засвоєнню атмосферного азоту кореневими системами рослин. Біологічними препаратами, спрямованими на покращення азотного живлення рослин є також Ризоагрин, Ризоентерин, Флавобактерин. Органо-мінеральний препарат Гуміфілд форте брікс, використаний для обробки насіння озимого ячменю у досліді сприяв інтенсивнішому накопиченню азоту у біологічній масі рослин та підвищував врожайність зерна на 4–6% [22].

Також у публікаціях зазначається, що ефективним заходом покращення азотного живлення рослин є використання стабілізаторів азоту. Ці препарати сприяють збільшенню кількості легкогідролізного азоту у ґрунті та зменшенню -

нітратних. У досліді на темно-сірому опідзоленому ґрунті внесення нітрапірину забезпечувало приріст врожаю на рівні 0,3-0,6 т/га за різних норм і форм мінеральних добрив [9].

Дослідники підкреслюють високу мінливість реакції ячменю на внесення азоту за роками [51].

Фосфор і калій традиційно вносять під основний обробіток. Дослідження, проведені в Україні підтверджують: ефект внесення P_2O_5 та особливо K_2O у формуванні врожаю зерна залежить від вихідного запасу елементів у ґрунті; на фоні низького вмісту калію виправданим є внесення високих норм, але при середньому або високому фоні їх підвищення дає слабкий додатковий урожай і є економічно невиправданим. Тому гостро стоїть питання інтеграції обов'язкового ґрунтового аналізу у розробку схем удобрення.

При визначенні норм внесення фосфорних добрив необхідно дотримуватися балансу елементів живлення. Високі норми азотних добрив, внесених у ґрунт, спричиняють інтенсивніше поглинання фосфору, тому його вміст за період вегетації може суттєво знижуватися. Наведені дані підтверджені дослідом на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу, де найбільші витрати фосфору з ґрунту простежували за внесення N_{120} . Аналогічна тенденція простежувалась і для обмінного калію [50].

Покращити забезпечення рослин доступними формами фосфору можна за допомогою бактеріальних препаратів, які одночасно є елементом біологізації вирощування сільськогосподарських культур. До таких препаратів належить, наприклад, Поліміксобактерин. Бактерії, що входять до його складу, виділяють органічні кислоти, що сприяють розчиненню важкодоступних форм фосфатів у ґрунті [7].

Рекомендації норм азотних добрив суттєво різняться у науковій літературі, що, очевидно, пояснюється початковими його запасами у ґрунті, кліматичними умовами. Наприклад, у Лісостепу України на чорноземах опідзолених і темно-сірих лісових рекомендовано вносити $N_{30-45}P_{40-50}K_{40-50}$, на світло-сірих – збільшувати норму до $N_{45-60}P_{45-60}K_{45-60}$, у західних областях на дерново-підзолистих ґрунтах – $N_{60-90}P_{40-60}K_{40-60}$ [29]. Натомість дослідження на чорноземі

опідзоленому у Правобережному Лісостепу показали інші результати. Оцінка врожайності озимого ячменю сорту Дев'ятий вал показала, що культура найбільш інтенсивно реагує на внесення повного мінерального добрива, тоді як вплив фосфорних і калійних компонентів виявився мінімальним. Тривале застосування азоту в нормі N_{75} протягом двох років не спричинило зниження стійкості посівів до вилягання, що свідчить про добру адаптивність сорту до підвищеного азотного живлення. Отримані дані дають підстави вважати, що в умовах дослідів доцільно зосереджувати основну увагу на азотному удобренні озимого ячменю, тоді як фосфорні та калійні добрива раціональніше вносити під наступну культуру для відновлення балансу елементів живлення в ґрунті [32].

Дослідники з Німеччини, Польщі, США рекомендують вищі норми добрив. Наприклад, у Німеччині перше внесення азотних добрив здійснюють у другій половині січня або на початку лютого в нормі 90–130 кг/га д.р. Наступне підживлення проводять на початку стеблування, вносячи 20–25 кг/га д.р. Третю порцію азоту застосовують безпосередньо перед входом рослин у фазу колосіння, у кількості 60–80 кг/га д.р. Загалом, сумарна кількість азоту, внесеного у ґрунт становить 170–235 кг/га [46, 60]. Вчені США наголошують на доцільності внесення 135–145 кг/га азоту, з них під час сівби вносять лише 30–33 кг/га, у ранньовесняне підживлення – 55 кг/га та 60 кг/га – на початку фази трубкування [55, 59].

Дедалі частіше предметом дослідження стає позакореневе внесення мікроелементів – Zn, Mn, Cu, B, Mo. Результати польових робіт показують, що в умовах слабого мікроелементного забезпечення листові обробки підвищують виповнення зерна, масу 1000 зерен і покращують співвідношення білок/зерно. Іноді позакореневе підживлення препаратами з мікроелементами дає більший економічний ефект, ніж додаткова доза азотного добрива. Однак ефект залежить від форми мікродобрив та сумісності з інсектицидно-фунгіцидним захистом. Зазвичай хелатні форми мікроелементів є ефективнішими, оскільки краще засвоюються рослинами.

Також є дослідження, спрямовані на вивчення взаємодії мінеральних та органічних добрив при вирощуванні ячменю. Зокрема, на дослідній станції

Боровце (Болгарія) встановлено, що поєднання органічних та мінеральних добрив було позитивним у формуванні врожаю ячменю та забезпечувало приріст врожаю на рівні 7,7% (0,41 т/га), порівняно з внесенням лише мінеральних форм добрив [56].

Практика внесення розрахункових норм добрив під запланований врожай дозволяє економити ресурси та робить виробництво сільськогосподарських культур економічно вигіднішим. Зокрема, на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу найвищий врожай отримано за співвідношення між NPK 1,0 : 1,01 : 1,01. При запланованій врожайності 6 т/га за внесення $N_{114}P_{114,7}K_{114,8}$ із заданим співвідношенням макроелементів, отримано 5,81 т/га [39].

1.3. Якість зерна озимого ячменю за різних умов живлення

Для оцінки продуктивності озимого ячменю важливо брати до уваги не лише кількість вирощеного зерна, а і його якісні показники, зокрема, вміст білка та крохмалю. Концентрація білка в зерні ячменю є комплексною ознакою, яка динамічно змінюється під впливом низки абіотичних та агротехнічних факторів. Серед ключових детермінант виділяють генотип сорту та кліматичні умови [11]. Додатково на якісні характеристики зерна ячменю суттєво впливають тривалість вегетації, а також попередники у сівозміні та система удобрення [26, 35, 46].

Форми та дози внесення добрив також впливають на якісні показники зерна. Особливе значення в регулюванні накопичення білка у зерні ячменю має азотне живлення, при цьому дослідники зазначають, що існує пряма кореляційна залежність між нормою внесення азотних добрив та кінцевим вмістом білка [19, 35]. При цьому зазначається, що кількість соломи залишається на стабільному рівні або дещо знижується. Також дослідники наголошують, що збільшення норм азоту підвищує схильність рослин ячменю до вилягання, що потребуватиме додаткових витрат на рістрегулюючі препарати [27]. Тому добирати оптимальні норми азоту необхідно з урахуванням наряду використання зерна (пивоварний чи зерновий) та метеоумов. В аспекті міжвидової різниці встановлено, що за однакових технологічних умов

вироснування у вологі роки у зерні ячменю озимого спостерігається тенденція до більшого накопичення розчинних білків порівняно із зерном ячменю ярого [25].

Для південних регіонів України встановлено, що внесення азоту у два підходи (передпосівна та весняне) сприяє підвищенню натури зерна (+4...39 г/л), вмісту білка та крохмалю (+0,03...0,81%) [21]. Вищі прирости показників одержували за підживлення КАС, порівняно з аміачною селітрою.

Вивчення впливу мінеральних добрив на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу на якість зерна озимого ячменю показали, що найвагоміші зміни у показниках якості відбуваються за внесення азоту. Покращення режиму мінерального живлення озимого ячменю зумовило статистично достовірне підвищення вмісту білка в зерні. Зокрема, за відсутності регулятора росту білковість зростала від 9,9% у варіанті без добрив до 11,1% за внесення N_{75} і досягала 12,8% за норми N_{150} [32]. Системи удобрення з частковим поверненням фосфору й калію, а також азотно-калійне та азотно-фосфорне живлення не забезпечили переваг порівняно із застосуванням лише азотних добрив, що свідчить про провідну роль азоту у формуванні білкового складу зерна в умовах дослідів.

Крім норми та форм азотних добрив значення для формування якісних показників зерна мають і способи їх внесення. Зокрема, на чорноземі звичайному малогумусному кращий вплив на білковитість зерна озимого ячменю показало прикореневе підживлення азотом N_{30} – на 0,5%, а N_{60} та N_{90} – відповідно на 0,9-1,3%. При цьому внесення азоту поверхнево по мерзло-талому ґрунті було найменш ефективним [48]. Одночасно щодо впливу на натуру зерна, найкращим було позакореневе внесення азоту у кількості 60 кг/га діючої речовини, а менші та більші норми знижували цей показник.

Щодо впливу фосфору та калію на вміст білка у зерні, він менш виражений, порівняно з азотом. Зазвичай, додаткове внесення фосфору та калію не збільшує вміст білка у зерні ячменю, проте має позитивний вплив на масу 1000 зерен [35]. Аналогічно позитивний вплив на виповненість та масу 1000 зерен мають мікродобрива [20]. Також мікродобрива доцільно вносити при вирощуванні

озимого ячменю пивоварного напрямку при підвищених нормах удобрення (наприклад, при внесенні $N_{60}P_{90}K_{90}$) [12].

Дослідження залежності вмісту крохмалю від рівня удобрення озимого ячменю показують протилежну тенденцію – зі збільшенням норми азотних добрив вміст крохмалю у зерні зменшується. Це пояснюють перерозподілом вуглеводів і зміною співвідношення між білками та вуглеводами при підвищеній доступності азоту. Достатня кількість фосфору та калію, навпаки, сприяє формуванню зерна з вищим вмістом крохмалю [62].

Метеорологічні умови періоду вирощування коригують як вплив добрив, так і кінцеві показники білка й крохмалю: у посушливі роки віддача азоту на білок може зменшуватися. Нестача вологи знижує накопичення крохмалю незалежно від рівня мінерального живлення. Через це дослідження різних регіонів України демонструють значну міжрічну мінливість результатів і наголошують на необхідності локального тестування схем удобрення [35].

Отже, проаналізовані літературні джерела дають підстави стверджувати, що для високого врожаю та збалансованої якості зерна рекомендоване роздрібне внесення азотних добрив та помірні норми фосфору та калію з урахуванням ґрунтових умов, а також листові підживлення мікродобривами. При цьому добір конкретних дієвих схем повинен базуватися на дослідженнях відповідності до локальних умов.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЦЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДУ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальна характеристика та природні умови господарства

Досліди проводили на землях господарства «*****», розташованого у с. Руда Колтівська Золочівського району Львівської області. СТЗОВ «*****» засноване у 2021 р. та спеціалізується на вирощуванні зернових культур, зокрема, ячменю, пшениці.

Територія господарства, де закладено дослід, згідно зі схемою агроґрунтового районування розташована у агроґрунтовій провінції Західного Лісостепу, в межах південно-східного агроґрунтового району [1].

Рельєф представлений переважно хвилястими лесовими рівнинами, де пологі схили чергуються зі слабохвилястими вододілами. Місцями трапляються більш розчленовані ділянки, приурочені до долин малих річок і балок, що зумовлює певну мозаїчність ґрунтового покриву та інтенсивність процесів поверхневого стоку й ерозії. Ґрунти формуються в умовах доброго дренажу території.

Основними ґрунотвірними породами є леси та лесовидні суглинки, рідше – делювіальні й елювіальні відклади, сформовані на корінних карбонатних породах. Ці породи відзначаються високою пористістю, здатністю до акумуляції вологи й легкістю руйнування, що сприяє формуванню глибоких, добре структурованих профілів ґрунтів. Карбонатність материнських порід у поєднанні з достатнім зволоженням зумовлює розвиток процесів вилугування та гумусонагромадження [14].

Первинний рослинний покрив був представлений грабово-дубовими та дубово-сосновими лісами, а також лучно-степовими угрупованнями на відкритих ділянках. Лісова рослинність збагачувала ґрунт органікою, формуючи характерний для регіону збалансований гумусовий профіль із високим вмістом гумінових кислот та середньо- або слабокислою реакцією ґрунтового розчину.

Антропогенна трансформація території є значною, оскільки більшість площ розорана і використовується в сільськогосподарському виробництві. Інтенсивна оранка, застосування мінеральних добрив, зміна водного режиму та вирубування лісів призвели до певного погіршення структури ґрунтів, зниження вмісту гумусу та посилення ерозійних процесів, особливо на схилах [23, 45].

2.2. Кліматичні особливості та метеорологічні умови періоду досліджень

Кліматичні умови західної частини Лісостепу України, де розташоване досліджуване господарство, загалом є сприятливими для вирощування озимого ячменю. Середньорічна температура повітря коливається в межах 7,0–7,5°C, а річна сума атмосферних опадів становить 650–700 мм, причому близько 70% їх припадає на літній період [14]. М'які зими із достатнім сніговим покривом знижують ризик вимерзання посівів, тому загибель рослин від дії від'ємних температур зазвичай не перевищує 12%. Водночас у зимовий період потенційну небезпеку становлять тривалі періоди морозів зі зниженням температури повітря до –12...–15°C, що може негативно позначатися на перезимівлі культури.

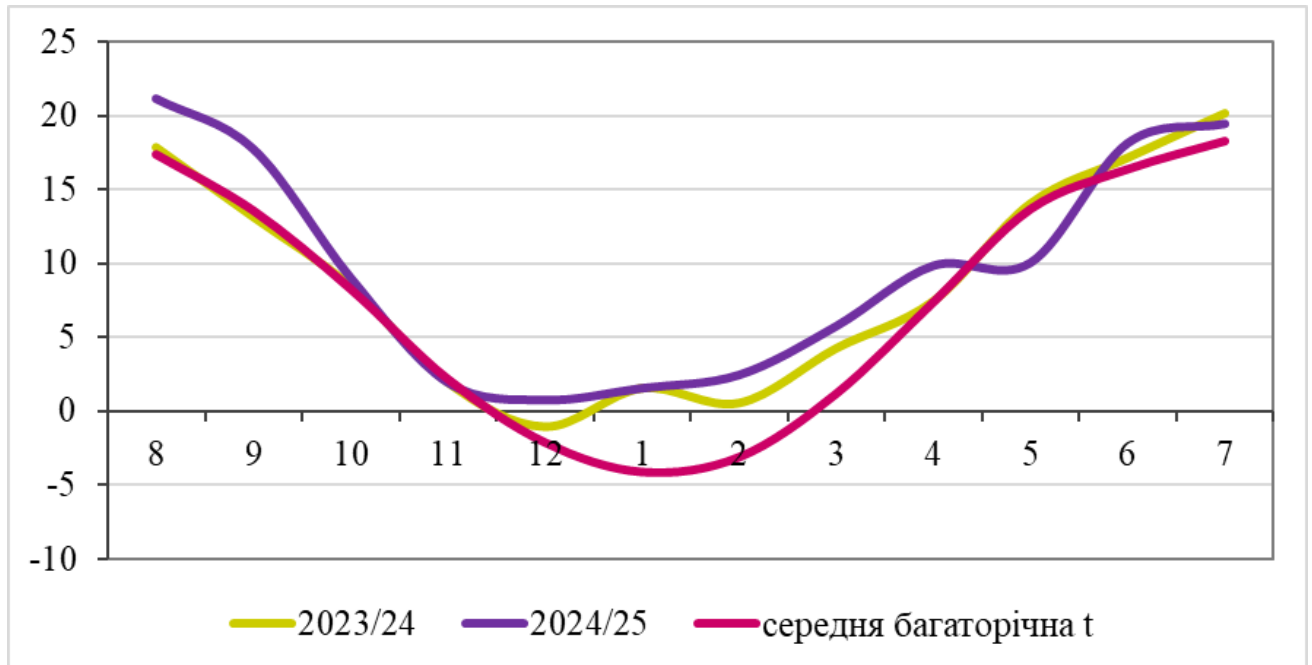
Поєднання помірного теплового режиму та стабільного водозабезпечення створює сприятливі умови для інтенсивного перебігу ґрунтоутворних процесів гумусоутворення та опідзолення.

Показники температури та рівень зволоження коливаються за роками, що ми простежували у період проведення дослідів [44].

На основі наведених температурних даних встановлено виразні відмінності термічного режиму у сезонах 2023/24 та 2024/25 років, що істотно впливало на перебіг зимівлі, весняного відновлення вегетації та формування врожайності озимого ячменю.

У сезоні 2023/24 середньомісячна температура в більшості періодів була близькою до багаторічної норми, переважно перевищуючи її на 0,1–1,5°C. Осінній період характеризувався помірно теплими умовами: у серпні (+0,50°C), вересні (–0,40°C) та жовтні (+0,20°C) різкі коливання були відсутні, що сприяло рівномірному проростанню та формуванню 3–4 листків до входження у зиму

(рис. 2.1). Важливим було вище норми підвищення температури у січні (+5,70°C) та лютому (+3,70°C), що забезпечило м'яку зимівлю та мінімізувало ризики вимерзання. Ранньовесняний період також був теплішим за норму: у березні температура перевищувала багаторічні показники на 3,10°C, а в квітні – на 0,10°C, що сприяло інтенсивному відновленню вегетації, активному куцненню та подовженню тривалості фотосинтетично активного періоду. Літні місяці



(травень–липень) були близькими до середніх значень, із незначними відхиленнями, що забезпечило стабільний налив зерна. У підсумку середньорічна температура становила 8,8°C, що лише на 1,4°C вище норми, тобто коливання були відносно помірними.

Рисунок 2.1 – Середньомісячні температури повітря у період досліджень

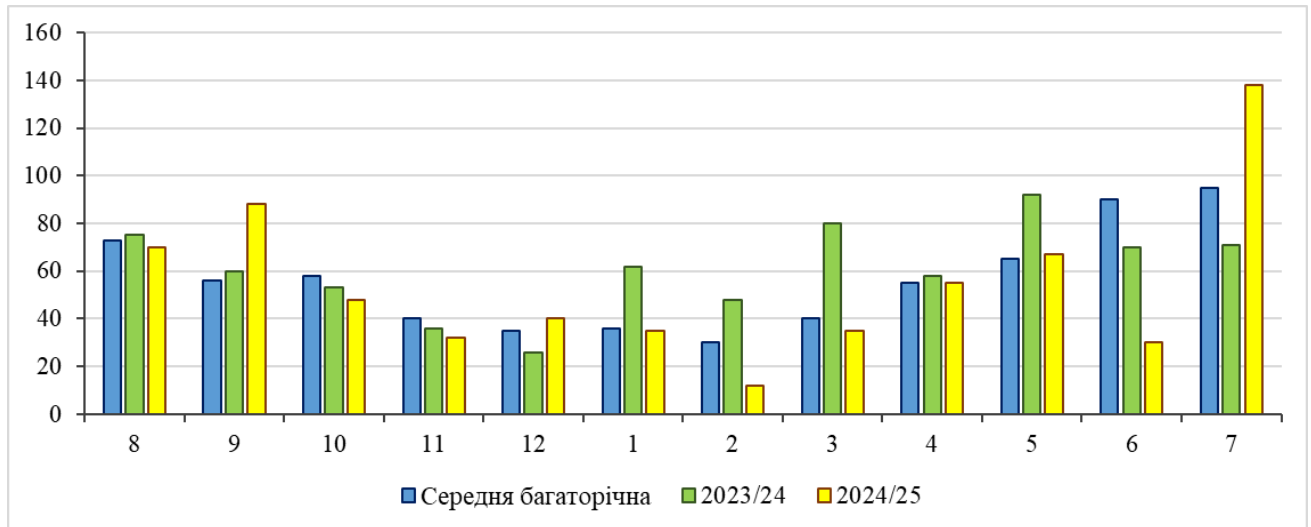
На відміну від цього, сезон 2024/25 характеризувався значно вищими позитивними аномаліями, що проявилися вже у серпні (+3,80 °C) та вересні (+4,20°C). Такі умови могли прискорювати фенологічні процеси, що інколи спричиняє переростання рослин, підвищення ризику ураження хворобами та нерівномірність куцнення. Жовтень та листопад були ближчими до норми, однак грудень знову характеризувався різким підвищенням температури (+2,90°C). Зимові місяці були аномально теплими: січень (+5,70°C) і лютий (+5,60°C)

суттєво перевищували норму, що могло призводити до часткового перезволоження ґрунту, відновлення вегетації за несприятливої фотоперіодичності та підвищення ризику випрівання. Весняний період також вирізнявся підвищеною температурою: березень (+4,60°C) та квітень (+2,50°C), що сприяло швидкому відновленню ростових процесів, але у поєднанні з нестачею вологи (що видно з попередньої таблиці) могло обмежувати кущення. У травні відзначено зниження температури відносно норми (-3,60°C), що уповільнювало темпи розвитку та могло негативно позначитися на формуванні колосу. Червень та липень, навпаки, були помірно теплими. Середньорічна температура у сезоні 2024/25 становила 9,9°C, що на 2,44°C вище багаторічної норми – тобто рік був істотно теплішим.

Загалом, більш стабільний та агрономічно оптимальний термічний режим сезону 2023/24 сприяв рівномірній вегетації, доброму укоріненню до зими та оптимальному розвитку генеративних органів навесні. У сезоні 2024/25 значне підвищення температур, особливо восени та взимку, створювало ризики порушення процесів загартування, а поєднання теплої весни з дефіцитом опадів могло обмежувати кущення та формування колосу. Таким чином, термічний режим сезону 2023/24 був загалом більш сприятливим для озимого ячменю, тоді як 2024/25, попри тепло, потенційно знижував продуктивність через поєднання теплих, але посушливих умов у ключові фази розвитку.

У розподілі опадів встановлено істотні відмінності між сезонами 2023/24 та 2024/25 років, що визначало умови росту та розвитку озимого ячменю. У сезоні 2023/24 сумарна кількість опадів за вегетаційний період становила 731 мм, що на 58 мм вище за багаторічну норму (рис. 2.2). Найбільші позитивні відхилення спостерігалися у вересні (+4 мм), березні (+40 мм), квітні (+27 мм) та травні (+18 мм), що забезпечило достатнє зволоження в осінній період укорінення та в ранньовесняний період кущення й відновлення вегетації. У другій половині літа, навпаки, зафіксовано дефіцит опадів (червень -20 мм, липень -24 мм), що могло дещо стримувати налив зерна, однак не мало критичної дії через своєчасне зволоження у попередні місяці.

У сезоні 2024/25 сумарні опади становили 693 мм, що лише на 20 мм більше за норму, але їхній розподіл був контрастним. Високі відхилення зафіксовані у вересні (+32 мм), грудні (+5 мм), січні (+18 мм), що створювало сприятливі



умови для осіннього укорінення та зимівлі. Водночас істотний дефіцит вологи спостерігався у березні (-5 мм), квітні (-18 мм), травні (-10 мм) та червні (-60 мм), тобто в ключові фази весняного кущення, виходу в трубку та наливу зерна. Липень, навпаки, характеризувався різко підвищеною кількістю опадів (+86 мм), що припало вже на період дозрівання, коли надмірна вологість може лише ускладнювати збирання, але не компенсує дефіцит у критичні фази формування продуктивності.

Рисунок 2.2 – Розподіл опадів за період досліджень

Загалом, більш рівномірний та агрономічно сприятливий режим зволоження у сезоні 2023/24 забезпечував оптимальні умови для формування продуктивних стебел та наливу зерна. Натомість значні весняно-літні дефіцити вологи в сезоні 2024/25, особливо у квітні–червні, могли призвести до зниження маси 1000 зерен та формування меншого врожаю озимого ячменю порівняно з попереднім роком.

2.3. Методика досліджень

Проведення дослідів передбачало закладання таких варіантів:

1. контроль – без добрив;
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$;

3. $N_{90}P_{60}K_{60}$;

4. $N_{120}P_{60}K_{60}$;

Полюві досліді закладали за стандартними методиками дослідної справи з дотриманням повторності та контролю. Розмір посівної ділянки 70 м^2 ($5 \times 14\text{ м}$) і облікової – 50 м^2 ($5 \times 10\text{ м}$), ширина захисних смуг між варіантами – 2 м. кінцевих – 5м. Дослід закладено у 3-разовій повторності з систематичним розміщенням ділянок.

Повну норму фосфору та калію вносили під основний обробіток: фосфор – у формі суперфосфату потрійного (P_2O_5 – 46%), калій – хлористого калію (K_2O – 60%). Стартову дозу азотних добрив восени (N_{15-20}) вносили у формі аміачної селітри. Решту азоту вносили у підживлення ранньою весною (N_{35-50}) та у фазу виходу в трубку (N_{35-50}). Для підживлення використовували КАС-32.

Метою досліджень було передбачено проведення лабораторних аналізів як ґрунту, так і зразків зерна озимого ячменю. Для цього відповідно до прийнятих методик нами відібрано зразки ґрунту (ДСТУ ISO 11464-2001) та рослинної продукції. У ґрунтових зразках аналізували гранулометричний склад, показники щільності, кислотності, вміст гумусу, суму ввібраних основ. Усі аналізи виконано згідно з прийнятими методиками [4, 8, 10]. Методом розрахунку обчислено запаси гумусу, ступінь насичення основами, загальну шпаруватість. Характеристика поживного режиму базується на визначенні вмісту легкогідролізного азоту (за Корнфілдом), рухомого фосфору та обмінного калію (за Чиріковим в модифікації ННЦ ІГА).

Впродовж періоду досліджень проводили спостереження за розвитком рослин та станом посівів. У відібраних зразках рослинної продукції визначали параметри структури врожаю та озерненості колоса (середню довжину колоса, кількість колосків та масу зерен в одному колосі). Зерно озимого ячменю характеризували якісними показниками – вмістом білка (визначали за Берштейном) та крохмалю (поляриметричним методом за Еверсом). Облік врожаю проводили суцільним методом обмолочування і зважування зерна з кожного варіанту. Отримані результати опрацьовано з використанням методу дисперсійного аналізу. Також обчислено показники економічної та енергетичної

ефективності пропонованих систем удобрення. Розрахунки біоенергетичної ефективності застосування різних норм мінеральних добрив під озимий ячмінь проводили за методикою О. М. Медведовського.

2.4. Агротехніка вирощування та характеристика сорту

Після збирання ріпаку озимого, поле мало мінімальну кількість грубих рослинних решток, що сприяє якісній підготовці ґрунту під озимий ячмінь. Першим прийомом було луцення стерні дисковими агрегатами на глибину 6–8 см для знищення падалиці ріпаку, руйнування капілярів та активації мікробіологічних процесів. Через 10–12 днів проведено основний обробіток ґрунту – чизельне розпушування на 28–32 см, що особливо важливо для темно-сірих опідзолених ґрунтів, схильних до ущільнення. Такий обробіток покращує водопроникність, забезпечує розвиток кореневої системи й створює рівномірний орний шар без плужної підшви. Перед сівбою проводили передпосівну культивування на 6–8 см з ретельним вирівнюванням поверхні.

Сівбу озимого ячменю Монро проводили в оптимальні терміни 20–25 вересня, які для цього регіону є найбільш сприятливими з огляду на формування достатньої кількості пагонів восени та якісну перезимівлю. Норма висіву – 3,4–3,8 млн схожих зерен/га (приблизно 160 кг/га залежно від маси 1000 зерен). Глибина загортання насіння – 3–4 см, міжряддя 12,5 см.

Насіння протруєне системними протруйниками проти сажкових хвороб і кореневих гнилей, з використанням препарату Селест Топ на основі флудіоксонілу. Після появи сходів у вересні–жовтні та моніторингу бур'янів застосовували гербіциди Діален супер та Аксіал, що ефективні проти злакових і дводольних бур'янів, які активно конкурують із озимим ячменем на ранніх етапах.

Фунгіцидний захист для регіону досліджень є важливим елементом технології, оскільки клімат регіону сприяє розвитку хвороб листового апарату – борошнистої роси, сітчастої плямистості, ринхоспоріозу. Перше внесення фунгіциду проводили у фазі кущення препаратами Фолікур на основі тебуконазолу. Друге внесення – у фазу прапорцевого листка – спрямовували на захист найбільш продуктивних листків і використовували препарат Амістар

Екстра. Інсектицидні обробки здійснювали ранньою весною проти п'явиць і попелиць препаратом Карате.

За інтенсивного удобрення та ризику вилягання застосовували регулятор росту. У фазу кущення вносили препарат Церон (хлормекват-хлорид) у нормі 1,0–1,2 л/га. Це забезпечило міцність стебла, рівномірність посівів та зменшило втрати під час збирання.

Збирання проводили при вологості зерна 14–16%, використовуючи пряме комбайнування. Сорт Монро характеризується міцною соломиною та однорідним дозріванням, тому оптимальні строки збору дозволили уникнути втрат та зберегти якість зерна.

У досліді висівали сорт озимого ячменю Монро, зареєстрований в Україні у 2018 році, належить до пивоварного напрямку використання та характеризується комплексом морфобіологічних і господарсько цінних ознак, що зумовлюють його придатність до вирощування в умовах Лісостепу та Степу України [17]. Рослини сорту формують інтенсивний ріст восени, що забезпечує оптимальний рівень розвитку до настання зимового періоду. Висока зимостійкість (9 балів) зумовлена здатністю рослин формувати добре розвинений вузол кущення та накопичувати необхідні запасні речовини, що мінімізує ризики пошкодження під час перезимівлі.

Стебла рослин мають середню висоту 67–76 см, характеризуються підвищеною стійкістю до вилягання та формують вирівняний стеблостій. Колос дворядний, щільний, з високою озерненістю. Зерно велике, з масою 1000 зерен 48–50 г і підвищеною натурою, що відповідає технологічним вимогам пивоварної промисловості. Характерною ознакою сорту є стабільні показники хімічного складу зерна: вміст білка становить 12,1–13,3 , що сприяє утворенню високоякісного солоду з належною екстрактивністю.

Потенціал урожайності сорту знаходиться в межах 4,5–8,5 т/га, а за інтенсивних технологій вирощування може перевищувати 9 т/га. Сорт проявляє комплексну стійкість до основних збудників хвороб озимого ячменю. Оцінки стійкості на рівні 8–9 балів встановлено щодо борошнистої роси, ринхоспоріозу, сітчастої плямистості, бурої іржі. Толерантність до вірусу жовтої карликовості та середня стійкість до снігової плісняви додатково підвищують екологічну

адаптивність сорту. Сорт Монро ефективно реагує на оптимізовані мінеральні системи удобрення, насамперед на збалансовані дози азоту, що забезпечує реалізацію його генетично зумовленого потенціалу продуктивності. Завдяки поєднанню високої адаптивності, продуктивності та якісних показників зерна сорт є перспективним для використання у товарному та спеціалізованому пивоварному виробництві.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ВРОЖАЙ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ МОНРО

3.1. Генетична будова та фізичні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту

Генетичний профіль темно-сірого опідзоленого ґрунту формується під впливом таких процесів ґрунтоутворення як дерновий, підзолистий, лесиваж, інколи у поєднанні з оглеєнням. Профіль чітко диференційований на генетичні горизонти, характеризується перерозподілом мулистій фракції та, відповідно, різною щільністю генетичних горизонтів.

Генетична будова досліджуваного ґрунту відповідає особливостям підтипу темно-сірих опідзолених ґрунтів.

He _{op} 0–30 см	– темно-сірий або сірувато-чорний у вологому стані, структура дрібногрудкувата, стійка, пухкий, пористий, рясно пронизаний корінням рослин, присипка SiO ₂ , перехід до наступного горизонту поступовий, хвилястий;
He _{iп/or} 30–43 см	– сірувато-сірий, злегка знебарвлений, структура дрібногрудкувата менш стійка, частково розпилена, світлі плями присипки SiO ₂ , коренів менше, перехід до горизонту I _{eh} помітний, за зміною кольору та щільності;
I _{eh} 43–65 см	– буро-коричневий колір, структура призматична, щільний, з вираженою орієнтацією глини, на поверхнях структурних окремоностей чітко помітні кутани, вміст глинистих фракцій підвищений, ущільнення зростає вниз, перехід до I поступовий
I _{gl} 65–100 см	– бурувато-сірий, світліший, ніж I _{eh} , структура призматична, перехідна до брилуватої, щільний, у нижній частині трапляються окремі включення материнської породи, наявні ознаки оглеєння у формі дрібних вохристих плям, перехід поступовий;

P_{gl} – лесовидний суглинок жовтувато-бурого кольору; структура >100 см брилувата, сухий матеріал легко розсипається, карбонати з'являються на глибині більш як 110 см, сліди біогенної діяльності слабкі.

За гранулометричним складом ґрунт крупнопилувато-легкосуглинковий. Частка фізичної глини (<0,01 мм) у профілі змінюється в межах 27,2-38,0%. Легкосуглинковий склад забезпечує оптимальне поєднання водопроникності, вологоутримувальної здатності та аерації. Така текстура сприяє формуванню розгалуженої кореневої системи та забезпечує достатню доступність елементів живлення, особливо в критичний осінній період укорінення та кущення [37]. По всьому профілю переважає фракція крупного пилу (0,05-0,01 мм) – 56,5-63,8%. Підвищений вміст пилу може бути причиною запливання поверхні ґрунту після дощу та формування кірки при висиханні. Вміст мулу в орному горизонті найменший 9,9% та поступово зростає з глибиною, досягаючи максимуму в ілювіальному горизонті. Вміст піщаної фракції становить 5,5–10,8%, її розподіл у профілі протилежний до розподілу мулу.

Для оцінки придатності ґрунту для вирощування озимого ячменю здійснено аналіз показників загальних фізичних властивостей – щільності твердої фази та будови, загальної шпаруватості.

Щільність твердої фази у всіх генетичних горизонтах перебуває в межах 2,41–2,54 г/см³, що є типовим показником для мінеральних суглинкових ґрунтів, багатих на первинні й вторинні силікати. Показник є стабільним по профілю і відображає мінералогічний склад, що практично не змінюється з глибиною.

Щільність будови зростає від 1,28 г/см³ у гумусовому горизонті до 1,60 г/см³ у ґрунтотворній породі. Найменша щільність у горизонті He_{op} . Підорний горизонт $He_{п/ор}$ має дещо більшу щільність (1,40 г/см³), що характерно для зон часткового опідзолення й оглинення, а також може бути результатом обробітку ґрунту на певну глибину впродовж тривалого часу. У горизонтах I_{ch} , I_{gl} , P_{gl} показники становлять 1,42–1,60 г/см³, що вказує на ущільнення та менш сприятливі для аерації умови.

Таблиця 3.1 – Фізичні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту

Горизонт	Глибина відбору зразка	Щільність твердої фази, г/см ³	Щільність будови, г/см ³	Шпаруватість, %
He _{op}	0–30	2,41	1,28	46,9
He _{iII/op}	30–43	2,43	1,40	42,4
I _{eh}	43–65	2,48	1,42	42,2
I _{gl}	65–100	2,49	1,52	38,9
P _{gl}	105–115	2,54	1,60	37,0

Шпаруватість профілю закономірно зменшується від 46,9% у верхньому гумусовому шарі до 37,0% у материнській породі. Значення понад 45% у орному шарі вважається оптимальним для культур зернової групи, забезпечуючи сприятливий повітряно-водний режим і активний розвиток кореневої системи. У середній частині профілю шпаруватість знижується до 38–42%, що може обмежувати водопроникність та газообмін, особливо у періоди надлишкового зволоження.

Оптимальні показники щільності будови у верхньому горизонті створюють сприятливі умови для проростання насіння озимого ячменю, формування первинних коренів і початкового кущення. Шпаруватість близько 47% забезпечує достатній об'єм повітря й води в ґрунтових шпарах, що особливо важливо в осінній період, коли рослини потребують інтенсивного дихання коренів і активного надходження елементів живлення.

Ущільнення в горизонтах нижче 40 см може обмежувати заглиблення коренів у весняний період, що зменшує здатність рослин використовувати вологу зі значних глибин. Для озимого ячменю, який має відносно слабку кореневу систему порівняно з озимою пшеницею, це може підвищувати ризики формування меншої кількості продуктивних стебел у посушливі фази. Зниження шпаруватості нижче 40% у підорних горизонтах може сприяти періодичному

застою води ранньою весною та створювати анаеробні умови, що негативно впливає на кореневу систему та мікробіологічні процеси.

Загалом, фізичні властивості та гранулометричний склад темно-сірого опідзоленого ґрунту господарства відповідає потребам озимого ячменю.

3.2. Фізико-хімічні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту

Для того, щоб підібрати оптимальні технології вирощування сільськогосподарських культур, важливо враховувати фізико-хімічні властивості ґрунту. Від вмісту гумусу, реакції середовища залежить правильний вибір форм добрив, способів та термінів їх внесення.

Темно-сірий опідзолений ґрунт характеризується помірним вмістом гумусу у верхньому горизонті та поступовим його зменшенням із глибиною. У горизонті He_{op} вміст гумусу становить 3,12%, що забезпечує достатню стабільність структурних агрегатів і сприятливі умови для накопичення поживних елементів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні властивості темно-сірого опідзоленого грубопильово-легкосуглинкового ґрунту

Горизонт	Глибина взяття зразка	Вміст гумусу, %	pH_{KCl}	Гідролітична кислотність, ммоль / 100 г ґрунту	Сума ввібраних основ, ммоль / 100 г ґрунту	Ступінь насичення ґрунтів основами, %
He_{op}	0–30	3,12	6,63	2,65	18,84	87,7
$He_{i_{п/ор}}$	30–43	2,26	6,68	2,37	19,15	89,0
I_{eh}	43–65	1,08	6,44	2,06	17,55	89,5
I_{gl}	65–100	0,36	6,40	2,40	18,00	88,2
P_{gl}	105–115	-	6,48	2,58	19,46	88,3

У горизонтах $He_{i_{п/ор}}$ і I_{eh} вміст гумусу знижується до 2,26 та 1,08%, а в горизонті I_{gl} його кількість є мінімальною – 0,36%, що є типовою рисою

опідзолених ґрунтів. Для озимого ячменю це означає, що рослина формує більшу частину кореневої маси у верхньому 20–30-сантиметровому шарі, де є основні запаси поживних елементів, тоді як у нижчих горизонтах живлення значно обмежене.

Показники кислотності свідчать про слабокислу реакцію середовища досліджуваного ґрунту: рН сольової витяжки коливається в межах 6,40–6,68, що є оптимальним значенням для озимого ячменю. У таких умовах рослини ефективно засвоюють основні елементи живлення – азот, фосфор, калій, а також кальцій та магній [16]. Слабокислий діапазон рН поліпшує доступність фосфору, що особливо важливо для розвитку кореневої системи на ранніх етапах розвитку рослин ячменю та для формування продуктивного стебла.

Гідролітична кислотність зменшується в напрямку від поверхневого до ілювіального горизонту – від 2,65 ммоль/100 г ґрунту у He_{op} до 2,06–2,58 ммоль у нижчих горизонтах. Це свідчить про невисокий рівень обмінної кислотності та незначну кількість увібраних катіонів Гідрогену та Алюмінію. Такий рівень кислотності не викликає токсичної дії на корені ячменю, забезпечує стабільне функціонування кореневої системи та ефективне засвоєння основних макроелементів [6].

Сума ввібраних основ у верхніх горизонтах змінюється в межах 17,55–19,51 ммоль/100 г ґрунту, що відповідає середньому рівню забезпеченості катіонами кальцію, магнію, калію та натрію. Найвищі значення фіксуються в перехідних горизонтах – до 19,51 ммоль/100 г у $He_{п/ор}$ та 19,46 ммоль/100 г у горизонті Р. Достатнє насичення ґрунтового вбирного комплексу основами сприяє формуванню оптимальної структури ґрунту та стабільності агрегатів, особливо важливих для ячменю, який є вибагливим до повітряно-водного режиму. За величиною кислотності та сумою ввібраних основ можна констатувати, що ґрунт не потребує вапнування.

Ступінь насичення основами у всіх горизонтах залишається високим – 87,7–89,5%, що є позитивною властивістю цього ґрунту. Такий показник свідчить про значну частку увібраних кальцію та магнію, що забезпечує нейтралізацію кислотності, сприяє структуроутворенню та створює сприятливе середовище для

грунтових мікробіологічних процесів. Для озимого ячменю це особливо важливо, оскільки культура чутлива до зниження насиченості основами.

Загалом, фізико-хімічні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту можна оцінити як сприятливі для вирощування озимого ячменю. Помірний вміст гумусу забезпечує достатню ємність катіонного обміну та здатність ґрунту утримувати поживні елементи у доступних формах. Слабокисле середовище і невисока гідролітична кислотність створюють оптимальні умови для засвоєння елементів живлення та активності ґрунтової мікрофлори. Високий рівень насичення основами підтверджують добрий хімічний стан ґрунту та його буферні властивості. Сукупність цих характеристик сприяє формуванню добре розвиненої кореневої системи, достатнього кущення та стабільного наливу зерна.

3.3. Поживний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних схем удобрення озимого ячменю

Поживний режим темно-сірих опідзолених ґрунтів формується в умовах помірного гумусонакопичення, промивного типу водного режиму, слабокислої або близької до нейтральної реакції середовища. Для нього характерна виражена нестабільність та залежність від ступеня окультурення ґрунтів та комплексу агротехнічних заходів, зокрема, удобрення.

Перед закладанням досліду поживний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту на дослідному полі характеризувався такими показниками: легкогідролізного азоту в орному шарі містилося 118 мг/кг, рухомого фосфору – 105 мг/кг, обмінного калію – 128 мг/кг. Відповідно до цих показників, рівень забезпечення ґрунту азотом визначено як низький, фосфором – підвищений та калієм – високий [49].

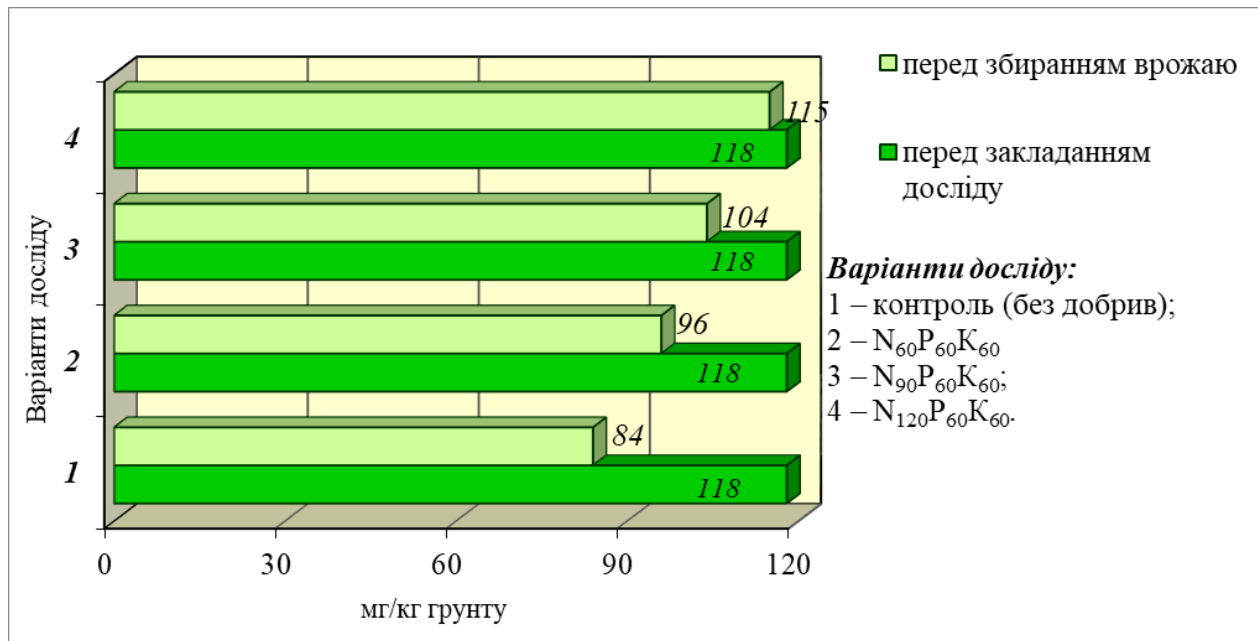
Рівень забезпечення ґрунту легкогідролізним азотом наприкінці вегетації закономірно зменшується порівняно з вихідним у всіх варіантах удобрення, що зумовлено високою інтенсивністю його споживання рослинами упродовж періоду росту. У контролі, де добрива не застосовувалися, вміст азоту знижується найістотніше – до 84 мг/кг ґрунту, що свідчить про виснаження ґрунтових запасів та активне використання ґрунтової мінеральної фракції для

формування врожаю. Внесення N_{60} забезпечує помірне зменшення кількості азоту завдяки частковій компенсації потреб рослин за рахунок добрив. У варіантах із внесенням N_{90} і N_{120} фіксується більша стабільність азотного режиму: попри високий рівень винесення, залишкові концентрації є вищими порівняно з контролем і варіантом N_{60} .

Таблиця 3.3 – Поживний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних норм удобрення озимого ячменю

Варіанти дослідів	До закладання дослідів			Вміст у ґрунті перед збиранням врожаю		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1. Контроль (без добрив)	118	105	128	84	90	98
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$	118	105	128	96	108	112
3. $N_{90}P_{60}K_{60}$	118	105	128	104	106	108
4. $N_{120}P_{60}K_{60}$	118	105	128	115	105	106

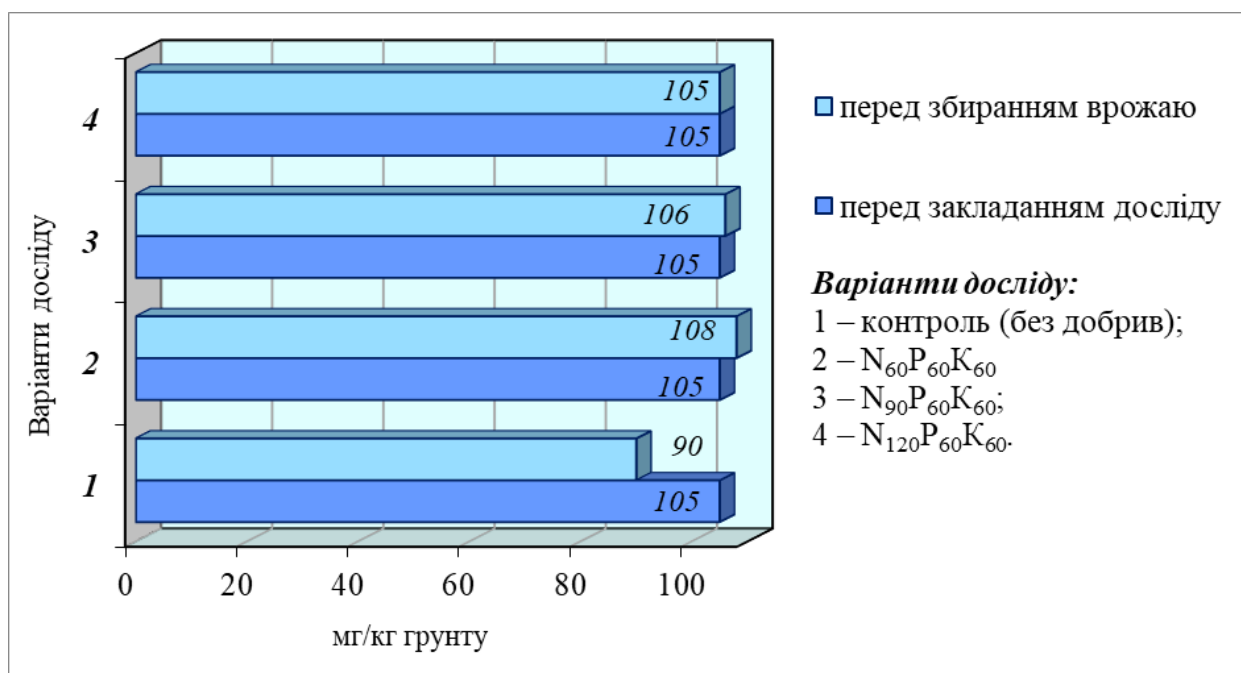
Це свідчить про оптимізацію азотного живлення, що зменшує ризики азотного голодування у критичні фази – вихід у трубку та формування репродуктивних органів. Проте при N_{120} тенденція до часткового накопичення доступного азоту наприкінці вегетації вказує на можливість невеликого надлишку, що узгоджується з відомими даними про зниження коефіцієнта



використання азоту за високих норм.

Рисунок 3.1 – Динаміка легкогідролізного азоту за період вегетації за різних норм удобрення

Динаміка фосфору також демонструє загальне зниження його концентрації, однак масштаби цього процесу суттєво різняться залежно від рівня удобрення. У контролі спостерігається максимальне зменшення рухомих форм фосфору (до 90 мг/кг ґрунту), що є результатом інтенсивного винесення елемента з ґрунту в умовах відсутності його надходження з добривами, що типово для фосфордефіцитних темно-сірих опідзолених ґрунтів. Внесення P_{60} дозволяє істотно стабілізувати фосфатний режим: у варіантах $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$ та $N_{120}P_{60}K_{60}$ зниження рухомого фосфору є помірним і залишається в межах



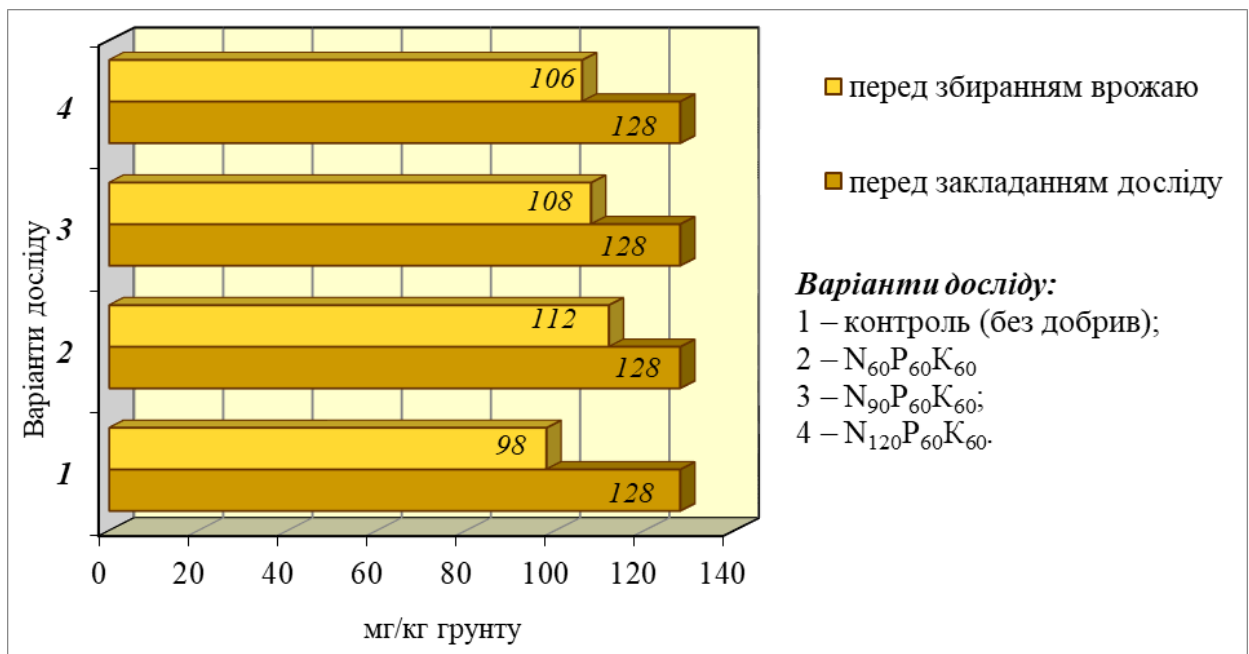
середнього рівня забезпечення (105–108 мг/кг ґрунту).

Рисунок 3.2 – Динаміка рухомого фосфору за різних норм мінерального живлення озимого ячменю

З огляду на те, що фосфор має низьку мобільність у ґрунті та бере участь у процесах енергетичного балансу рослин, такі дані свідчать, що застосування P_{60} є достатнім для забезпечення потреб озимого ячменю навіть за підвищених доз азоту. Відсутність тенденції до накопичення у варіантах із високими азотними нормами підтверджує узгодженість дози фосфору з потенціалом культури.

Забезпечення ґрунту обмінним калієм характеризується відносно меншою варіабельністю порівняно з азотом і фосфором, що відповідає властивостям темно-сірих опідзолених ґрунтів, у яких калій зазвичай перебуває на середньому

або підвищеному рівні. У контролі вміст калію знижується (98 мг/кг ґрунту), але залишається достатнім для задоволення мінімальних фізіологічних потреб культури. У всіх варіантах із внесенням K_{60} концентрація калію перед збиранням вища порівняно з контролем (106–112 мг/кг ґрунту), що свідчить про часткове поповнення запасів і значно слабший дефіцит навіть за умов інтенсивного виносення. Це важливо, оскільки калій регулює водний режим рослин, стійкість до посухи та морозів, а також бере участь у формуванні маси 1000 зерен і якості



СОЛОМИ.

Рисунок 3.3 – Динаміка рухомого фосфору за різних норм мінерального живлення озимого ячменю

Відсутність суттєвих відмінностей між варіантами N_{60-120} за умови однакової дози калію підтверджує, що потреби озимого ячменю у цьому елементі повністю забезпечені на рівні K_{60} та не вимагають коригування залежно від азотного навантаження.

Загалом тенденції динаміки елементів живлення вказують на закономірний характер їхнього споживання та демонструють ефективність запропонованої системи удобрення, яка забезпечує збалансоване живлення озимого ячменю та підтримання стабільного поживного режиму ґрунту. Внесення помірних і підвищених норм азоту при сталих кількостях фосфору й калію оптимізує

живлення культури, не спричиняючи надмірного виснаження ґрунту, що важливо для подальшого збереження родючості в умовах польової сівозміни.

3.4. Вплив удобрення темно-сірого опідзоленого ґрунту на польову схожість та виживання рослин озимого ячменю

Одним із вагомих показників початкового розвитку культури є польова схожість насіння. Її рівень значною мірою визначається умовами вологозабезпечення та термічним режимом ґрунту, а також низкою агротехнічних чинників, наприклад, оптимальними строками сівби, стартовим вмістом елементів живлення. Польова схожість визначає формування майбутньої продуктивності озимого ячменю, оскільки в реальних польових умовах на неї одночасно впливає комплекс зовнішніх факторів. Серед них провідне значення мають температура та вологість ґрунту, які здатні як покращувати, так і обмежувати появу дружних і вирівняних сходів [40].

Польова схожість озимого ячменю у 2024–2025 роках демонструє чітку залежність від варіанта удобрення та загальних погодних умов, що впливали на проходження початкових етапів органогенезу. Загалом вищі показники спостерігалися у 2024 році, коли умови осіннього періоду були більш сприятливими: оптимальна температура ґрунту в період сівби, достатня вологість та відсутність значних коливань температури після появи сходів. Це забезпечило рівномірне проростання насіння, формування дружних сходів і мінімальний вплив абіотичних стресів. У 2025 році польова схожість була нижчою у всіх варіантах, що пов'язано зі зниженням температури після сівби та локальною нестачею вологи в орному шарі, що погіршило умови набухання та проростання насіння.

За відсутності удобрення польова схожість знижується істотніше, ніж у варіантах із внесенням мінеральних добрив. Показники 79,5% у 2024 році та 76,8% у 2025 році відображають обмежений рівень доступного азоту (табл. 3.4), який відіграє ключову роль у формуванні ранніх проростків, а також слабшу стійкість насіння до стресових факторів. Це підтверджує важливість фонового удобрення для забезпечення оптимальних початкових умов росту.

Внесення повного мінерального добрива на рівні $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло підвищенню польової схожості на 5,4–9,6% порівняно з контролем. Це пояснюється позитивним впливом фосфору на розвиток кореневої системи у початковій фазі та кращим розвитком кореневих проростків.

Таблиця 3.4 – Польова схожість насіння озимого ячменю, % (2024–2025 р.)

Варіанти дослідів	Польова схожість			Густота рослин, шт./м ²		
	2024 р.	2025 р.	Середнє	2024 р.	2025 р.	Середнє
1. Контроль (без добрив)	79,5	76,8	78,2	302	292	297
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$	85,5	84,1	84,8	325	320	322
3. $N_{90}P_{60}K_{60}$	89,8	87,9	88,8	341	334	338
4. $N_{120}P_{60}K_{60}$	88,4	86,0	87,2	336	327	331

У варіанті $N_{90}P_{60}K_{60}$ спостерігається найвищий рівень польової схожості серед варіантів удобрення – 89,8% у 2024 році та 87,9% у 2025 році. Оптимальна доза азоту у цьому варіанті забезпечує активний синтез білків та ферментних систем, що підвищує життєздатність проростків, але не створює ризику надмірного азотного навантаження, яке може знижувати стійкість молодих рослин.

У варіанті з внесенням $N_{120}P_{60}K_{60}$ польова схожість дещо нижча, ніж при $N_{90}P_{60}K_{60}$. Це узгоджується з відомими літературними даними, згідно з якими надмірність азоту на ранніх етапах може провокувати слабшу стійкість проростків до коливань температури та підвищувати ризик розвитку хвороб сходів.

Густота рослин у період повних сходів змінювалася залежно від показника польової схожості та відображена на рисунку 3.4. Найнижчі значення густоти отримано у контрольному варіанті, де у 2024 році показник становив 302 шт./м², а у 2025 – 292 шт./м². Середня густота для цього варіанта – 297 шт./м², що підтверджує недостатність природного поживного забезпечення темно-сірого опідзоленого ґрунту для формування повноцінного посіву. Максимальні значення густоти отримано у варіанті з підвищеною нормою азоту ($N_{90}P_{60}K_{60}$), де

в обидва роки густина перевищувала 330 шт./м², а середній показник становив 338 шт./м². Це вказує на оптимальний баланс між азотним живленням і загальним рівнем мінерального забезпечення рослин на темно-сірих опідзолених ґрунтах. Варіант із найвищою нормою азоту (N₁₂₀P₆₀K₆₀) дещо поступався попередньому: 336 шт./м² у 2024 р. та 327 шт./м² у 2025 р. Середня густина – 331 шт./м². Така динаміка свідчить, що надмірне азотне живлення не завжди сприяє підвищенню густоти, особливо в умовах погодного стресу, коли рослини можуть бути більш чутливими до дисбалансу елементів.

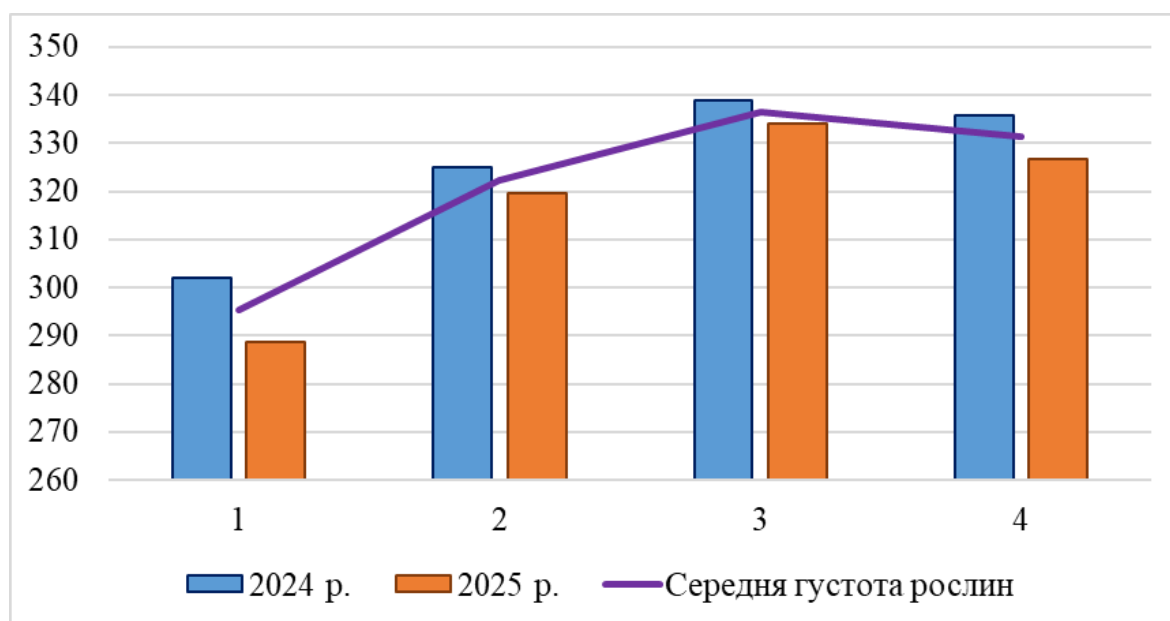


Рисунок 3.4 – Густина рослин у період повних сходів (шт./м²)

Мінеральне живлення суттєво підвищує виживання рослин в обидва роки дослідження. Варіант N₉₀P₆₀K₆₀ демонструє найвищий відсоток виживання як у сприятливий за погодними умовами рік, так і в менш сприятливий, що свідчить про оптимальний баланс забезпечення азотом, фосфором та калієм. Контрольний варіант за несприятливих умов втрачає найбільшу частку сходів, що підкреслює роль забезпечення стартового поживного фону для перезимівлі та літньої витривалості. Зокрема, на ділянці контролю перед збиранням врожаю густина рослин становила 300 шт./м² у 2024 р. та 246 шт./м² – у 2025 р. (табл. 3.5), тобто втрати, порівняно з періодом сходів становили відповідно 32 та 46 шт./м². відповідно, показник виживання рослин становив 89,4–84,2%. На ділянках, де вносили різні норми мінеральних добрив у 2024 р. густина рослин коливалась в межах 300–320 шт./м², а у 2025 р. – 288–307 шт./м². Найвищі показники

виживання рослин за вегетаційний період отримано за норми удобрення $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 93,8–91,9%.

Таблиця 3.5 – Виживання рослин озимого ячменю залежно від удобрення, % (2024-2025 р.)

Варіанти досліджу	Густота рослин, шт./м ²			Виживання, %		
	2024 р.	2025 р.	Середня	2024 р.	2025 р.	Середнє
1. Контроль (без добрив)	270	246	258	89,4	84,2	86,9
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$	300	288	294	92,3	90,0	91,2
3. $N_{90}P_{60}K_{60}$	320	307	314	93,8	91,9	92,6
4. $N_{120}P_{60}K_{60}$	315	296	306	93,8	90,5	92,2

В середньому за два роки досліджень показник виживання зростав від варіанту контролю (86,9%) до варіанту внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ (92,6%) та дещо знижувався у варіанті з найбільшою нормою добрив (92,2%).

Отже, результати дослідження свідчать, що польова схожість озимого ячменю залежить від рівня мінерального живлення. Найбільш ефективним виявилось внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$, що забезпечило найвищі показники польової схожості та густоти рослин, а також найвищий показник виживання рослин за вегетаційний період.

3.5. Вплив мінерального живлення на структуру врожаю озимого ячменю Монро

Рівень урожайності зернових колосових культур визначається комплексом структурних елементів продуктивності, серед яких важливими є кількість колосків і зерен у колосі, маса зерна з колоса та маса 1000 зерен. Формування цих показників відбувається в різні фази органогенезу. Структурні елементи врожайності перебувають у тісному функціональному взаємозв'язку. Зокрема, встановлена негативна кореляція між густотою продуктивних стебел і озерненістю колоса, а також масою 1000 зерен [36], що свідчить: надмірно густий стеблостій може зумовлювати зниження зернової продуктивності одного

колоса. Водночас за недостатньої густоти посіви здатні частково компенсувати цей недолік шляхом збільшення кількості зерен і маси зерна з колоса, а також маси 1000 зерен.

У проведеному досліді довжина колоса та кількість зерен у колосі змінювалися залежно від норми внесення добрив. Загальною тенденцією є стабільне зростання довжини колоса зі збільшенням норми азотного живлення за незмінних доз фосфору і калію. Це свідчить про високу чутливість колосоутворення озимого ячменю до вмісту азоту у ґрунті.

У контрольному варіанті, без внесення добрив, довжина колоса була найменшою, становлячи 5,8 см у 2024 р. та 5,4 см у 2025 р., що відображає обмежений розвиток генеративних органів за дефіциту елементів живлення. Внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило суттєве збільшення цього показника – до 6,5 см та 6,1 см відповідно, тобто приріст порівняно з контролем становив близько 0,7–0,8 см (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Довжина та озерненість колоса озимого ячменю залежно від удобрення

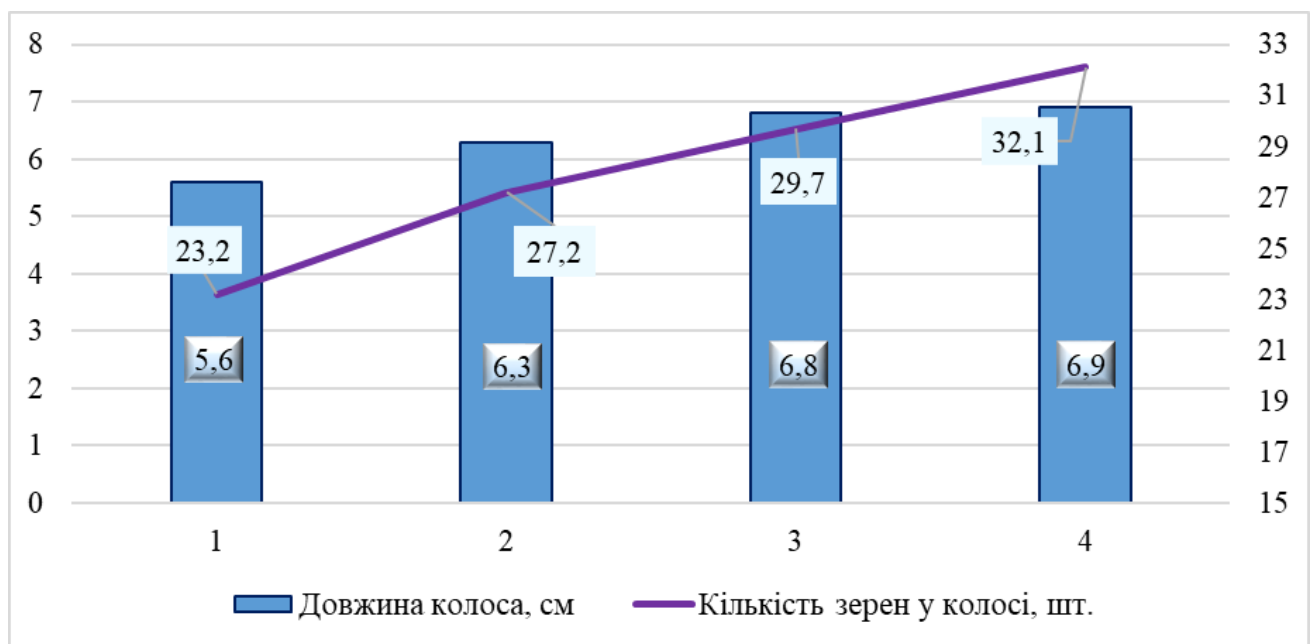
Варіанти досліді	Довжина колоса, см		Кількість зерен у колосі, шт.	
	2024 р.	2025 р.	2024 р.	2025 р.
1. Контроль (без добрив)	5,8	5,4	24,5	21,9
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$	6,5	6,1	28,8	25,6
3. $N_{90}P_{60}K_{60}$	7,0	6,6	30,1	29,3
4. $N_{120}P_{60}K_{60}$	7,1	6,7	32,4	31,7

Подальше підвищення внесення азоту до 90 кг/га сприяло формуванню довших колосів (7,0 см у 2024 р. та 6,6 см у 2025 р.), що свідчить про покращення умов живлення й активізацію синтетичних процесів у період закладання генеративних органів. Максимальні показники зафіксовано у варіанті $N_{120}P_{60}K_{60}$, де довжина колоса досягла 7,1 см (2024 р.) та 6,7 см (2025 р.). Однак приріст порівняно з варіантом $N_{90}P_{60}K_{60}$ був незначним, що може свідчити про

наближення до оптимуму азотного живлення і зниження ефективності додаткових доз азоту.

У міжрічному розрізі спостерігалось зменшення довжини колоса у 2025 році в усіх варіантах дослідів. Ймовірно, це зумовлено менш сприятливими погодними умовами, зокрема пізніми весняними заморозками та дефіцитом вологи влітку, що негативно вплинуло на реалізацію потенціалу продуктивності колоса.

На рисунку 3.5 показано динаміку показників довжини колоса та кількості зерен у колосі в середньому за два роки дослідження. Довжина колоса зростала від 5,6 см на ділянці контролю, де озимий ячмінь вирощували без удобрення, до 6,9 см на ділянці, де вносили $N_{120}P_{60}K_{60}$. Максимальний приріст довжини колоса



до контролю становив 23,2%.

Рисунок 3.5 – Довжина колоса і кількість зерен у колосі за різних норм удобрення озимого ячменю (середнє за 2024–2025 рр.)

Кількість зерен у колосі в середньому за два роки була мінімальною на ділянці контролю – 23,2 шт. За внесення мінеральних добрив у кількості $N_{60}P_{60}K_{60}$ у колосі формувалося в середньому 27,2 зерен, що перевищувало контрольний показник на 17,2%. Збільшення норми добрив до $N_{90-120}P_{60}K_{60}$ забезпечувало формування 29,7–32,1 зерен у колосі. Максимальне перевищення контролю становило 38,3%.

Маса зерна з одного колоса та маса 1000 зерен є важливими елементами структури врожаю ярого ячменю, які мають значний вплив на продуктивність культури. Отримані дані свідчать, що між варіантами дослідів спостерігається закономірна різниця, пов'язана з рівнем удобрення озимого ячменю.

Кількість зерен у колосі тісно пов'язана з масою зерна з одного колоса (табл. 3.7), відповідно, при збільшенні озернення колоса маса зерна зростає. У контрольному варіанті маса зерна з одного колоса становила 1,05–0,98 г, а маса 1000 зерен – 41,2–39,5 г, що є типовим показником для ячменю за вирощування на природних фонах. У варіантах із покращеним мінеральним живленням відмічено поступове зростання обох параметрів. Так, внесення мінеральних добрив у кількості $N_{60}P_{60}K_{60}$ на ділянці варіанту 2 дозволило отримати 1,28–1,18 г зерна з одного колоса. Маса 1000 зерен у цьому варіанті становила 43,8–42,1 г.

Таблиця 3.7 – Маса зерна озимого ячменю залежно від рівня удобрення

Варіанти дослідів	Маса зерна з колоса, г			Маса 1000 зерен, г		
	2024 р.	2025 р.	Середнє	2024 р.	2025 р.	Середнє
1. Контроль (без добрив)	1,05	0,98	1,02	41,2	39,5	40,4
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$	1,28	1,18	1,23	43,8	42,1	43,0
3. $N_{90}P_{60}K_{60}$	1,42	1,30	1,36	45,6	43,7	44,9
4. $N_{120}P_{60}K_{60}$	1,47	1,33	1,40	46,1	44,0	45,1

Норма удобрення $N_{90}P_{60}K_{60}$ збільшувала масу зерен з одного колоса до 1,42–1,3 г, а масу 1000 зерен до 45,6–43,7 г. Найкращі показники маси зерен з одного колоса та маси 1000 зерен отримано на ділянці варіанту 4 ($N_{120}P_{60}K_{60}$) – відповідно 1,47–1,33 г та 46,1–44,0 г. У кожному варіанті показники 2024 року були вищими, ніж у 2025 р., що пов'язано з впливом погодних умов.

В середньому за два роки досліджень на ділянці контролю маса зерен з одного колоса становила 1,02 г. На ділянках, де вносили різні норми добрив цей показник коливався від 1,36 ($N_{60}P_{60}K_{60}$) до 1,40 г ($N_{120}P_{60}K_{60}$). Внесення мінеральних добрив забезпечувало приріст маси зерна одного колоса на рівні

20,6–37,2%. При внесенні найменшої норми добрив у досліді приріст маси зерна відбувається інтенсивно, тобто початкове підвищення азотного забезпечення сприяє більш інтенсивному формуванню мікроструктури колоса й поліпшенню наливу зерна. Поступовий приріст між N_{60} і N_{90} демонструє, що у досліджуваних умовах N_{90} є наближеним до оптимальної норми для реалізації біологічного потенціалу сорту.

3.6. Врожайність озимого ячменю сорту Монро за різних норм удобрення

Дослідження впливу добрив на врожайність озимого ячменю має важливе значення для удосконалення систем удобрення та підвищення ефективності використання елементів живлення в агроценозах. Оптимальне співвідношення азоту, фосфору і калію визначає інтенсивність ростових процесів, стійкість рослин до стресових факторів і формування структури врожаю, що підтверджено численними дослідженнями [5, 54, 57, 58]. Вивчення реакції озимого ячменю на різні дози й форми добрив дозволяє обґрунтувати раціональні агротехнологічні рішення, спрямовані на підвищення продуктивності культури та забезпечення стабільності виробництва в умовах сучасного землеробства.

Урожайність озимого ячменю у досліді залежала від норми удобрення, що підтверджує позитивну реакцію культури на підвищення рівня забезпечення елементами живлення. Також простежувалася різниця між показниками у різні роки для кожного варіанту, що зумовлено також впливом погодних умов.

У контрольному варіанті без внесення добрив урожайність становила 3,42 т/га у 2024 році та 3,12 т/га у 2025 році, що відображає потенціал продуктивності культури за природного поживного режиму ґрунту (табл. 3.8). Середній показник за два роки досліджень становив 3,27 т/га. Застосування мінеральних добрив забезпечило суттєве зростання продуктивності, зберігаючи однакову тенденцію в обидва роки досліджень.

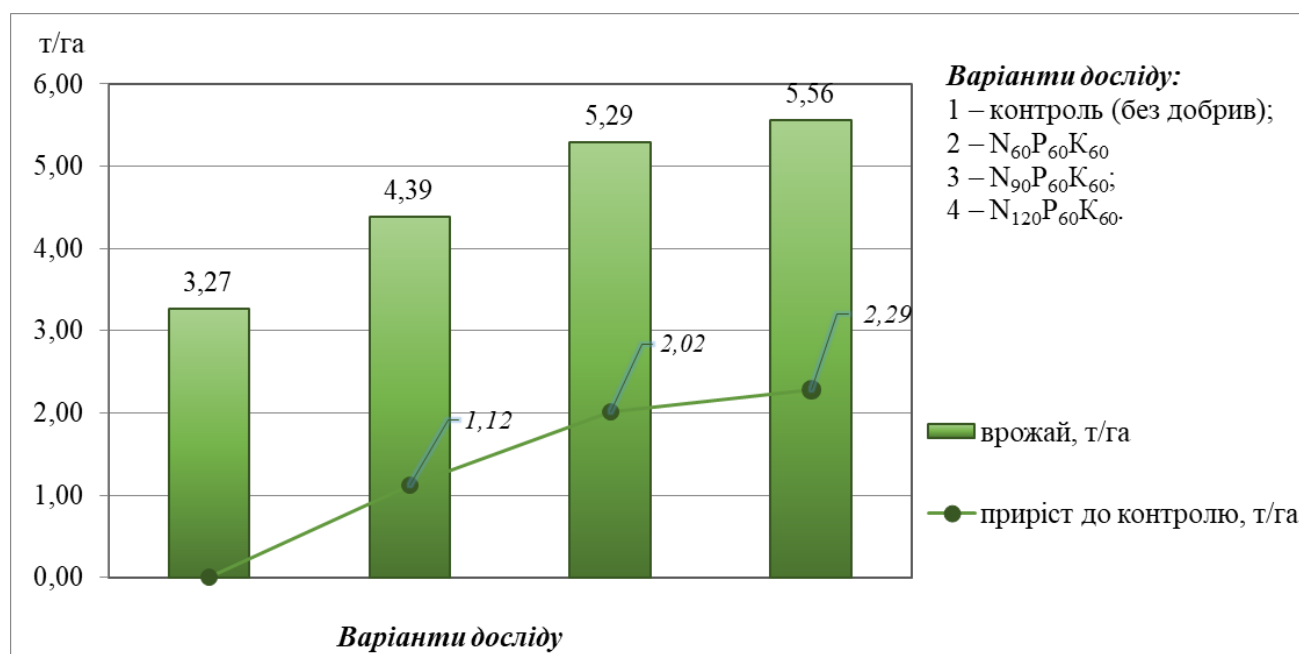
На фоні внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайність зросла та змінювалася за період досліджень від 4,68 т/га у 2024 році до 4,09 т/га у 2025 році, тобто приріст

врожаю зерна порівняно з контролем становив 1,26 та 0,97 т/га. Така динаміка свідчить про значну роль навіть помірного азотного живлення у формуванні врожаю, зумовленого покращенням продуктивного стеблостою й елементів структури врожаю. Середня врожайність становила 4,39 т/га, тобто на 1,12 т/га (34,3%) більше, ніж на ділянці контролю.

Таблиця 3.8 – Вплив удобрення на врожайність озимого ячменю сорту Монро, т/га

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га			Відхилення, +/-	
	2024	2025	Середнє	Середнє	
				т/га	%
1. Контроль (без добрив)	3,42	3,12	3,27	-	-
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,68	4,09	4,39	1,12	34,3
3. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	5,42	5,16	5,29	2,02	61,8
4. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	5,75	5,37	5,56	2,29	70,0
НІР _{0,5}	0,12	0,11			

Збільшення кількості азоту до N₉₀ сприяло подальшому підвищенню врожайності: 5,42 т/га у 2024 році та 5,16 т/га у 2025 році. Приріст відносно контролю у 2024 р. становив 2,0 т/га, а у 2025 р. – 2,04 т/га. Різниця врожаю між Нормами N₆₀ та N₉₀ у 2024 р. становила 0,74 т/га (15,8%), у 2025 р. – 1,07 т/га (26,2%), що вказує на ефективність такого підвищення норми добрив. В середньому за два роки дослідження із ділянки варіанту 3 отримано 5,29 т/га, що



на 2,02 т/га (61,8%) більше, ніж на контрольному варіанті.

Рисунок 3.6 – Середня врожайність озимого ячменю Монро за різних норм удобрення

Найвищий врожай зерна отримали у варіанті з нормою $N_{120}P_{60}K_{60}$. У 2024 р. на цій ділянці врожай зерна озимого ячменю становив 5,75 т/га. Перевищення до показника контролю склало 2,33 т/га (68,1%). Щодо норми азоту N_{90} , перевищення становило 0,33 т/га, тобто 6,1%. У 2025 р. при внесенні $N_{120}P_{60}K_{60}$ врожай зерна досягав рівня 5,37 т/га, приріст до контролю – 2,25 т/га (72,1%). Порівняння з нормою N_{90} показує, що збільшення норми азоту на 30 кг діючої речовини збільшило врожай на 0,21 т/га (4,1%). Середня врожайність на ділянці варіанту 4 становила 5,56 т/га, перевищення до контролю 2,29 т/га або 70,0%.

Зниження приросту врожаю при збільшенні норми азоту від N_{90} до N_{120} порівняно з такою самою різницею між N_{60} та N_{90} свідчить, що збільшення кількості азоту вище 90 кг/га діючої речовини стає менш ефективним та отримує меншу віддачу у вигляді врожаю зерна.

Порівняння динаміки врожайності між роками досліджень характеризується загальним зниженням показників у 2025 році для всіх варіантів удобрення. Це узгоджується з менш сприятливими погодними умовами цього року – пізніми весняними заморозками та посушливим літом, які могли пригнічувати ріст, знижувати коефіцієнт кущення та погіршувати наповнення зерна. Водночас різниця між роками є меншою у варіантах із внесенням добрив, що вказує на їхню стабілізуючу роль в умовах абіотичних стресів.

Отже, отримані результати свідчать, що озимий ячмінь дуже чутливо реагує на азотне живлення, а оптимальним за поєднанням величини урожайності та ефективності використання добрив є варіант $N_{90}P_{60}K_{60}$. Максимальна доза азоту (N_{120}) забезпечує дещо вищі показники, однак приріст є суттєво меншим порівняно з переходом від N_{60} до N_{90} , що потребує додаткового економічного аналізу. Також удобрення дозволяє зменшувати негативний вплив несприятливих погодних умов окремих років, забезпечуючи стабільніші показники урожайності.

3.7. Вплив удобрення на якість зерна озимого ячменю

Дослідження впливу добрив на якість зерна озимого ячменю має важливе значення, оскільки співвідношення і норми основних макроелементів мають значний вплив на біохімічний склад зерна – вміст білка, крохмалю, фізичні показники, що визначають його технологічно-економічну цінність. Зокрема, азотне живлення корелює з підвищенням вмісту білка [20, 46, 61]. Врахування впливу норм удобрення, як і погодних умов на вміст крохмалю та білка є необхідним для розробки раціональних систем удобрення, що забезпечують одночасно високу врожайність і бажані якісні характеристики зерна.

Аналіз показників якості зерна озимого ячменю сорту Монро у досліді свідчить про чітку залежність між рівнем мінерального живлення та формуванням натури, білковості й крохмалистості зерна. На контролі, де добрива не вносили, отримано найнижчу натуру – 600 г/л, що відображає слабший розвиток зернівок і нижчу їх щільність (табл. 3.9). Це є типовим для посівів із обмеженим доступом елементів живлення, коли рослини не здатні забезпечити повноцінне наливання зерна, особливо за можливого впливу погодних стресів. Вміст білка у зерні у цьому варіанті був найнижчий – 10,2%.

Таблиця 3.9 – Показники якості зерна озимого ячменю Монро за різних норм удобрення

Варіанти дослідів	Натура зерна, г/л	Вміст білка		Вміст крохмалю	
		%	± до контролю	%	± до контролю
1. Контроль (без добрив)	600	10,2	-	64,5	-
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	620	10,8	0,6	63,1	-1,4
3. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	635	11,4	1,2	62,8	-1,7
4. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	640	12,0	1,8	60,7	-3,8

Внесення повного мінерального удобрення у кількості N₆₀P₆₀K₆₀ забезпечило підвищення натури до 620 г/л. Це свідчить про поліпшення умов забезпечення рослин елементами живлення у період формування і наливання зерна, що сприяло збільшенню його щільності. Одночасно зафіксовано помірне

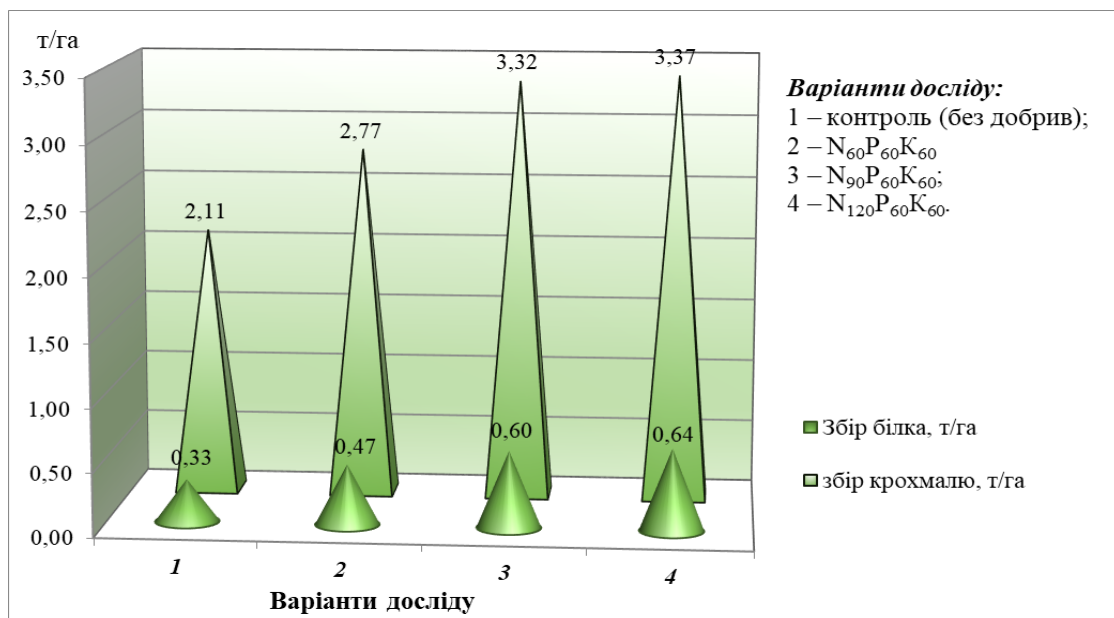
зростання вмісту білка до 10,8 % (+0,6%), що відповідає закономірностям впливу азоту на білковий компонент та свідчить про більш інтенсивний азотний обмін рослин.

За збільшення норми азоту до $N_{90}P_{60}K_{60}$ натура зерна сягає 635 г/л, а вміст білка зростає до 11,4%. Це вказує на оптимізацію азотного живлення, яке забезпечило кращу генеративну продуктивність, формування вирівняного колоса та підвищене нагромадження білків у зернівках.

Максимальна доза азоту $N_{120}P_{60}K_{60}$ спричинила подальше зростання вмісту білка до 12,0% та збільшення натури зерна до 640 г/л.

Вміст крохмалю характеризувався оберненим зв'язком з кількістю внесених добрив. Надмірне азотне живлення стимулює синтез білкових сполук, водночас зменшуючи частку вуглеводів у структурі сухої речовини зерна. Такий ефект притаманний для озимого ячменю і має технологічне значення, оскільки крохмалистість визначає придатність зерна для переробки. Відповідно до цього, найвищий вміст крохмалю одержали на ділянці контролю – 64,5%. З внесенням мінеральних добрив накопичення крохмалю у зерні сповільнюється: за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ його вміст становить 63,1% (-1,4% до контролю). Подальше збільшення норми азоту знижувало вміст крохмалю до 62,8 ($N_{90}P_{60}K_{60}$) та 60,7% ($N_{120}P_{60}K_{60}$).

Збір білка з одиниці площі також змінювався відповідно до динаміки його вмісту та врожайності. Найменший збір білка отримали на ділянці контролю – 0,33 т/га. Внесення мінеральних добрив у кількості $N_{60-120}P_{60}K_{60}$ сприяло



формуванню більшої кількості зерна з вищим вмістом білка, тому збір білка зростав до 0,47-0,64 т/га. Найбільшу масу білка з одиниці площі отримали при внесенні $N_{120}P_{60}K_{60}$, приріст до контролю становив 93%.

Рисунок 3.7 – Середній збір білка та крохмалю за різних норм удобрення озимого ячменю сорту Монро

Попри зменшення вмісту крохмалю на ділянках з використанням добрив, збір крохмалю з одиниці площі був вищий за умови удобрення озимого ячменю. Якщо на контролі з 1 га отримали 2,11 т крохмалю, то при внесенні $N_{60-120}P_{60}K_{60}$ – 2,77-3,37 т/га. За максимальної норми удобрення збір крохмалю у зерні зростав на 60%.

Отже, зростання норм азотних добрив призводить до поступового збільшення натури та вмісту білка у зерні озимого ячменю. Найбільш збалансоване поєднання якісних показників спостерігається у варіанті $N_{120}P_{60}K_{60}$, де оптимально поєднуються натура зерна, максимальний збір білка і крохмалю.

3.8. Економічна та енергетична ефективність вирощування озимого ячменю Монро залежно від доз мінеральних добрив

Економічна оцінка показує чітку позитивну реакцію озимого ячменю на внесення мінеральних добрив, що проявляється у зростанні вартості продукції, чистого прибутку та рівня рентабельності.

У контрольному варіанті без добрив вартість продукції становила 32,7 тис. грн/га, а чистий прибуток – лише 9,49 тис. грн/га (табл. 3.10). Собівартість вирощеного зерна була найвищою серед варіантів – 7098 грн/т. Рівень рентабельності був найнижчим – 40,9%, що демонструє обмежені можливості вирощування культури на природному фоні живлення ґрунтів.

Застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ суттєво покращило економічні показники: прибуток зріс до 19,23 тис. грн/га, а рентабельність – до 77,9%, що майже вдвічі перевищує контроль. собівартість вирощування зерна при цьому знизилася до 5620 грн/т.

Найвищі показники отримано у варіантах з підвищеним внесенням азоту – $N_{90}P_{60}K_{60}$ та $N_{120}P_{60}K_{60}$: чистий прибуток становив відповідно 25,77 і 26,98 тис. грн/га, а рівень рентабельності – 95,0 та 94,3 %. Це свідчить про досягнення максимальної економічної віддачі при середніх і високих нормах азотного живлення та певне наближення до «економічної межі доцільності», коли подальше збільшення дози азоту вже не забезпечує істотного приросту прибутку.

**Таблиця 3.10 – Показники економічної та енергетичної ефективності
удобрення озимого ячменю сорту Монро**

Показник	Варіанти досліджу			
	1	2	3	4
Урожайність, ц/га	3,27	4,39	5,29	5,56
Вартість продукції, грн/га	32700	43900	52900	55600
Виробничі затрати, грн/га	23210	24670	27130	28620
Собівартість, грн/т	7098	5620	5129	5147
Чистий прибуток, грн/га	9490	19230	25770	26980
Рівень рентабельності, %	40,9	77,9	95,0	94,3
Енергоємність технології, МДж	24136	28110	29300	30420
Енергоємність врожаю, МДж	48723	65287	74430	77430
Коефіцієнт енергетичної ефективності	2,02	2,32	2,55	2,54

Енергетичний аналіз підтверджує економічні тенденції, демонструючи ефективніше використання енергії за умов внесення добрив. Енергоємність технології на контролі становила 24136 МДж/га, тоді як у варіантах із добривами вона закономірно зростала у зв'язку з додатковими енергетичними витратами на

їх виробництво та внесення – до 28620 МДж/га у варіанті $N_{120}P_{60}K_{60}$. Однак енергоємність врожаю зростала у значно більшому темпі: з 48723 МДж/га (контроль) до понад 74 тис. МДж/га у варіанті $N_{90}P_{60}K_{60}$ та 76 тис. МДж/га при внесенні $N_{120}P_{60}K_{60}$. Це зумовило істотне підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності: від 2,02 у контролі до 2,54–2,55 у варіантах із середньою та високою нормою азоту. Найвищий показник КЕЕ (2,55) був у варіанті $N_{90}P_{60}K_{60}$, що свідчить про найкраще співвідношення між затратною та отриманою енергією.

Узагальнюючи, можна зазначити, що застосування повного мінерального добрива суттєво підвищує економічну та енергетичну ефективність вирощування озимого ячменю. Оптимальним варіантом за співвідношенням урожайності, прибутку та енергетичної віддачі є $N_{90}P_{60}K_{60}$, який забезпечує найвищу економічну вигоду без надмірного збільшення витрат. Внесення $N_{120}P_{60}K_{60}$ демонструє подібний рівень ефективності, проте потребує вищих ресурсних затрат, що слід враховувати при плануванні системи удобрення в господарстві.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ

4.1. Аналіз стану охорони праці у господарстві

Організація охорони праці у сільськогосподарському підприємстві, що здійснює вирощування озимого ячменю, ґрунтується на дотриманні вимог законодавства України у сфері безпеки праці, технологічної безпеки та охорони здоров'я працівників. Основні вимоги щодо організації охорони праці на підприємствах різних форм власності та напрямів діяльності закріплено в законі “Про охорону праці” та нормативно-правових документах, розроблених на його основі [41]. Відповідно до цих документів, найважливішими принципами охорони праці є пріоритет життя і здоров'я працівників, власник несе повну відповідальність за створення нешкідливих і безпечних умов праці, соціальний захист працівників, у разі нещасних випадків на виробництві, професійних травм і захворювань повне відшкодування збитків потерпілим особам.

Система охорони праці повинна включати комплекс організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на попередження виробничого травматизму, професійних захворювань та мінімізацію ризиків, пов'язаних із використанням сільськогосподарської техніки, добрив і засобів захисту рослин.

У господарстві створена служба охорони праці, яка організовує навчання персоналу, проводить інструктаж з безпеки (вступний, первинний, повторний, позаплановий), здійснює контроль за станом робочих місць і технічним станом обладнання. Всі працівники перед допуском до роботи проходять медичний огляд, а також навчання та перевірку знань з охорони праці відповідно до характеру виконуваних операцій.

Усі працівники господарства забезпечені необхідними заходами індивідуального захисту, проходять необхідні інструктажі з охорони праці, особливо перед початком польових робіт. Аналіз даних щодо виробничого травматизму і професійних захворювань у господарстві можна провести за

актами про нещасний випадок (форма Н-1), професійні захворювання (звіти форми 7-ТВН). Дані показників виробничого травматизму в господарстві за 2024-2025 рр. свідчать, що протягом вказаного періоду часу серед працівників не зафіксовано нещасних випадків, травм та захворювань, пов'язаних з виробничими умовами.

4.2. Покращення гігієни праці, пожежної безпеки і техніки безпеки при вирощуванні озимого ячменю

Важливим елементом безпеки під час польових робіт є техніка безпеки при експлуатації машин і механізмів. Під час підготовки ґрунту, внесення добрив, сівби, догляду за посівами та збирання врожаю необхідно забезпечити справність тракторів, ґрунтообробної та посівної техніки, обприскувачів і комбайнів. Забороняється виконувати ремонтні та регулювальні роботи на працюючому обладнанні, перебувати поблизу рухомих частин агрегатів, перевантажувати техніку понад установлені норми. На кожному агрегаті мають бути захисні кожухи, блокувальні системи та справні гальма. Під час роботи на схилах необхідно дотримуватися допустимих кутів нахилу для уникнення перекидання машин [42].

Особливі вимоги встановлюються до працюючих із мінеральними добривами та пестицидами, оскільки ці речовини можуть мати токсичний, подразнювальний або корозійний вплив. Працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: комбінезони, гумові рукавиці, окуляри, респіратори чи фільтрувальні маски. Приготування робочих розчинів інсектицидів, гербіцидів і фунгіцидів має здійснюватись у спеціально відведених місцях, обладнаних ємностями для води, засобами нейтралізації та вентиляції. Забороняється проводити обробки під час вітру понад 3–4 м/с та біля джерел питної води і населених пунктів. Після завершення робіт необхідно промити обладнання, а працівники зобов'язані пройти санітарну обробку.

Усі етапи вирощування озимого ячменю повинні супроводжуватися дотриманням санітарно-гігієнічних норм, що включають забезпечення працівників питною водою, побутовими приміщеннями, засобами для санітарної

обробки, аптечками першої допомоги. Робочі місця мають утримуватися у належному стані, а виробничі приміщення – відповідати нормам освітленості, шуму та мікроклімату.

Невід’ємною частиною безпечної організації виробництва є протипожежна безпека, яка особливо актуальна під час заготівлі та зберігання соломи, роботи з легкозаймистими матеріалами та експлуатації техніки в полі. Господарство повинно бути забезпечене вогнегасниками, пожежними щитами, резервуарами з водою та засобами для швидкого реагування. Забороняється палити на території складських приміщень та поблизу місць зберігання паливно-мастильних матеріалів. Перед початком збирання врожаю комбайни повинні проходити технічний огляд із перевіркою електропроводки та наявності іскрогасників. Висока пожежна небезпека в польових умовах зумовлює необхідність створення мінералізованих смуг, які запобігають поширенню вогню.

4.3. Захист населення у надзвичайних ситуаціях

Система управління ризиками повинна включати заходи цивільного захисту і реагування на надзвичайні ситуації, такі як буревії, повені, пожежі, хімічні аварії чи витoki пального. У господарстві має бути розроблений план дій у надзвичайних ситуаціях, визначені відповідальні особи, маршрути евакуації, місця укриття та порядок інформування працівників. Особливу увагу слід приділяти підготовці персоналу до дій у разі отруєння пестицидами, загорання техніки, удару блискавки або аварійного розливу хімічних речовин. Регулярне проведення інструктажів і тренувальних навчань є запорукою ефективного реагування у разі виникнення небезпеки.

Захист населення від НС різного походження передбачає заходи щодо їхнього запобігання (технічні, організаційні, медико-біологічні тощо), реагування, ліквідації наслідків. Виконання цих функцій покладено на органи виконавчої влади (центральні та місцеві), органи місцевого самоврядування, відповідні підрозділи підприємств та установ (не залежно від форми власності), добровільні формування. Між усіма цими ланками повинна бути чітка співпраця та координація дій.

У межах Золочівського району, де розташовані землі агрофірми, та прилеглих до нього районів Львівської області є значна кількість об'єктів (переважно техногенних), які можуть нести потенційну небезпеку для людей та довкілля. До них належать зокрема автошляхи (національного та територіального значення – проходять безпосередньо в межах району, національного значення – проходять сусідніми районами), залізничні шляхи, лінії електропередач. Аварії на транспортних шляхах можуть супроводжуватися викидами отруйних речовин, пошкодження ЛЕП створює небезпеку ураження електричним струмом. Окрім об'єктів державного та регіонального значення небезпеку можуть створювати і власні технічні підрозділи – склад мінеральних добрив та пестицидів, заправочний пункт ПММ.

Таким чином, охорона праці та безпека під час вирощування озимого ячменю базуються на системному підході, що включає організаційні заходи, контроль технічного стану обладнання, використання засобів захисту, дотримання протипожежних вимог і підготовку до дій у надзвичайних ситуаціях. Впровадження та дотримання цих заходів у господарстві забезпечує безпечні умови праці, збереження життя і здоров'я працівників та підвищує загальну ефективність виробничих процесів.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Охорона ґрунтового покриву при вирощуванні озимого ячменю

Рациональне використання та охорона ґрунтового покриву є ключовою передумовою сталого виробництва зерна озимого ячменю, оскільки ця культура характеризується високою чутливістю до ущільнення, водно-повітряного режиму та забезпечення елементами живлення. Внаслідок значного антропогенного навантаження, механічної дії техніки, інтенсивного обробітку та нерегульованої системи удобрення ґрунти зазнають деградаційних процесів, серед яких найпоширенішими є зниження структурності, ущільнення орного та підорного шарів, зменшення вмісту гумусу та поживних речовин [34].

Одним з базових заходів охорони ґрунтового покриву є впровадження науково обґрунтованої системи обробітку ґрунту. У вирощуванні озимого ячменю доцільно використовувати комбіновані або технології мінімального обробітку, які забезпечують утворення дрібногрудкуватої структури, зниження енергозатрат і мінімізацію ризику ерозійних процесів [37, 38]. Поверхнева чи мілка культивація з одночасним подрібненням рослинних решток сприяє збереженню органічної речовини у верхньому шарі ґрунту, що є важливим фактором підтримання його родючості.

Запобігання сформуванню плужної підшви є ще одним критично важливим аспектом, оскільки коренева система озимого ячменю обмежена у здатності проникати через ущільнені горизонти. Використання глибокорозпушувачів раз на 3–4 роки, регулювання тиску на ґрунт від техніки та оптимізація кількості технологічних операцій дозволяють запобігати надмірному ущільненню в діапазоні 25–35 см, що суттєво впливає на доступність вологи у весняний період.

Важливою складовою охорони ґрунтів є забезпечення оптимального поживного режиму, що досягається через збалансоване застосування мінеральних та органічних добрив. Надмірне внесення азоту може призводити до забруднення ґрунтових вод нітратами, тоді як нестача фосфору й калію

погіршує розвиток кореневої системи та знижує стійкість рослин до несприятливих умов. Рациональне удобрення базується на попередньому аналізі ґрунту й врахуванні показників вмісту гумусу, рухомих форм елементів живлення та кислотності.

Протиерозійні заходи є необхідними для господарств, розташованих у зонах із ризиком водної або вітрової ерозії. Доцільним є застосування ґрунтозахисних сівозмін, залишення стерні або мульчування поверхні, створення захисних лісосмуг [3, 24]. Озимий ячмінь, як рання культура з добре розвиненим листковим апаратом, сприяє стабілізації ґрунту навесні, однак позитивний ефект можливий лише за дотримання належної агротехніки.

Комплексна система охорони ґрунту передбачає також підвищення вмісту органічної речовини, що може бути досягнуте використанням органічних добрив, сидерації та поверненням подрібнених пожнивних решток у ґрунт [2]. Органічна частина забезпечує поліпшення водоутримувальної здатності, структури та біологічної активності ґрунту, що формує стійку родючість і високий рівень адаптації агроєкосистеми до кліматичних змін.

5.2. Охорона водних ресурсів

Вирощування озимого ячменю пов'язане з прямим впливом на поверхневі та підземні води, що зумовлює необхідність дотримання комплексу заходів, спрямованих на зменшення ризиків їх забруднення мінеральними добривами і засобами захисту рослин. Однією з першочергових задач є регулювання водного режиму ґрунту, що дозволяє мінімізувати змивання поживних речовин та хімічних препаратів під час інтенсивних опадів.

Для зменшення ризику забруднення водних ресурсів нітратами важливим є внесення азотних добрив у чітко регламентовані строки, які відповідають фізіологічним потребам рослин. Осіннє внесення повинно бути обмеженим через ризик промивання в зимово-весняний період; основний обсяг азоту доцільно переносити на весняне кущення та вихід у трубку. Дотримання норми внесення відповідно до результатів агрохімічного аналізу ґрунту дозволяє

уникнути надмірної концентрації азотних сполук, які можуть потрапляти в ґрунтові води.

Для скорочення поверхневого змиву фосфору й мікроелементів ефективним є використання безполицевих та мульчувальних технологій обробітку, що забезпечують утримання рослинних решток на поверхні та зменшують швидкість стоку. Біологічне закріплення ґрунту озимими культурами – важливий стабілізуючий фактор, проте ефективність залежить від структури ґрунту та вмісту органічної речовини.

Значний екологічний ефект забезпечує коректне застосування засобів захисту рослин. Використання лише зареєстрованих препаратів, чітке дотримання регламенту внесення, буферних зон уздовж водних об'єктів і державних санітарних норм мінімізують ризик потрапляння залишків пестицидів у водойми. Особливо важливо уникати обробки під час сильного вітру або перед опадами, оскільки краплинний знос і змивання можуть створювати екотоксикологічні загрози.

Невід'ємним елементом охорони водних ресурсів є контроль гідрологічного стану території, включаючи облаштування водорегулювальних каналів, фільтраційних смуг і захисних насаджень, які затримують поверхневий стік. Дотримання науково обґрунтованих технологій зрошення (у разі використання) дозволяє оптимізувати водоспоживання ячменю й уникнути надмірного вилуговування поживних елементів.

Таким чином, збереження якості водних ресурсів у системі вирощування озимого ячменю є досяжним завдяки комплексному поєднанню агротехнічних, меліоративних та екологічних заходів, спрямованих на зменшення ризику забруднення та забезпечення стабільності водних екосистем.

5.3. Охорона атмосфери

Система вирощування озимого ячменю впливає на атмосферне середовище через викиди парникових газів, аміаку, пилу та аерозолів, що утворюються під час обробітку ґрунту, внесення добрив і виконання механізованих операцій. Для зниження негативного впливу на атмосферу важливим є впровадження техно-

логій, що зменшують енергоспоживання та інтенсивність газових втрат із ґрунту.

Одним із ключових напрямів є скорочення обсягів механічного обробітку, оскільки кожна операція супроводжується спалюванням пального та викидами CO_2 . Використання мінімального або нульового обробітку, комбінованих агрегатів і точного землеробства дозволяє зменшити кількість проходів техніки, що водночас знижує ущільнення ґрунту, втрати вологи та витрати енергії.

Значну частку атмосферного забруднення в агросистемах становлять втрати азоту у вигляді аміаку та оксидів азоту. Їх мінімізація досягається завдяки використанню стабілізованих азотних добрив, внесенню аміачної селітри або КАС у прохолодні ранкові години, заробці добрив у ґрунт та дотриманню оптимальних доз. Підтримання нейтральної реакції ґрунту також знижує інтенсивність газових втрат, оскільки процеси нітрифікації та денітрифікації регулюються кислотно-лужним режимом.

До заходів охорони атмосфери належать також зменшення пилового забруднення, що досягається завдяки мульчуванню поверхні ґрунту, використанню прикочувальних агрегатів, оптимізації швидкості руху техніки та недопущенню пересушування орного шару. Озимий ячмінь, на відміну від ярих культур, утворює щільний рослинний покрив навесні, що ефективно стримує вітрову ерозію й вторинне пилове забруднення.

Важливо враховувати і вуглецеву функцію ґрунту, оскільки збереження органічної речовини сприяє секвестрації вуглецю й зниженню концентрації CO_2 у атмосфері. Залишення стерні, внесення органічних добрив і уникнення надмірної інтенсивності обробітку є важливими для збереження ґрунтового вуглецю.

Загалом охорона атмосфери в агротехнології озимого ячменю ґрунтується на зниженні енергетичних витрат, оптимізації використання добрив та збереженні структури ґрунту, що забезпечує зменшення антропогенного навантаження на повітряне середовище.

5.4. Охорона і примноження біорізноманіття

Сучасні агросистеми характеризуються тенденцією до зниження рівня біорізноманіття внаслідок інтенсифікації виробництва, застосування агрохімікатів та спрощених сівозмін. В умовах вирощування озимого ячменю важливою екологічною задачею є збереження та примноження біотичного різноманіття, яке підтримує екологічну рівновагу, забезпечує природні механізми регуляції фітосанітарного стану та покращує стійкість агроєкосистем.

Одним із базових заходів є використання різноманітних і науково обґрунтованих сівозмін, де озимий ячмінь виконує важливу роль попередника для багатьох культур. Чергування з бобовими та просапними культурами сприяє відновленню мікробіологічної активності ґрунту, регуляції чисельності шкідників і бур'янів та підвищує рівень екологічної стійкості.

Підтримка біорізноманіття ґрунтової мікрофлори є можливою через внесення органічних добрив, сидератів та біопрепаратів, що забезпечують різноманітність трофічних груп мікроорганізмів. Симбіозні та асоціативні мікробні угруповання відіграють важливу роль у мінералізації рослинних решток, фіксації азоту й трансформації поживних речовин у доступні для рослин форми.

Збереження ентомофауни, особливо корисних запилювачів та ентомофагів, досягається через мінімізацію використання пестицидів широкого спектра дії, локальне застосування інсектицидів та дотримання екологічно орієнтованих технологій обприскування. Уникнення обробки під час цвітіння бур'янів або в період активності бджіл є необхідним елементом екологічно відповідального землеробства.

Біорізноманіття ландшафтного рівня забезпечується підтримкою польових лісосмуг, захисних смуг уздовж водойм та доріг, які є оселищами для птахів, дрібних ссавців і корисних членистоногих. Такі елементи відіграють важливу роль у стабілізації популяцій природних регуляторів шкідників, у запобіганні ерозії та покращенні мікроклімату агроландшафтів.

Удосконалення системи удобрення та обробітку ґрунту також сприяє підвищенню біорізноманіття. Органічні добрива стимулюють розвиток мезофауни, зокрема дощових черв'яків, які покращують структуру ґрунту та

його водно-повітряний режим. Натомість надмірна хімізація та порушення структури ґрунту призводять до зниження чисельності цих організмів і деградації природних екологічних зв'язків.

Таким чином, заходи з охорони та примноження біорізноманіття в системі вирощування озимого ячменю спрямовані на забезпечення екологічної стабільності агроландшафтів і підвищення довгострокової продуктивності агроєкосистем.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Проведені дослідження дозволяють сформулювати наступні висновки:

1. Фізичні та фізико-хімічні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту є сприятливими для вирощування озимого ячменю. Суглинковий гранулометричний склад забезпечує добре оструктурування ґрунту та достатню вбирну здатність. Слабокисле середовище (рН 6,63) і невисока гідролітична кислотність (2,65 ммоль/100 г ґрунту) створюють оптимальні умови для засвоєння елементів живлення.
2. Внесення помірних і підвищених норм азоту (N_{90-120}) при сталих кількостях фосфору й калію ($P_{60}K_{60}$) оптимізує живлення рослин озимого ячменю. Максимальний вміст азоту (115 мг/кг ґрунту) перед збиранням врожаю формувався за його внесення у кількості 120 кг/га. Щодо забезпечення фосфором та калієм – найкращим був варіант, де вносили $N_{60}P_{60}K_{60}$. У досліді зростання врожайності при сталій кількості фосфору та калію зумовлювало збільшення їх винесення з ґрунту.
3. Ріст та розвиток рослин озимого ячменю впродовж вегетації поліпшується за умов внесення мінеральних добрив. Найбільш ефективним у досліді було внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$, що забезпечило найвищі показники польової схожості (88,8%) та густоти рослин перед збиранням врожаю (314 шт./м²), а також найвищий показник виживання рослин (91,9%) за вегетаційний період.
4. Мінеральні добрива позитивно вплинули на елементи структури врожаю озимого ячменю. Найвищі показники довжини колоса (6,9 см) та кількості зерен у колосі (32,1 шт.) отримали при внесенні $N_{120}P_{60}K_{60}$. Проте приріст до варіанту з меншою нормою добрив ($N_{90}P_{60}K_{60}$) є незначним та не відповідає кількості збільшення азоту. Аналогічна тенденція простежується й щодо впливу на масу зерен з колоса та масу 1000 зерен.
5. Найвищий врожай зерна озимого ячменю Монро отримано за внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ – середня врожайність 5,56 т/га. Приріст до контролю складає 2,9 т/га або 70%.

6. Зростання норм азотних добрив призводить до поступового збільшення натури та вмісту білка у зерні озимого ячменю. Найбільш збалансоване поєднання якісних показників спостерігається у варіанті $N_{120}P_{60}K_{60}$, де оптимально поєднуються натура зерна (640 г/л), максимальний вміст білка (12%), збір білка (0,64 т/га) та крохмалю (3,37 т/га).
7. Оптимальним варіантом за співвідношенням урожайності, прибутку та енергетичної віддачі є $N_{90}P_{60}K_{60}$, який забезпечує найвищу економічну вигоду (рівень рентабельності 95,0%) без надмірного збільшення витрат. Внесення $N_{120}P_{60}K_{60}$ демонструє подібний рівень ефективності (РР 94,3%), проте потребує вищих ресурсних затрат.

При вирощуванні озимого ячменю сорту Монро на темно-сірому опідзоленому ґрунті в умовах Львівської області доцільно вносити мінеральні добрива у кількості $N_{90}P_{60}K_{60}$ ($N_{20}P_{60}K_{60}$ – під основний обробіток ґрунту (аміачна селітра, суперфосфат потрійний, калій хлористий), решту азоту – у формі КАС-32 у підживлення $N_{35} + N_{35}$). Рекомендована схема удобрення забезпечить отримання високого врожаю зерна з хорошими якісними показниками.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Агрогрунтове районування України. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/zoning-2.html> (дата звернення: 16.11.2024).
2. Адаптивні системи землеробства і сучасні агротехнології – основа раціонального землекористування, збереження і відтворення родючості ґрунтів / за ред. В. Ф. Камінського. Київ: В. П. “Едельвейс”, 2013. 57 с.
3. Балюк С. А., Кучер А. В., Анісімова О. В. Концептуальні засади економічного відтворення родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. №2. 2014. С. 60–66.
4. Балюк С. А., Лазебна М. Є. Перелік основних нормативних документів у галузі ґрунтознавства, агрохімії та охорони ґрунтів (актуалізований станом на 27.04.2009). Харків, 2009. 37 с.
5. Борищук Р. В. Продуктивність ячменю озимого за різних способів обробітку ґрунту і доз азотних добрив у сівоzmіні на зрошенні. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 81. С. 37–40. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tavnv_2012_81_10 (дата звернення: 29.12.2024).
6. Броннікова Л. Ф. Зміна кислотності темно-сірих лісових ґрунтів за різних технологічних чинників їх використання. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 4. С. 25–33. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2016_4_5 (дата доступу: 15.11.2024).
7. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: монографія. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.
8. Гаськевич В. Г., Папіш І. Я., Телегуз О. Г. Фізика ґрунтів. Лабораторний практикум. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 170 с.
9. Гнатів П. С., Іванюк В. Я., Шестак В. Г., Вега Н. І., Оліфір Ю. М. Комплексний аналіз ефективності живлення ячменю озимого. *Агронаука і практика*. 2022. Вип. 1, Ч. 4. С. 18–27. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agnipr_2022_1_4_5 (дата звернення: 07.02.2025).

- 10.Гнатів П. С., Лагуш Н.І., Гаськевич О. В. Морфологічна і фізико-хімічна діагностика ґрунтів. Львів: Магнолія-2006, 2019, 170 с.
- 11.Гораш О. С. Взаємозв'язок елементів продуктивності ячменю з початковими етапами розвитку. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 11. С. 22–24.
URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2012_11_6 (дата звернення: 16.03.2025).
- 12.Гораш О. С. Климишена Р. І. Застосування позакореневого підживлення в технології вирощування пивоварного ячменю. *Агроном*. 2021. URL: <https://www.agronom.com.ua/zastosuvannya-pozakoreneвого-pidzhyvlennya-v-tehnologiyi-vyroshhuvannya-pyvovarnogo-yachmenyu/> (дата звернення: 03.03.2025).
- 13.Гораш О.С., Хоміна В. Я. Агробіологічне обґрунтування управління процесом кушіння рослин ячменю. *Вісник аграрної науки*. 2009. №7. С. 28–32.
- 14.Ґрунти Львівської області : колективна монографія / за ред. С. П. Позняка. Львів, ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 424 с.
- 15.Давидюк, Г., Шкарівська Л., Клименко І., Довбаш Н, Повидало М. Еколого-агрохімічна оцінка стану ґрунтів у сільських населених пунктах Львівської області. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2024. 75(1), 30–45.
- 16.Давидюк, Г., Шкарівська Л., Клименко І., Довбаш Н., Оцінка основних показників родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту за тривалого систематичного застосування добрив. *Вісник аграрної науки*. 52021, №2 (815). С. 5–10.
- 17.Державний реєстр рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 рік. Київ, 2018.
- 18.Доценко О. В. Баланс поживних речовин в агроценозах з різним рівнем удобрення. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Кн. 3. Харків, 2010. С. 167–169.
- 19.Дудар І., Литвин О., Павкович С., Корпіта Г., Козлюк О. Урожайність ячменю озимого залежно від мінерального живлення. *Вісник Львівського*

національного університету природокористування. Серія Агрономія. 2022. Вип. 26. С. 72–76.

20. Жатов О.Г., Гуліда Г. В. Роль мінеральних добрив у процесі формування високоврожайного посіву ячменю. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія “Агрономія і біологія”*. 2011. Вип. 4. С. 61–64.
21. Заєць С. О. Підживлення озимого ячменю різними видами азотних добрив. *Агроном*. 2018. URL: https://www.agronom.com.ua/pidzhyvlennya-ozymogo-yachmenyu-riznymi-vydami-azotnyh-dobryv/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 15.12.2024).
22. Заєць С.О., Рудік О. Л., Онуфран Л. І. Взаємозв’язки між урожайністю ячменю озимого та вмістом основних елементів живлення залежно від строків сівби і поліфункціональних препаратів. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 30-35. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrno_2022_14_7 (дата звернення: 16.11.2024).
23. Зайцев Ю. О., Демчишин А. М., Гунчак М. В. Стан родючості ґрунтів Львівської області. *Агроекологічний журнал*. № 1. 2023. С. 92–100.
24. Камінський В. Ф. Сівозміна як основа сталого землекористування та продовольчої безпеки України. *Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства НААН”*. 2015. Вип. 2. С. 4-7.
25. Кирильчук А. М., Щербиніна Н. П., Чухлеб С. П. Ячмінь – стан та шляхи збільшення виробництва зерна. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 90–103.
26. Коць С.Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ: Логос, 2005. 150 с.
27. Лихочвор В. В., Матковська М. В. Вплив морфорегуляторів на ріст і розвиток рослин сортів ячменю озимого в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 63. С. 82–95. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2018_63_9 (дата звернення: 05.05.2025).

- 28.Лихочвор В. В., Матковська М. В. Урожайність сортів озимого ячменю залежно від норм добрив, морфорегуляторів та фунгіцидів в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 62. С. 91-101. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2017_62_10 (дата звернення: 12.04.2025).
- 29.Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво. Львів: НВФ “Українські технології”, 2008. 624 с.
- 30.Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів, 2002. 800 с.
- 31.Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та системи удобрення польових культур : підручник. 3-тє вид.,. Львів : Українські технології, 2021. 137 с.
- 32.Любич В. В., Сулима А. С. Урожайність та якість зерна ячменю озимого залежно від агротехнологічних заходів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106. Ч. 1. С. 593–602.
- 33.Мазур В. А., Поліщук І. С., Телеколо Н. В., Мордванюк М. О. Рослинництво. Навчальний посібник. Ч. 1. Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк». 2020. 352 с.
- 34.Медведєв В. В., Пліско І. В., Накісько С. Г., Тітенко Г. В. Деградація ґрунтів у світі, досвід її попередження і подолання. Харків : Стильна типографія, 2018. 168 с.
- 35.Муха, Б. Г. Оптимізація норм висіву та мінерального живлення при вирощуванні ячменю озимого за умов кліматичних ризиків в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28(2), 96–102. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.15>.
- 36.Нова стратегія виробництва зернових та олійних культур в Україні / В.Ф. Петриченко та ін. Київ : Аграрна наука, 2012. 48 с.
- 37.Оптимальні фізичні властивості посівного шару ґрунту як агровимоги до передпосівного обробітку (наукове видання) / В.В. Медведєв та ін. Харків : ТОВ «Смугаста типографія», 2016. 196 с.

38. Охорона ґрунтів: Підручник / М. К. Шикула, О. Ф. Гнатенко, Л. Р. Петренко, М. В. Капштик. Київ : Т-во Знання”, КОО, 2004. 398 с.
39. Пархуць Б. Урожайність і якість зерна ячменю озимого залежно від розрахункових норм мінеральних добрив під запрограмовану врожайність на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного Лісостепу України. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Агрономія*. 2022. № 26. С. 193–196. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2022_26_35 (дата звернення: 16.05.2025).
40. Почколіна С. В., Орехівський В. Д., Кривенко А. І. Польова схожість та біометричні показники рослин пшениці озимої і ячменю озимого залежно від строків сівби в умовах Південного Степу України *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 127. С. 123–131. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tnveconn_2022_127_18 (дата звернення: 12.05.2025).
41. Про охорону праці: Закон України. Відомості Верховної Ради України, 1992. № 49. С. 668.
42. Сакун М. М., Нагорнюк В. Ф. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур: Навчальний посібник. Одеса “Видавництво”, 2009. 184 с.
43. Самойленко О. А. Вплив елементів технології на урожайність озимого ячменю в умовах Південного Степу України. *Зрошуване землеробство*. Херсон, 2010. Вип. 54. С. 270–275.
44. Статистика погоди. Кліматичні дані за роками та місяцями. Електронний ресурс. URL: <https://meteopost.com/weather/climate/> (дата звернення: 15.09.2025).
45. Телегуз О. В. Агроекологічна оцінка ґрунтів. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2013, 260 с.
46. Цапик Т. Ф., Усова Н. М., Дударєва Г. Ф. Вплив мінерального живлення на продуктивність озимого ячменю за вирощування по попереднику гірчиця. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. Вип. 31. С. 98-108. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpiok_2021_31_11

- 47.Цапик Т. Ф., Усова Н. М., Дударєва Г. Ф. Продуктивність ячменю озимого за попередника соняшник залежно від мінерального живлення. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2023. Вип. 34. С. 120-130. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpioK_2023_34_13 (дата звернення: 04.06.2025).
- 48.Черенков А. В., Бенда Р. В., Прядко Ю. М. Вплив строків сівби та мінерального живлення на формування показників якості зерна ячменю озимого. *Бюлетень Інституту сільського господарства Степової зони НААН України*. 2012. № 2, С. 72–75.
- 49.Шевчук М. Й., Веремеєнко С. І., Лопушняк В. І. Агрохімія: Підручник. Ч. 2. Добрива та їх вплив на біопродуктивність ґрунту. Луцьк: Надстир'я, 2012. 440 с.
- 50.Шестак В. Г. Значення фосфорно-калійних добрив для дії азоту та нітрапірину при вирощуванні ячменю озимого в Західному Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 72(1). С. 105–134. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2022_72\(1\)_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2022_72(1)_10) (дата звернення: 20.12.2024).
- 51.Шкатула Ю. М., Барський Д. О. Формування площі листкової поверхні рослинами ячменю озимого в залежності від удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 24. С. 227–240. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2022_24_19 (дата звернення: 16.11.2024).
- 52.Ярчук И. И., Божко В. Ю., Войт В. А. Зимостійкість і урожайність сортів ячменю озимого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 3. С. 31–34
- 53.Ярчук І. І., Божко В. Ю., Мороз О. О. Зимостійкість та продуктивність сортів ячменю озимого залежно від строків сівби та норм висіву. *Вісник Полтавської держ. аграр. акад.* 2015. № 3. С. 54–57.
- 54.Alghabari M., Ihsan M. Z. Nitrogen rate and foliar application of zinc influence yield and quality traits of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Nutrition*. 2018. Vol. 41, No. 9. P. 1158–1167.

55. Alley M.M., Pridgen T.H., Brann D. E., Hammons J. L., Mulford R. L. Nitrogen Fertilization of Winter Barley: Principles and Recommendations. *VCE*. 2016. 44– 49.
56. Babulicová M., Dyulgerova B. Winter barley production in relation to crop rotations, fertilisation and weather conditions. *Agriculture*. 2018. № 64 (1), Pp. 35–44.
57. Kocoń A., Jarecki W. Effect of different fertilization systems on the yield and nutritional value of winter barley. *Agronomy Science*. 2021. Vol. 76, No. 1. P. 43–50.
58. Litke M., Gaile Z., Ruža A. Effect of nitrogen fertilization on winter barley yield, grain quality and economic efficiency. *Agronomy Research*. 2018. Vol. 16, No. 2. P. 500–509.
59. Mahler R., Guy S. Northern Idaho Winter Barley Fertilizer Guide. Winter Barley. *University of Idaho Extension*. 2015. 456–460.
60. Mittermayer M., Maidl F.-X., Donauer J., Kimmelman S., Liebl J., Hülsbergen, K.-J. Optimizing Nitrogen Use Efficiency and Yield in Winter Barley: A Three-Year Study of Fertilization Systems in Southern Germany. *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15(1). 391.
61. Olšovská K, Sytar O, Kováčik P. Optimizing Nitrogen Application for Enhanced Barley Resilience: A Comprehensive Study on Drought Stress and Nitrogen Supply for Sustainable Agriculture. *Sustainability*. 2024. 16(5). 2016.
62. Silifonov T. V. Grain yield and protein content in different ripening varieties of soft winter wheat using various types and doses of fertilizers. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. № 19(1). 44–51. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.1.2023.277770>.

ДОДАТКИ

Додаток А

Технологічна карта вирощування озимого ячменю

Площа – 100 га Попередник – озимий ріпак Природна зона – Західний Лісостеп

Урожайність, ц/га Валовий збір, ц

◀ основної продукції 60 ц/га
 ▶ основної продукції 60000 ц/га
 ▶ побічної продукції 60 ц/га
 ▶ побічної продукції 60000 ц/га

Види робіт	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Норма виробітку	Тарифна ставка, грн./га	Технічні засоби для виконання робіт	Вартість матеріальних ресурсів: паливе, насіння, добрива, пестициди та ін., грн.	Амортизація та передбачені витрати, грн..	Всього витрат по виду робіт, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дискування на глибину 18-20 см	га	1	5	20	ChallengerMT 865D + Horsh Tiger 4MT	10 х 50 грн. = 500 грн.	100	600
Культивація з боронуванням після оранки	га	1	15	8	CaseQvadtrac 550+ Vaderstad Aggressive	10 х 50 грн. = 500 грн.	200	600
Протруєння насіння	т	2			Ел. дв.+ПСШ-5	Кінто Плюс 1,5 л = 1850 Гаучо Плюс 0,5 = 905	120	2815
Передпосівна культивация комбінатором	га	1	25	10	CaseQvadtrac 550+ Kompaktomat	10 х 50 грн. = 500 грн.	120	600
Транспортування насіння та добрив	кг	6	-	10	Транспортний засіб	3 л х 50 грн. = 150 грн.	100	250
Сівба з формуванням технологічної колії	ц	1	30	20	JohnDeere 8310 + сівалка СЗУ 3,6	10л х 50 грн. = 500грн. Насіння 200 кг/га. = 2000грн. Добрива 200 кг/га = 3300	140	5620
Внесення гербіциду	га	1	25	20	Cebeco	Марафон 4,0 л = 500 грн. Гранстар Голд 0,02 кг/га =	140	800

						200 грн. Знищення бур'янів		
Знищення мишовидних гризунів	га	1			Вручну	Ізоцин 0,3 л/100кг = 200 грн	100	200
Всього по осінньому циклу робіт				81			800	11485
Перше підживлення азотом (аміачна селітра): навантаження, перевезення, внесення (N ₆₀)	га	1	25	10 10	John Deere 8310 + Amazone, TIR/trailer, manipulator (Транспортний засіб)	5 л х 25 грн. = 125 грн. Аміачна селітра 3207грн.	100	3382
Транспортування води х 2 рази	ц	3	-	10	Автоцистерна 28000/TIR	2,0 л х 50грн. = 50 грн. х 2 рази = 200 грн.	120	300
Внесення гербіциду, фунгіциду, інсектициду	га	1	25	20	Cebeco	Ланцелот 0,033 л = 400 грн. Старане преміум 0,3 л/га х = 700 грн. рНАД 0,2 л/га х 660 грн. = 300 грн.	1000	1500
Друге підживлення азотом (аміачна селітра): навантаження, перевезення, внесення (N ₆₀)	га	1	25	10 10	John Deere 8310 + Amazone, TIR/trailer, manipulator (Транспортний засіб)	5 л х 25 грн. = 125 грн. Аміачна селітра 0,175 ц х 6900 грн. = 1207 грн.	100	2382
Транспортування води х 2 рази	ц	3	-	10	Автоцистерна 28000/TIR	2,0 л х 25 грн. = 50 грн. х 2 рази = 100 грн.	120	160
Внесення інсектициду, фунгіциду	га	1	25	20	Cebeco	Авіатор Хпро 0,4 л х 1300 грн. = 520 грн. Карате 0,15 л/га х 700 грн. = 105 грн. Моддус 0,3 л/га х 1270 грн. = 381 грн. ЯраВіта манкоцин – 1 л/га * 300 грн = 300 грн Початок виходу в трубку	140	3370
Транспортування води	ц	3	-	10	Автоцистерна 28000/TIR	2,0 л х 25 грн. = 50 грн. х	120	160

х 2 рази						2 рази = 100 грн.		
Внесення інсектициду та фунгіциду	га	1	25	20	Cebeco	Авіатор Хпро 0,6 л/га х 1300 грн. = 780 грн. Канонір Дуо 0,15 л/га х 725 грн. = 110 грн. Церон 0,5 л/га *520 грн/га = 250 Прапарцевий листок	100	1190
Третє підживлення азотом (аміачна селітра): навантаження, перевезення, внесення (N ₃₀)	га	1	25	10 10	John Deere 8310 + Amazone, TIR/trailer, manipulator (Транспортний засіб)	5 л х 25 грн. = 125 грн. Аміачна селітра 0,09 ц х	100	1796
Всього по догляду за посівами				120			1000	13345
Пряме комбайнування	га	1	10	50	ClaasLexion6700	10 х 50 грн. = 500 грн.	100	500
Транспортування зерна	т	3	70	10	John Deere 8310 + Bailey TB 9	4 л х 25 грн. = 100 грн.	80	140
Очистка зерна	т	3	-	10	Riela Prof-Seed 1004-A	Ел. енергія – 400 грн.	100	460
Сушіння зерна	т	3	-	20	Riela GDT 300/24/3	Газ – 400 грн.	100	450
Всього по збиранню				90			400	1350
Разом по технології озимого ячменю				316			2300	28270

Додаток Б
Гранулометричний склад темно-сірого лісового ґрунту

Генетичний горизонт	Глибина відбору зразка, см	Розмір частинок, мм, кількість, %						Сума частинок менше 0,01мм, %	Назва ґрунту за гранулометричним складом
		Фізичний пісок			Фізична глина				
		Пісок		Пил			Мул		
		1 – 0,25	0,25 – 0,05	0,05 – 0,01	0,01 – 0,005	0,005 – 0,001	<0,001		
He _{ор}	0–30	0,0	10,76	62,08	6,16	11,12	9,88	27,16	грубопилювато- легкосуглинковий
He _{іп/ор}	30–43	0,0	7,80	63,68	7,84	7,80	12,88	28,52	грубопилювато- легкосуглинковий
I _{eh}	43–65	0,0	8,24	62,84	6,76	9,48	16,68	32,92	грубопилювато- середньосуглинковий
I _{gl}	65–100	0,0	5,48	56,5	5,12	8,20	24,68	38,00	грубопилювато- середньосуглинковий
P _{gl}	105–115	0,0	7,48	57,72	1,60	8,64	24,56	34,60	грубопилювато- середньосуглинковий

Додаток В.1

Математична обробка даних врожайності озимого ячменю за 2024 рік

Однофакторний дисперсійний аналіз

Одиниця вимірювання даних т/га

Варіантів – 4, повторень – 3

Вихідні дані

Варіант	Середнє	Повторення		
1	3,42	3,37	3,48	3,41
2	4,68	4,74	4,65	4,66
3	5,42	5,40	5,37	5,48
4	5,75	5,68	5,79	5,77

Середня по досліді – 4,82 т/га

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Степені свободи	Середній квадрат	F
Загальна	9,60	14		
Повторень	0,002	2		
Варіантів	9,58	4	3,19	867,63
Залишку	0,02	8	0,01	

Похибка середнього = 0,04 Похибка різниці середніх = 0,05

НІР = 0,12 т/га або 2,52%

Сила впливу фактора = 0,99

Точність досліді = 0,73% варіація даних = 19,40%

Додаток В.2

Математична обробка даних врожайності озимого ячменю за 2025 рік

Однофакторний дисперсійний аналіз

Одиниця вимірювання даних т/га
Варіантів – 4, повторень – 3

Вихідні дані

Варіант	Середнє	Повторення		
1	3,12	3,07	3,15	3,13
2	4,09	4,16	4,05	4,07
3	5,16	5,22	5,14	5,11
4	5,37	5,39	5,30	5,41

Середня по досліді – 4,43 т/га

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Степені свободи	Середній квадрат	F
Загальна	9,75	11		
Повторень	0,005	2		
Варіантів	9,73	3	3,24	1046,30
Залишку	0,02	6	0,00	

Похибка середнього = 0,03

Похибка різниці середніх = 0,05

НІР = 0,11 т/га або 2,51%

Сила впливу фактора = 1,00

Точність досліді = 0,73%

варіація даних = 21,24%