Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет

Кафедра загального землеробства

«Допущено до захисту»
Зав. кафедрою загального землеробства, к.б.н., професор
_____Микола Мостіпан
«___»_____2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

Формування продуктивності ячменю ярого голозерного за різного удобрення у Правобережному Лісостепу України

Виконав здобувач вищої освіти
ІІ курсу, групи АГ 24М
ОПП «Агрономія»
спеціальності 201«Агрономія»
_____ Неілко К. С.
«___»_____2025 р.

Керівник, доцент, к. г. н.
_____Ольга Гелевера
«___»_____2025 р.

Рецензент, доцент, к. б. н.
_____Марія Боброва
«___»_____2025 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет
Кафедра загального землеробства
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)
Галузь знань: 20 Аграрні науки та продовольство
Спеціальність: 201-Агрономія
Освітньо-професійна програма: Агрономія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри загального землеробства
_____Микола Мостіпан
“____”_____2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Неілко Костянтин Сергійович

1.Тема роботи_ Формування продуктивності ячменю ярого голозерного за різного удобрення у Правобережному Лісостепу України

2. Керівник роботи Гелевера О.Ф, кандидат географіних наук, доцент затверджений наказом ЦНТУ “__” вересня 2025 року №

3. Строк подання роботи до захисту_____2025 року__

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи – дослідити вплив різних типів добрив на врожайність ячменю голозерного в короткоротаційній сівозміні в умовах Правобережного Лісостепу України; визначити оптимальне поєднання різних видів мінеральних добрив і їх доз, які забезпечать підвищення врожайності та поліпшення якості зерна.

Завдання:

– визначити вплив удобрення на ріст і розвиток ячменю голозерного;
– з’ясувати особливості засвоєння основних елементів живлення ячменем голозерним залежно від системи удобрення;
– визначити вплив удобрення на формування врожайності та якісні показники зерна ячменю голозерного;
– провести оцінювання ефективності застосування різних систем

удобрення під ячмінь голозерний.

5.Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування результатів досліджень	Малаховська В.А., викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ П/П	Строк виконання етапів роботи	Назва етапів кваліфікаційної роботи
Перший	15.10.2025 року	Розділ 1.Огляд літератури, Розділ 5 Охорона праці та довкілля
Другий	22.10.2025 року	Розділ 2. Місце та умови проведення досліджень
Третій	14.11.2025 року	Розділ 3. Спеціальна частина
Четвертий	20.11.2025 року	Розділ 4. Економічне обґрунтування результатів досліджень
П’ятий	25.11.2025 року	Висновки, список літератури, вступ

Дата видачі завдання
«_17_»___вересня_2025 р.

Підпис керівника
_____Ольга Гелевера
Завдання прийнято до виконання
«_17_»_вересня__2025 р.

Підпис здобувача
_____ Неілко К. С.

ЗМІСТ

		Стор.
	Вступ	5
РОЗДІЛ1. ОСОБЛИВОСТІ УДОБРЕННЯ ЯЧМЕНЮ ГОЛОЗЕРНОГО ЯРОГО (огляд літератури)		8
1.1.	Агроекологічні особливості ячменю голозерного ярого	8
1.2.	Особливості мінерального живлення ячменю голозерного ярого	12
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА УМОВ ТА МІСЦЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ		16
2.1.	Організаційно-економічні умови господарства	16
2.2.	Погодні та грунтово-кліматичні умови	17
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА		22
3.1.	Методика проведення досліджень	22
3.2.	Агротехніка вирощування ячменю голозерного у досліді	24
3.3.	Формування врожайності ячменю голозерного залежно від добрив	30
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВДОСЛІДЖЕНЬ		47
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ		51
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	55
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57
	ДОДАТКИ	62

ВСТУП

Ячмінь голозерний є перспективною зерновою культурою, генетичний потенціал продуктивності якої ще не повністю реалізований у виробничих умовах. Його зерно придатне як для харчових цілей, так і для годівлі сільськогосподарських тварин. Підвищений інтерес до голозерного ячменю пов'язаний з його порівняльною невибагливістю до умов культивування та унікальним біохімічним складом, що включає білкові сполуки, вітаміни та інші біологічно активні речовини. Перевага голозерних форм у харчовому використанні обумовлена оптимальним хімічним складом зерна, підвищеним вмістом білка, мікроелементів та вітамінів. Оптимізація систем мінерального живлення забезпечуватиме максимальну реалізацію генетичного потенціалу нових сортів ярого голозерного ячменю в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, тому ці **дослідження є актуальними**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська робота базується на результатах науково-дослідної роботи автора, що виконувалась протягом 2024–2025 років на території ФГ «Мамохін С.М.» і була складовою частиною тематики досліджень загального землеробства «Дослідження природно-антропогенних ландшафтів центральної України для цілей збалансованого розвитку» (ДР № 0124U001006).

Мета дослідження – оптимізувати систему мінерального живлення ячменю голозерного у короткоротаційній сівозміні на основі науково обґрунтованого поєднання різних видів мінеральних добрив та їх норм, що забезпечать підвищення продуктивності та покращення якісних показників зерна для впровадження у сільськогосподарське виробництво Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети визначено наступні **завдання дослідження**:

- Визначити закономірності впливу систем удобрення на процеси росту та розвитку рослин ячменю голозерного;

- З'ясувати закономірності засвоєння основних елементів живлення рослинами ячменю голозерного залежно від застосованої системи удобрення;
- Визначити вплив систем мінерального живлення на формування врожайності та якісні характеристики зерна ячменю голозерного;
- Розкрити вплив факторів зовнішнього середовища та складових системи удобрення на формування структурних елементів урожайності ячменю голозерного;
- Провести комплексне оцінювання ефективності застосування різних систем удобрення під ячмінь голозерний.

Об'єкт дослідження –особливості росту, розвитку та формування продуктивності і якості зерна ячменю голозерного у сівозміні короткої ротації за різних систем мінерального живлення в умовах Правобережного Лісостепу України.

Предмет дослідження – ячмінь ярий голозерний, види та норми мінеральних добрив і їх комбінації, показники продуктивності та якості зерна.

Методи дослідження. У роботі застосовано системне поєднання загальнонаукових методів та спеціальних методів дослідження: польовий метод – закладання багатофакторних дослідів у польових умовах для встановлення достовірності впливу метеорологічних факторів та систем удобрення на продукційні процеси; розрахунково-гравіметричний метод – визначення параметрів показників структури урожаю та встановлення врожайності зерна і соломи; розрахунково-порівняльний метод – оцінювання агрохімічної, економічної та енергетичної ефективності систем удобрення; методи математичної статистики – дисперсійний, кореляційний аналіз та графічне відображення експериментальних даних.

Наукова новизна дослідження полягає у встановленні закономірностей формування продуктивності та якісних показників зерна ярого голозерного ячменю залежно від застосування різних видів та норм мінеральних добрив у польовій сівозміні Правобережного Лісостепу України.

Вперше для умов нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України науково обґрунтовано продукційні зміни у рослинах голозерного ячменю за різних норм та комбінацій мінеральних добрив, розроблено систему його удобрення, що передбачає внесення фосфорних і калійних компонентів під основний обробіток ґрунту, а азотних – під передпосівну культивацію.

Практичне значення отриманих результатів

Результати досліджень є науковою основою для розроблення оптимальної системи мінерального живлення цієї культури. Застосування оптимізованої системи удобрення з внесенням $N_{35}P_{30}K_{35}$ дозволяє підвищити та стабілізувати продуктивність на рівні 2,78–3,40 т/га високоякісного зерна. Приріст урожайності від застосування запропонованої системи удобрення становить 0,83–1,50 т/га з отриманням прибутку 4,0 тис. грн/га, що підтверджує високу економічну ефективність розробленої технології.

Особистий внесок здобувача. Автор безпосередньо брав участь у закладанні польових дослідів та проведенні всіх необхідних спостережень і обліків. Автором здійснено інформаційний пошук, проаналізовано наукову літературу за темою дослідження. На основі отриманих результатів польових і лабораторних досліджень, їх аналізу, теоретичного та математичного обґрунтування автором особисто сформульовано висновки та практичні рекомендації, забезпечено їх впровадження у виробництво.

Апробація результатів роботи: результати досліджень, що включені до роботи, оприлюднено на Міжнародній науково-практичній інтернет конференції «Інноваційні підходи ведення аграрного виробництва в умовах євроінтеграції».

Публікації: Гелевера Ольга, Неілко Костянтин. Формування продуктивності ячменю ярого голозерного за різного удобрення у Правобережному Лісостепу України / Інноваційні підходи ведення аграрного виробництва в умовах євроінтеграції. Міжнародна науково-практична інтернет конференція. м. Кам’янець-Подільський, 2025.

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ УДОБРЕННЯ ЯЧМЕНЮ ГОЛОЗЕРНОГО ЯРОГО (огляд літератури)

1.1. Агроекологічні особливості ячменю голозерного ярого

Ячмінь ярий (Hordeum vulgare L.) належить до найдавніших і найпоширеніших зернових культур у світі. Його вирощують на всіх континентах, від полярних регіонів до тропіків, що свідчить про високу екологічну пластичність культури. В Україні ячмінь ярий традиційно займає важливе місце у структурі посівних площ зернових культур, особливо в зонах Лісостепу та Степу.

Серед різновидів ячменю особливу увагу привертає голозерний ячмінь, який характеризується відсутністю плівок на зерні. Ця біологічна особливість значно підвищує кормову та харчову цінність зерна, оскільки вміст білка та інших поживних речовин у ньому на 15-20% вищий порівняно з плівчастими формами. Голозерний ячмінь містить у середньому 14-16% білка, що робить його перспективною культурою для продовольчого використання та годівлі тварин.

Ячмінь ярий є культурою з відносно коротким вегетаційним періодом, який у різних сортів коливається від 65 до 110 діб. Ця особливість дозволяє використовувати його як страхову культуру та включати в повторні посіви. Температурні вимоги ячменю помірні: насіння починає проростати за температури 1-2°C, однак оптимальна температура для проростання становить 15-20°C. Сходи витримують короткочасні приморозки до мінус 6-8°C [25].

Коренева система ячменю ярого мичкувата, проникає в ґрунт на глибину 1,0-1,5 м, але основна маса коренів розміщується у верхньому шарі на глибині 20-30 см. Ця особливість зумовлює високу чутливість культури до умов живлення у верхньому шарі ґрунту та вимагає ретельної підготовки посівного ложа.

Ячмінь ярий відноситься до помірно посухостійких культур. Транспіраційний коефіцієнт становить 350-450, що є нижчим показником

порівняно з пшеницею та вівсом. Критичні періоди водоспоживання припадають на фази виходу в трубку та колосіння, коли формуються генеративні органи. Нестача вологи в ці періоди призводить до значного зниження продуктивності через утворення неповноцінних колосків і зерен.

У Правобережному Лісостепу України, де проводилися дослідження, гідротермічні умови загалом сприятливі для вирощування ячменю ярого, хоча спостерігається значна мінливість погодних умов за роками. Середньорічна кількість опадів у регіоні становить 550-650 мм, з яких близько 350-400 мм припадає на вегетаційний період. Однак нерівномірність їх розподілу часто створює стресові умови для рослин.

Ячмінь є культурою довгого дня, тому за короткого світлового дня розвиток рослин уповільнюється. Сума активних температур, необхідна для завершення вегетації ранньостиглих сортів, становить 1000-1200°C, середньостиглих – 1200-1400°C. Оптимальна температура для росту та розвитку в період активної вегетації знаходиться в межах 18-22°C [38].

Ячмінь ярий досить вибагливий до родючості та структури ґрунту. Найкращими для нього є добре окультурені, родючі, структурні ґрунти з нейтральною або слабколужною реакцією (pH 6,5-7,5). У Правобережному Лісостепу переважають чорноземи типові та опідзолені, а також темно-сірі опідзолені ґрунти, які за належного агротехнічного фону забезпечують високу продуктивність культури.

Голозерні форми ячменю потребують особливо ретельної підготовки ґрунту та оптимальних умов живлення, оскільки вони дещо поступаються плівчастим формам за конкурентоспроможністю на ранніх етапах розвитку. Рихлий, добре провітрюваний верхній шар ґрунту сприяє дружному проростанню насіння та формуванню потужної кореневої системи.

Голозерний ячмінь характеризується підвищеною потребою в елементах живлення порівняно з плівчастими формами через вищу інтенсивність накопичення органічної речовини. На формування 1 т зерна з

відповідною кількістю соломи рослини голозерного ячменю виносять з ґрунту в середньому 26-30 кг азоту, 10-12 кг фосфору та 20-25 кг калію [10].

Динаміка засвоєння поживних речовин має певні особливості за фазами розвитку. Найбільше азоту рослини споживають у періоди кущіння та виходу в трубку, фосфору – у перші фази росту та в період наливання зерна, калію – в період інтенсивного росту вегетативної маси. Ця закономірність повинна враховуватися при розробці системи удобрення культури.

Агроекологічні умови Правобережного Лісостепу України характеризуються помірно континентальним кліматом з достатнім зволоженням. Середньорічна температура повітря становить 6,5-7,5°С, тривалість безморозного періоду – 160-180 діб. Такі умови є сприятливими для реалізації біологічного потенціалу ячменю ярого голозерного [26, 27].

Водночас регіон характеризується значною мінливістю погодних умов за роками, що вимагає застосування адаптивних технологій вирощування. Особливо важливим є оптимізація системи удобрення, яка дозволяє рослинам ефективніше використовувати наявні природні ресурси та краще протистояти стресовим факторам.

1.2. Особливості мінерального живлення ячменю голозерного ярого

Мінеральне живлення відіграє ключову роль у формуванні продуктивності ячменю ярого голозерного та якості отриманого врожаю. Збалансоване забезпечення рослин елементами живлення протягом усього вегетаційного періоду є необхідною умовою реалізації їх генетичного потенціалу.

Азот є найважливішим елементом живлення для ячменю, оскільки входить до складу білків, нуклеїнових кислот, хлорофілу та інших життєво важливих сполук. Азотне живлення визначає інтенсивність ростових процесів, формування асиміляційного апарату та накопичення білка в зерні.

Потреба рослин ячменю голозерного в азоті є неоднаковою протягом вегетації. У перші фази розвитку, до виходу в трубку, рослини споживають відносно невелику кількість азоту, але його доступність у цей період

критично важлива для закладання продуктивності. Максимальне споживання азоту припадає на період від початку виходу в трубку до колосіння, коли формується до 60-70% загальної потреби в цьому елементі [8].

Оптимальна доза азотних добрив для ячменю голозерного в умовах Лісостепу України становить 60-90 кг/га д.р. залежно від попередника, вмісту доступного азоту в ґрунті та запланованого рівня врожайності. Надлішні дози азоту можуть спричинити вилягання посівів, затримку дозрівання та погіршення якості зерна.

Дослідження різних науковців показують, що голозерний ячмінь більш ефективно використовує азотні добрива порівняно з плівчастими формами. Коефіцієнт використання азоту з добрив становить 50-65%, тоді як у плівчастого ячменю цей показник не перевищує 45-55%. Це пояснюється підвищеною інтенсивністю метаболічних процесів у голозерних форм [12].

Фосфор відіграє важливу роль в енергетичному обміні рослин, входить до складу нуклеїнових кислот, фосфоліпідів та інших органічних сполук. Достатнє фосфорне живлення прискорює розвиток кореневої системи, підвищує стійкість рослин до несприятливих факторів та сприяє кращому виповненню зерна.

Особливістю фосфорного живлення ячменю є велика потреба в доступних формах фосфору на початкових етапах розвитку, коли коренева система ще недостатньо розвинена. Недостатнє забезпечення рослин фосфором у цей період практично неможливо компенсувати пізнішими підживленнями, оскільки це призводить до незворотних змін у розвитку рослин.

Оптимальні дози фосфорних добрив для голозерного ячменю становлять 60-80 кг/га д.р. P_2O_5. На ґрунтах з низьким і середнім вмістом рухомих форм фосфору ефективність фосфорних добрив особливо висока. Фосфорні добрива доцільно вносити під основний обробіток ґрунту або локально під час сівби, що забезпечує кращу доступність фосфору для рослин [5, 6].

Калій не входить до складу органічних сполук, але є незамінним активатором численних ферментів, регулює водний режим рослин, підвищує стійкість до полягання та хвороб. Достатнє калійне живлення особливо важливе за високих доз азотних добрив, оскільки калій підвищує ефективність використання азоту та знижує ризик вилягання.

Голозерний ячмінь характеризується підвищеною потребою в калії через інтенсивні процеси синтезу органічних речовин. Оптимальні дози калійних добрив становлять 60-90 кг/га д.р. K_2O. На легких ґрунтах та за високих доз азотних добрив потреба в калії зростає [22, 23].

Найефективнішим способом внесення калійних добрив є їх заробка під основний обробіток ґрунту, що забезпечує рівномірний розподіл калію в кореневмісному шарі. За високої забезпеченості ґрунту калієм можливе зниження доз калійних добрив до 40-60 кг/га д.р. [13].

Окрім основних елементів живлення, ячмінь голозерний потребує достатнього забезпечення мезо- та мікроелементами. Особливо важливими є сірка, магній, залізо, марганець, цинк, мідь та бор.

Сірка необхідна для синтезу амінокислот і білків, її нестача призводить до погіршення якості зерна. Потреба ячменю в сірці становить близько 15-20 кг/га. Магній входить до складу хлорофілу і є активатором багатьох ферментів. За вирощування на кислих ґрунтах може спостерігатися нестача доступного магнію [29].

Серед мікроелементів найбільше значення для ячменю мають марганець, цинк та мідь. Марганець бере участь в процесах фотосинтезу та азотному обміні, його нестача особливо проявляється на карбонатних та сильнолужних ґрунтах. Цинк необхідний для синтезу ауксинів та інших фітогормонів, його дефіцит частіше спостерігається на легких піщаних ґрунтах. Мідь входить до складу окислювальних ферментів і підвищує стійкість рослин до грибних захворювань.

Інтенсивність споживання елементів живлення ячменем голозерним змінюється протягом вегетації відповідно до фаз розвитку рослин. У період

від сходів до кущіння рослини споживають відносно невелику кількість поживних речовин – близько 15-20% від загальної потреби. Однак доступність елементів живлення в цей період критично важлива для формування потужної кореневої системи та оптимальної густоти продуктивного стеблостою [16].

Період максимального споживання елементів живлення припадає на фази виходу в трубку та колосіння, коли відбувається інтенсивний ріст вегетативної маси і формування генеративних органів. У цей період рослини засвоюють до 60-65% азоту, 50-55% фосфору та 55-60% калію від загальної потреби. Після цвітіння інтенсивність споживання елементів живлення різко знижується, і відбувається реутилізація поживних речовин з вегетативних органів до зерна [17].

Ефективна система удобрення ячменю голозерного повинна забезпечувати збалансоване живлення рослин відповідно до їх потреб у різні періоди вегетації. Вона включає основне удобрення, припосівне та підживлення. Основне удобрення передбачає внесення фосфорних і калійних добрив у повній дозі та частини азотних добрив (40-50% від загальної дози) під передпосівну культивацію або під зяблевий обробіток ґрунту. Така система забезпечує рівномірний розподіл добрив у кореневмісному шарі і створює сприятливі умови живлення з початку вегетації [15].

Припосівне удобрення застосовують у вигляді невеликих доз комплексних добрив (10-15 кг/га д.р.) під час сівби у рядки. Це забезпечує молоді рослини легкодоступними формами елементів живлення в критичний початковий період росту. Особливо ефективне припосівне внесення фосфорних добрив [18].

Підживлення азотними добривами проводять у період кущіння або на початку виходу в трубку дозою 30-40 кг/га д.р. Це дозволяє регулювати ростові процеси та оптимізувати формування продуктивного стеблостою. За несприятливих погодних умов або на бідних ґрунтах можливе проведення

позакореневого підживлення у фазу колосіння мікродобривами та розчинами макроелементів [34].

Ефективність мінеральних добрив значною мірою залежить від форм, у яких вони застосовуються, та від співвідношення між основними елементами живлення. Серед азотних добрив для ячменю найбільш ефективними є аміачна селітра, карбамід та КАС. Аміачна селітра швидше засвоюється рослинами за низьких температур на початку вегетації, тоді як карбамід ефективніший за більш високих температур [2].

З фосфорних добрив для основного внесення застосовують амофос, суперфосфат простий і подвійний. За припосівного внесення перевагу віддають водорозчинним формам, таким як амофос або подвійний суперфосфат. Серед калійних добрив найчастіше використовують хлористий калій, який за осіннього внесення не чинить негативного впливу на рослини через вимивання хлору в нижні горизонти ґрунту.

Оптимальне співвідношення NPK для голозерного ячменю залежить від родючості ґрунту, попередника та інших факторів, але в середньому становить 1:0,8-1,0:0,8-1,0. За високого вмісту доступних форм фосфору і калію в ґрунті можливе застосування лише азотних добрив або зміна співвідношення на користь азоту [32].

Органічні добрива (гній, компости, сидерати) відіграють важливу роль у підвищенні родючості ґрунту та покращенні його фізико-хімічних властивостей. Однак безпосереднє внесення органічних добрив під ячмінь голозерний не практикується через короткий вегетаційний період та неповне їх мінералізування. Ячмінь краще використовує післядію органічних добрив, внесених під попередню культуру [9].

За розміщення ячменю після добре удобрених просапних культур дози мінеральних добрив можна зменшити на 20-30%. Сидеральні культури, зокрема бобові, також є ефективним джерелом органічної речовини та азоту для ячменю. Запашка сидератів збагачує ґрунт на 50-80 кг/га азоту, що еквівалентно внесенню 20-30 т/га гною [28].

Ефективність системи удобрення ячменю голозерного значною мірою визначається взаємодією з іншими агротехнічними прийомами та факторами довкілля. Оптимальне забезпечення рослин вологою підвищує коефіцієнт використання поживних речовин з добрив на 15-25%. За посушливих умов ефективність азотних добрив різко знижується через погіршення їх розчинності та засвоєння кореневою системою.

Система обробітку ґрунту впливає на доступність елементів живлення та ефективність добрив. Глибокий зяблевий обробіток сприяє кращій мінералізації органічної речовини та рівномірнішому розподілу добрив у кореневмісному шарі. Мінімалізація обробітку вимагає корегування системи удобрення, зокрема збільшення частки припосівного внесення добрив.

Густота посіву та норма висіву також взаємодіють із системою удобрення. За підвищених доз азотних добрив доцільно дещо зменшувати норму висіву для запобігання надмірному загущенню та ризику вилягання. Оптимальне поєднання густоти стеблостою та рівня мінерального живлення забезпечує максимальну продуктивність посівів.

Висновки до розділу 1:

Продуктивність голозерного ячменю значною мірою визначається ефективністю системи мінерального живлення, яка повинна враховувати специфічні особливості цих сортів. Оптимальні дози добрив для голозерних форм, як правило, менші порівняно з плівчастими сортами та становлять $N_{30–60}P_{30–60}K_{30–60}$ кг/га залежно від ґрунтово-кліматичних умов.

Найважливішим є забезпечення збалансованого живлення в критичні періоди розвитку - від сходів до кінця кущіння. Пізні підживлення менш ефективні через біологічні особливості культури.

Комплексні системи удобрення з використанням мінеральних, органічних та біологічних добрив забезпечують не лише високу продуктивність, але й сталу родючість ґрунту. Застосування мікродобрив та регуляторів росту є ефективним доповненням до основної системи удобрення.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА УМОВ ТА МІСЦЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Організаційно-економічні умови господарства

Для виконання досліджень було обрано фермерське господарство «Мамохін С.М», розташоване у межах Правобережного Лісостепу України , яке спеціалізується на виробництві зернових, зернобобових та олійних культур. Підприємство забезпечене сучасною матеріально-технічною базою, що включає ґрунтообробні агрегати, сівалки, машини для внесення добрив та збору врожаю, а також мобільні зерноочисні установки, що створює належні умови для проведення агротехнічних досліджень.

Таблиця 2.1

Структура земельних угідь ФГ «Мамохін С.М»

Назва угідь	Площа, га	%
Рілля:	410,0	92,5
– Польова сівозміна	385,0	86,8
– Плодоовочева сівозміна	25,0	5,7
Багаторічні насадження	18,0	4,0
Сіножаті	8,0	1,8
Пасовища	2,0	0,4
Інші землі (споруди, дороги)	5,0	1,1
Всього угідь	443,0	100

У господарстві наявні різні види земельних угідь (рілля, багаторічні насадження, сіножаті, пасовища), що дозволяє досліджувати технології вирощування культур за різних агроекологічних умов (табл. 2.1). Структура земельних угідь є збалансованою та дає змогу дотримуватися оптимальних сівозмін. Поля спроєктовані компактними масивами із врахуванням рельєфу, напрямків вітрів і особливостей зволоження, що сприяє ефективній механізації виробничих процесів.

Таблиця 2.2

Склад сільськогосподарської техніки ФГ «Мамохін С.М»

Марка машини / обладнання	Кількість, шт.
Трактори – всього	8
– колісні трактори МТЗ-82	5
– гусеничні трактори Т-150	3
Культиватор КПС-4	2
Культиватор КРН-5,6	1
Борона дискова БДВ-6,5	2
Плуг оборотний ПЛН-5-35	1
Сівалка точного висіву УПС-8	2
Зернова сівалка СЗ-5,4	1
Зерноочисна машина ОВС-25	1
Мобільна зерноочисна установка МЗУ-20	1
Вантажні автомобілі (ГАЗ, МАЗ)	3
Спеціалізовані причепи	4

Матеріально-технічна база підприємства представлена різнотипною сільськогосподарською технікою – тракторами, культиваторами, боронами, сівалками та іншим обладнанням для обробітку ґрунту й догляду за посівами. Для забезпечення транспортування продукції та логістики господарство має у власності вантажні й спеціалізовані автомобілі (табл. 2.2).

Таке поєднання земельних ресурсів та технічного оснащення створює сприятливі організаційно-економічні передумови для проведення наукових експериментів та впровадження інноваційних технологій у вирощування сільськогосподарських культур.

2.2. Погодні та грунтово-кліматичні умови

Експериментальні дослідження здійснювались протягом 2024-2025 років на території ФГ «Мамохін С.М» Кропивницького району

Кіровоградської області. Гідрогеологічні умови території визначаються глибоким заляганням підземних вод на рівні 20 метрів і нижче. Така особливість практично виключає вплив ґрунтових вод на водоспоживання сільськогосподарських культур та формування властивостей ґрунту. Поповнення запасів ґрунтової вологи відбувається виключно за рахунок атмосферних опадів, що робить вологість лімітувальним фактором для формування високих урожаїв у цьому регіоні.

Ґрунтовий покрив експериментальної ділянки представлений чорноземом опідзоленим важкосуглинкового ґранулометричного складу, сформованим на лесі. За генетичними властивостями досліджуваний ґрунт займає проміжне положення між чорноземом типовим та темно-сірим опідзоленим ґрунтом, що дозволяє поширювати результати досліджень на інші підтипи чорноземних ґрунтів регіону.

Морфологічний профіль чорнозему опідзоленого має чітко виражену будову, яка поєднує характерні ознаки різних типів ґрунтів. Від чорнозему типового він успадкував високий вміст гумусу, глибоку гумусованість профілю та наявність кротовин. Від темно-сірих лісових ґрунтів - чітку диференціацію профілю за елювіально-ілювіальним типом, ущільнення в середній частині, глибоке вилуговування карбонатів та наявність білуватої присипки в гумусовому горизонті.

Ґрунтовий покрив території характеризується строкатістю, типовою для Правобережного Лісостепу. Ґрунтоутворювальними породами є леси та лесовидні суглинки. Розподіл основних типів ґрунтів у регіоні: чорноземи типові складають 36,5%, опідзолені чорноземи - 21,6%, темно-сірі опідзолені - 13%, сірі лісові - 11,3%, ясно-сірі лісові - 3,8%, лучно-чорноземні - 2,9% та лучні ґрунти - 3,4%.

Гранулометричний склад чорнозему опідзоленого характеризується переважанням крупних пилуватих часточок (40-65%), значною часткою мулистих часточок (17-40%) та фізичної глини (24-64%). На момент початку досліду у 2024 році агрохімічні показники орного шару (0-20 см)

характеризувались наступними параметрами: вміст гумусу становив 3,8%, реакція ґрунтового розчину була близька до нейтрльної.

Забезпеченість поживними елементами характеризувалась низьким вмістом азоту легкогідролізованих сполук (105 мг/кг) та підвищеним вмістом рухомих сполук фосфору й калію (відповідно 107 і 133 мг/кг). Мікроелементний склад ґрунту включав середній вміст кальцію, магнію та кобальту, низький вміст рухомих сполук мангану, цинку та міді.

Температурний режим регіону характеризується сумою активних температур у межах 2400-3200°С, залежно від широтного розташування. Гідротермічний коефіцієнт коливається в межах 1,1-1,2, але може значно варіювати в різні роки. Середньорічна температура повітря становить +8,8°С, з середньою температурою найхолоднішого місяця (січень) -3,4°С та найтеплішого (червень) +20,9°С.

Режим золоження характеризується нерівномірним розподілом протягом року. За теплий період випадає в середньому 340 мм опадів, за холодний – 150 мм. Загальна тривалість вегетаційного періоду становить близько 215 діб, а період активної вегетації (з температурою вище +10°С) - 170 діб. Період з середньодобовою температурою вище +5°С триває до 235 діб, а понад +10°С - 140-160 діб залежно від року.

Весняне відновлення вегетації за стійкого переходу середньодобової температури через +5°С у середньому припадає на 30 березня, а припинення біологічної вегетації - на 7 листопада. Для регіону характерна чітка сезонна диференціація погодних умов. Осінній період наступає при пониженні температури повітря до +15°С і зазвичай характеризується тривалістю, теплом та сонячною погодою. Перехід температури нижче +10°С відбувається з середини жовтня, після чого наступає похмура дощова погода, яка сприяє відновленню запасів ґрунтової вологи.

Зимовий період починається у другій половині листопада за стійкого переходу середньодобової температури через 0°С. Зима переважно тепла та хмарна з періодичними відлигами. Тривалість зимового періоду становить

105-115 діб з можливими значними відхиленнями в окремі роки. За зимовий період випадає 112 мм опадів (20% від річної кількості). Стійкий сніговий покрив формується з другої декади грудня, глибина промерзання ґрунту в середньому сягає 57 см, а в окремі роки – до 90 см.

Весняний період розпочинається в другій декаді березня з переходом середньодобової температури через 0°С і триває до третьої декади травня (50-60 діб). Характеризується невисокою температурою повітря (8-10°С) та незначною кількістю опадів – 125 мм (20% річної кількості). Відтавання ґрунту до глибини 25 см відбувається в середині березня, а на повну глибину – у кінці березня або першій декаді квітня. Агрофізична стиглість верхнього шару грунту настає 12-17 квітня, а біологічна – у кінці квітня чи на початку травня.

Літній період розпочинається на початку третьої декади травня при переході середньодобової температури через +15°С і триває 115-120 діб до середини вересня. Погодні умови літа загалом позитивно впливають на ріст і розвиток зернових культур, але в окремі роки можуть спостерігатися літні посухи або, навпаки, інтенсивні зливові дощі, що значно впливають на стан чорнозему опідзоленого та його фізичні властивості.

Проведений аналіз ґрунтово-кліматичних умов свідчить про їх загальну придатність для формування високої продуктивності ячменю ярого голозерного. Чорнозем опідзолений дослідної ділянки характеризується сприятливими агрохімічними та фізико-хімічними властивостями, які за умови забезпечення достатньою кількістю вологи, доброго мінерального живлення та оптимального температурного режиму здатні забезпечити отримання високих і сталих урожаїв.

Погодні умови періоду досліджень (2024-2025 рр.) знаходились у межах норм відхилень для умов нестійкого зволоження, характерного для Правобережного Лісостепу. Найбільш складні умови для реалізації продуктивного потенціалу ячменю склались у 2024 році, особливо в травні-червні, тоді як 2025 рік характеризувався кращим вологозабезпеченням.

Контрастність погодних умов протягом років досліджень дозволяє комплексно оцінити ефективність досліджуваних агротехнологічних заходів у різних абіотичних умовах та забезпечує репрезентативність отриманих експериментальних даних для умов нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

За даними метеостанції Кропивницький, погодні умови вегетаційного періоду 2024 та 2025 років істотно відрізнялися від середньобагаторічних показників (Додаток А). У 2024 році сумарна кількість атмосферних опадів за період березень–липень становила 130 мм, що на 44,2 % менше за середньобагаторічну норму (235 мм). Найбільший дефіцит вологи спостерігався у травні (6 мм проти 47 мм) та липні (3 мм проти 61 мм). У 2025 році сумарні опади становили 175 мм, що також нижче норми на 25,8 %, проте на 43 мм більше, ніж у 2024 році. Особливістю 2025 року була значна кількість опадів у червні (82 мм проти норми 62 мм) (Додаток А, Б).

Середня температура повітря у період вегетації у 2024 році становила 16,85 °С, що на 2,53 °С перевищувало норму. Найбільші відхилення від середньобагаторічних значень спостерігалися у квітні (+4,2 °С) та липні (+4,1 °С). У 2025 році середня температура за період вегетації становила 15,53 °С, що на 1,3 °С вище норми, проте на 1,31 °С нижче, ніж у 2024 році. 2024 рік можна охарактеризувати як теплий і вкрай посушливий у другій половині вегетації, із високим ризиком зниження врожайності через дефіцит вологи у ґрунті. 2025 рік відзначався помірнішими температурами та більш рівномірним розподілом опадів, що частково знижувало гідротермічну напруженість, хоча дефіцит вологи на початку вегетації зберігався.

Погодні умови 2024 та 2025 років у регіоні створювали підвищені ризики для рослинництва. За умов стабільного підвищення температури у поєднанні зі зниженням або нерівномірним розподілом опадів доцільним є впровадження систем адаптивного землеробства (мульчування, підбір посухостійких сортів, оптимізація строків сівби) та моніторинг гідротермічних показників упродовж усього вегетаційного періоду.

РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Методика проведення досліджень

Схема експерименту базувалася на принципі вивчення агрохімічної ефективності різних співвідношень елементів мінерального живлення у зерно-просапній сівозміні. За виробничий контроль було обрано варіант із внесенням $N_{70}P_{60}K_{70}$ на гектар площі сівозміни. Дози елементів живлення у цьому варіанті розраховувалися виходячи з необхідності повної компенсації їх виносу з урожаєм зерна та насіння культурами ротації.

Розміщення варіантів досліду здійснювалося послідовним способом із забезпеченням триразової повторності кожного варіанту. Загальна площа однієї дослідної ділянки складала 36 м², а облікова площа, з якої проводили визначення врожайності та відбір рослинних зразків, становила 25 м².

Схема досліду включала девять варіантів удобрення, які передбачали вивчення впливу окремих елементів живлення та їх різних комбінацій. Контрольний варіант не передбачав внесення добрив. Варіанти з одинарними дозами азоту (N_{35}), подвійними дозами азоту (N_{70}), фосфорно-калійним живленням ($P_{60}K_{70}$), а також парні комбінації елементів ($N_{70}K_{70}$, $N_{70}P_{60}$) дозволяли оцінити роль кожного макроелементу окремо та в поєднанні.

Окрему групу становили варіанти зі зниженими дозами окремих елементів при повній системі удобрення, що давало змогу визначити можливість оптимізації витрат на мінеральні добрива без суттєвого зниження продуктивності культур. Диференціація доз добрив за культурами сівозміни враховувала їх біологічні особливості та потенціал продуктивності.

Польові дослідження виконували згідно з загальноприйнятими методиками проведення наукових експериментів у землеробстві та рослинництві. Для встановлення закономірностей формування врожайності та якісних показників зерна ячменю голозерного проводили комплекс спостережень за ростом та розвитком рослин протягом вегетаційного періоду [21].

Фенологічні спостереження передбачали фіксацію дат настання основних фаз розвитку рослин: повних сходів, кущення, виходу у трубку, колосіння, цвітіння, молочної, воскової та повної стиглості зерна. Облік густоти стояння рослин ячменю проводили після повних сходів перед збиранням урожаю методом підрахунку кількості рослин на фіксованих облікових майданчиках кожного варіанту [11].

Біометричні вимірювання включали визначення динаміки росту рослин шляхом вимірювання висоти десяти типових рослин з кожного варіанту досліду в основні фази розвитку. Площу листкової поверхні встановлювали за методом промірів довжини та ширини листкових пластинок з подальшим перерахунком через коефіцієнт 0,67 у динаміці протягом вегетації.

Фото-синтетичний потенціал посівів за певні міжфазні періоди розраховували за формулою: $ФСП = 0,5\ (Л_1 + Л_2) \times T$, де $Л_1$ і $Л_2$ – площа листкової поверхні на початку та в кінці періоду (тис. м²/га), Т – тривалість періоду (діб). Чисту продуктивність фотосинтезу визначали відношенням накопиченої біомаси до сумарного фотосинтетичного потенціалу посіву [11].

Структуру врожаю аналізували перед збиранням шляхом відбору рослинних зразків з облікових ділянок кожного варіанту. Визначали густоту продуктивного стеблостою, довжину колоса, кількість зерен у колосі, масу зерна з колоса та рослини, масу 1000 зерен. Облік урожайності зерна здійснювали методом суцільного збирання з облікових ділянок з подальшим перерахунком на стандартну вологість та чистоту.

Коефіцієнти використання елементів живлення з мінеральних добрив розраховували різницевим методом шляхом порівняння виносу елементів з урожаєм у варіанті з повним мінеральним добривом та у варіантах з парними комбінаціями елементів. Баланс елементів живлення в системі ґрунт-рослина розраховували за спрощеною схемою, прирівнюючи надходження елементів з насінням та атмосферними опадами до природних втрат.

Економічну ефективність систем удобрення визначали шляхом порівняння вартості додатково отриманого врожаю з витратами на придбання

та внесення мінеральних добрив, а також на збирання та доробку додаткової продукції. Розрахунки проводили за цінами реалізації насіння ячменю та вартістю агрохімікатів у IV кварталі 2024 року [14].

Енергетичну ефективність оцінювали через співвідношення енергії, акумульованої в урожаї, та енергетичних витрат на вирощування культури. Індекс комплексного оцінювання систем удобрення розраховували з урахуванням агрономічної, економічної та енергетичної ефективності за відповідною методикою.

Статистичну обробку даних експериментальних досліджень виконували з використанням пакету стандартних програм MSOffice Excel та методу дисперсійного аналізу. Достовірність отриманих результатів оцінювали за критерієм найменшої суттєвої різниці на рівні значущості 0,05.

Для оцінки зв'язку між показниками використовували коефіцієнт кореляції з градацією згідно зі шкалою Чеддока: 0,1–0,3 – незначний зв'язок; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1,0 – функціональний. Індекс стабільності ознак розраховували як відношення найбільшого прояву ознаки до найменшого за роки досліджень.

Застосування комплексної методики досліджень забезпечило отримання достовірних та об'єктивних результатів щодо впливу різних систем удобрення на формування продуктивності ячменю ярого голозерного в умовах Правобережного Лісостепу України.

3.2. Агротехніка вирощування ячменю голозерного у досліді

Об'єктом дослідження був ячмінь звичайний ярий (*Hordeum vulgare* L.) голозерний сорту Ахіллес. Цей сорт створено у Селекційно-генетичному інституті – Національному центрі насіннєзнавства та сортовивчення методом добору з гібридної популяції від схрещування південного екотипу Южний із ефіопським зразком Jet. Сорт належить до унікальної ботанічної різновидності *glabronudum*, що характеризується голим зерном та гладенькими остями [24].

Сорт Ахіллес рекомендований для культивування в усіх природно-кліматичних зонах України та має універсальне призначення – харчове та кормове. Потенціал продуктивності сорту досягає 8,2 т/га зерна за оптимальних умов вирощування [33].

Морфологічні та господарські ознаки сорту включають помірне кущення рослин, висоту стебла 80–85 см, дворядний остистий колос із гладенькими зазубреними остями. Зерно формується крупним, видовженої форми, з масою 1000 зерен близько 55 г. Характерною особливістю є легке відокремлення зерна від колоскової луски з вимолочуваністю на рівні 95%. Зернівка має білий колір, склоподібну консистенцію зі слабким антоціановим відтінком.

Важливою біологічною особливістю є виступання зародка за контур овалу зернівки, що потребує особливої уваги під час обмолоту. За інтенсивного механічного впливу можливе травмування зародка, яке знижує польову схожість насіння. Тому обмолот рекомендується проводити за вологості зерна 16–18% із ретельним регулюванням робочих органів молотильного апарату.

Технологічні переваги голозерного зерна полягають у легкості переробки на борошно, крупу або пластівці. Харчова цінність продуктів переробки зростає завдяки збереженню зародка та оболонки, які містять біологічно активні речовини. Вміст білка в крупі з голозерного ячменю на 1–2% перевищує аналогічний показник плівчастих форм.

Агротехніка вирощування ячменю голозерного відповідала рекомендованій для зони Правобережного Лісостепу технології для плівчастих сортів, за винятком досліджуваних систем удобрення. У ротації сівозміни ячмінь розміщували після кукурудзи як попередника.

Система основного обробітку ґрунту після збирання попередника включала дискування стерні на глибину 6–8 см та оранку на глибину 22–24 см. Навесні проводили закриття вологи шляхом вирівнювання зябу та передпосівну культивацію безпосередньо перед сівбою.

Систему удобрення реалізовували диференційовано за строками внесення. Фосфорні добрива у формі суперфосфату гранульованого та калійні у вигляді калію хлористого вносили під зяблеву оранку восени. Азотні добрива у формі аміачної селітри застосовували навесні під передпосівну культивацію згідно з варіантами схеми досліду. Використані агрохімікати включені до офіційного переліку дозволених для застосування в Україні препаратів.

Сівбу виконували сівалкою СЗ-3,6 з міжряддями 15 см за досягнення температури ґрунту на глибині загортання насіння 3–4°С, що відповідає найбільш ранньому агротехнічному строку. Норма висіву становила 4,5 млн схожих насінин на гектар, глибина загортання – 5 см. Побічну продукцію всіх культур сівозміни (солому, стебелиння) залишали на полі для подальшої мінералізації.

Зазвичай на чорноземних ґрунтах вносять $N_{30–45}P_{40–60}K_{40–50}$, на малородючих – дозу збільшують до 60-90 кг/га д.р. Основну кількість добрив під ячмінь ярий, особливо фосфорних і калійних, вносять під зяблевий обробіток ґрунту, а також під передпосівну культивацію та в рядки під час сівби. За умов достатнього зволоження ячмінь добре реагує на підживлення сходів азотом.

Ефективність мінеральних добрив залежить не лише від доз, але і від співвідношення в них елементів живлення. В умовах Лісостепу мінеральні добрива рекомендується вносити під ячмінь з співвідношенням елементів живлення 1:1,5:1,5.

Таким чином, ячмінь голозерний характеризується високими вимогами до мінерального живлення, що обумовлено його біологічними особливостями – коротким вегетаційним періодом, інтенсивним засвоєнням поживних речовин та слаборозвинутою кореневою системою на початкових етапах росту. Ефективне мінеральне живлення цієї культури потребує комплексного підходу з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, біологічних

особливостей сорту та збалансованого співвідношення основних елементів живлення.

Формування високопродуктивних агроценозів ячменю голозерного неможливе без науково обґрунтованої системи удобрення, яка враховує специфічні особливості цієї культури. Голозерні сорти ячменю характеризуються рядом відмінностей від традиційних плівчастих форм, що впливає на їх потребу в елементах живлення та ефективність використання добрив.

Ефективність застосування добрив під ячмінь голозерний визначається комплексом факторів: ґрунтово-кліматичними умовами регіону вирощування, особливостями конкретного сорту, попередниками в сівозміні, рівнем родючості ґрунту та цільовим призначенням вирощеної продукції.

Система удобрення голозерного ячменю має враховувати його біологічні особливості, зокрема підвищену чутливість до нестачі поживних речовин на ранніх стадіях розвитку. Компактна коренева система цих сортів характеризується меншою засвоювальною здатністю порівняно з плівчастими формами, що вимагає більш ретельного підходу до забезпечення рослин доступними формами елементів живлення.

Аналіз винесення поживних речовин показує, що голозерний ячмінь на формування одиниці врожаю споживає менше азоту, фосфору та калію порівняно з плівчастими сортами. Це пов'язано з відсутністю плівок, які містять значну кількість клітковини та зольних елементів. Водночас, концентрація поживних речовин у зерні голозерного ячменю вища, що потребує забезпечення оптимального балансу елементів живлення.

Критичним періодом для забезпечення мінерального живлення є фаза від сходів до кінця кущіння, коли закладається потенціал продуктивності майбутнього врожаю. Недостатнє живлення в цей період неможливо компенсувати навіть інтенсивними підживленнями в наступні фази розвитку.

Азот відіграє ключову роль у формуванні врожаю ячменю голозерного, впливаючи як на кількісні, так і на якісні показники продукції. Оптимальне

азотне живлення забезпечує інтенсивний ріст вегетативної маси, формування достатньої кількості продуктивних стебел та сприяє накопиченню білкових речовин у зерні.

Дози азотних добрив для голозерного ячменю зазвичай менші порівняно з плівчастими сортами і коливаються в межах 30-90 кг/га діючої речовини залежно від родючості ґрунту, попередників та запланованої урожайності. Надлишок азоту може призвести до затягування вегетації, полягання посівів та погіршення якості зерна.

Ефективність азотних добрив значною мірою залежить від строків їх застосування. Основну частину азоту доцільно вносити під передпосівну культивацію або одночасно з сівбою у вигляді стартового добрива. Підживлення азотом у фазі кущіння може бути ефективним за умови достатнього зволоження ґрунту.

Фосфор особливо важливий для голозерного ячменю в початкові періоди розвитку, коли формується коренева система та закладається репродуктивні органи. Достатнє фосфорне живлення сприяє прискоренню розвитку рослин, підвищенню стійкості до несприятливих погодних умов та покращенню якості зерна.

Рекомендовані дози фосфорних добрив для голозерного ячменю становлять 30-60 кг/га P_2O_5, при цьому на ґрунтах з низькою забезпеченістю рухомим фосфором дози збільшують до 40-60 кг/га, а на добре забезпечених - зменшують до 30-40 кг/га [19].

Фосфорні добрива найефективніші при внесенні під основний обробіток ґрунту восени, що забезпечує їх кращу доступність для рослин у весняний період. Коефіцієнт використання фосфору з добрив становить 35-36% і може підвищуватися при збалансованому азотному живленні [19].

Калій відіграє важливу роль у водному режимі рослин ячменю голозерного, підвищенні стійкості до полягання та покращенні якості зерна. Особливо важливе значення калій має в умовах недостатнього зволоження, коли він сприяє більш економному використанню води рослинами.

Потреба голозерного ячменю в калії зазвичай задовольняється за рахунок ґрунтових запасів, особливо на чорноземних ґрунтах з високим вмістом обмінного калію. Рекомендовані дози калійних добрив коливаються в межах 30-60 кг/га K_2O залежно від забезпеченості ґрунту цим елементом.

В умовах Лісостепу на чорноземних ґрунтах оптимальними для голозерного ячменю є збалансовані системи удобрення з використанням повного мінерального добрива. Дослідження показують високу ефективність застосування добрив у дозах $N_{45–60}P_{45–60}K_{45–60}$ кг/га діючої речовини [4].

В Правобережному Лісостепу ефективною є система удобрення $N_{90}P_{45}K_{45}$ у поєднанні з регуляторами росту, що дозволяє реалізувати 60-70% генетичного потенціалу сортів [3].

Сучасні тенденції розвитку землеробства передбачають використання комплексних систем удобрення, що поєднують мінеральні, органічні та біологічні добрива. Для голозерного ячменю особливо перспективними є системи з використанням соломи попередників з компенсуючими дозами азоту 10 кг на тонну соломи.

Ефективним є поєднання основного мінерального удобрення з сидеральними культурами, зокрема гірчицею білою, що забезпечує приріст урожаю 2,0-2,2 т/га. Такі системи не лише підвищують продуктивність, але й сприяють збереженню родючості ґрунту [7].

Застосування мікродобрив та позакореневих підживлень є ефективним доповненням до основної системи удобрення голозерного ячменю. Особливо важливими є цинк, марганець, бор та мідь, нестача яких може лімітувати продуктивність навіть при достатньому забезпеченні макроелементами [37].

Позакореневі підживлення найефективніші в період активного росту вегетативної маси - у фазах кущіння та виходу в трубку. Використання комплексних добрив органічного походження з вмістом мікроелементів забезпечує підвищення врожайності на 0,3-0,5 т/га.

Особливо перспективним є застосування біостимуляторів та регуляторів росту, які підвищують стресостійкість рослин та сприяють більш ефективному використанню поживних речовин.

Система удобрення голозерного ячменю суттєво впливає не лише на урожайність, але й на якісні показники зерна. Збалансоване мінеральне живлення сприяє підвищенню вмісту білка, покращенню амінокислотного складу та технологічних властивостей зерна.

Азотне живлення має найбільший вплив на білковість зерна. Оптимальні дози азотних добрив забезпечують вміст білка на рівні 11-14%, що відповідає вимогам для продовольчого використання. Водночас, для пивоварних цілей необхідний нижчий вміст білка, що досягається зменшенням доз азотних добрив [39].

Фосфорно-калійне живлення впливає на крохмалистість зерна та його технологічні властивості. Достатнє забезпечення цими елементами сприяє формуванню повноцінного зерна з високою натурною масою та низьким вмістом пошкоджених зерен.

3.3. Формування врожайності ячменю голозерного залежно від добрив

Ячмінь голозерний характеризується рядом морфо-фізіологічних особливостей, які впливають на формування продуктивності. Слаборозвинута коренева система зумовлює підвищену чутливість культури до забезпеченості ґрунту доступними формами поживних елементів. Ця особливість робить ячмінь більш вимогливим до родючості ґрунту порівняно з іншими зерновими культурами.

Динаміка споживання поживних речовин ячменем має виражену нерівномірність. Найінтенсивніше засвоєння мінеральних елементів відбувається у фазі кущіння-колосіння, коли рослини протягом 26-28 діб споживають основну частку річної потреби: близько 43-46% азоту, 62-64%

фосфору та 65-74% калію [42]. Після настання фази колосіння інтенсивність поглинання фосфору та калію різко знижується до мінімальних значень.

Азотне живлення має критичне значення для формування врожайності ячменю голозерного. Достатня забезпеченість азотом під час кущіння, виходу рослин ячменю у трубку, колосіння та наливання зерна сприяє оптимальному розвитку репродуктивних органів та інтенсивному накопиченню білкових сполук. Водночас надлишок азотних добрив може призводити до зниження стійкості рослин до полягання, що негативно впливає на остаточну продуктивність.

Фосфорне живлення особливо важливе на початкових етапах розвитку рослин. Дефіцит фосфору у ранні фази вегетації призводить до уповільнення кущіння, ослаблення кореневої системи та значного зниження врожайності. Калійне живлення забезпечує не лише підвищення врожаю, але й покращення технологічних якостей зерна, що особливо важливо при вирощуванні ячменю для пивоварних цілей.

Азотні добрива виявляють найбільший ефект серед усіх видів мінеральних добрив при вирощуванні ячменю голозерного. Експериментальні дані свідчать, що застосування азоту у дозі 70 кг/га д.р. на фосфорно-калійному фоні забезпечує приріст врожайності на 19% порівняно з контрольним варіантом. Навіть зменшена доза азоту (35 кг/га д.р.) демонструє значний позитивний ефект (табл.3.1).

Реакція ячменю голозерного на азотні добрива залежить від погодних умов вегетаційного періоду. При достатньому зволоженні ефективність азотних добрив зростає, при цьому врожайність може збільшуватися від 1,95 до 3,11 т/га при подвоєнні дози азоту. Це свідчить про високу окупність азотних добрив за сприятливих умов вологозабезпечення.

Однак застосування високих доз азотних добрив потребує контролю стійкості рослин до полягання. Незбалансоване азотне живлення може призводити до надмірного розвитку вегетативної маси, що підвищує ризик полягання та зниження врожайності. Тому оптимізація азотного живлення

повинна враховувати не лише потенційний приріст урожаю, але й морфологічні особливості сорту та його стійкість до полягання.

Таблиця 3.1

Урожайність зерна ячменю ярого голозерного залежно від удобрення та індекс її стабільності

Варіант досліду	Урожайність, т/га		
	2024 р.	2025 р.	Середнє за два роки
Без добрив (контроль)	1,95	1,90	1,93
N_{35}	2,60	2,80	2,70
N_{70}	3,11	3,20	3,16
$P_{60}K_{70}$	2,38	2,67	2,53
$N_{70}K_{70}$	3,36	3,73	3,55
$N_{70}P_{60}$	3,32	3,83	3,58
$N_{35}P_{30}K_{35}$	2,78	3,40	3,09
$N_{70}P_{60}K_{70}$	3,45	4,07	3,76
$N_{70}P_{30}K_{35}$	3,38	4,03	3,71
$НІР_{05}$	*0,16*	*0,19*	–

Фосфорно-калійні добрива відіграють важливу роль у формуванні продуктивності ячменю голозерного, хоча їх ефект менш виражений порівняно з азотними. Застосування лише фосфорних та калійних добрив ($P_{60}K_{70}$) забезпечує приріст врожайності близько 0,43 т/га, що становить приблизно 20% від базового рівня.

Найвищу ефективність фосфорно-калійні добрива виявляють у поєднанні з азотними. Комбіновані системи удобрення (азотно-калійна, азотно-фосфорна, повна) демонструють синергетичний ефект, коли сумарний вплив перевищує арифметичну суму дій окремих елементів (Рис.3.1).

Дослідження проводилося протягом 2024-2025 років і демонструє стабільну тенденцію до підвищення врожайності зерна при застосуванні різних систем удобрення порівняно з контролем. Контрольний варіант (без добрив) показав базову урожайність 1,93 т/га в середньому за два роки (1,95 т/га у 2024 р. та 1,90 т/га у 2025 р.), що свідчить про природну родючість ґрунту на дослідній ділянці.

Застосування азотних добрив продемонструвало чіткий дозозалежний ефект: для N_{35} середня урожайність була 2,70 т/га (приріст 0,77 т/га або 39,9% до контролю). Для N_{70} – середня урожайність становила 3,16 т/га (приріст 1,23 т/га або 63,7% до контролю). Подвоєння дози азоту з 35 до 70 кг д.р./га забезпечило додатковий приріст урожайності 0,46 т/га, що підтверджує ефективність збільшення азотного живлення в межах досліджуваних норм (табл.3.1).

Застосування фосфорно-калійних добрив без азоту забезпечило урожайність 2,53 т/га (приріст 0,60 т/га або 31,1% до контролю), що вказує на важливість фосфорно-калійного живлення, але його ефективність поступається азотним добривам.

Бінарні системи удобрення $N_{70}K_{70}$ показали урожайність 3,55 т/га (приріст 1,62 т/га або 83,9%) $N_{70}P_{60}$ – урожайність 3,58 т/га (приріст 1,65 т/га або 85,5%). Обидві бінарні системи показали практично ідентичну ефективність, що свідчить про рівнозначність калію та фосфору як другого елемента живлення після азоту для ячменю ярого голозерного в умовах досліду (Рис.3.1).

Найвищу врожайність забезпечили повні системи удобрення. $N_{70}P_{60}K_{70}$ дало 3,76 т/га (приріст 1,83 т/га або 94,8%) – це максимальний показник. $N_{70}P_{30}K_{35}$ показало 3,71 т/га (приріст 1,78 т/га або 92,2%). Внесення $N_{35}P_{30}K_{35}$ дало 3,09 т/га (приріст 1,16 т/га або 60,1%). Найефективнішою виявилася повна система $N_{70}P_{60}K_{70}$, яка забезпечила майже подвоєння врожайності порівняно з контролем.

Характерною особливістю є вища урожайність у 2025 році порівняно з 2024 роком для більшості варіантів (за винятком контролю), що може бути обумовлено сприятливішими погодними умовами або післядією добрив.

Значення $НІР_{05}$ становить 0,16 т/га (2024 р.) та 0,19 т/га (2025 р.), що свідчить про високу точність досліду та статистичну достовірність отриманих різниць між варіантами.

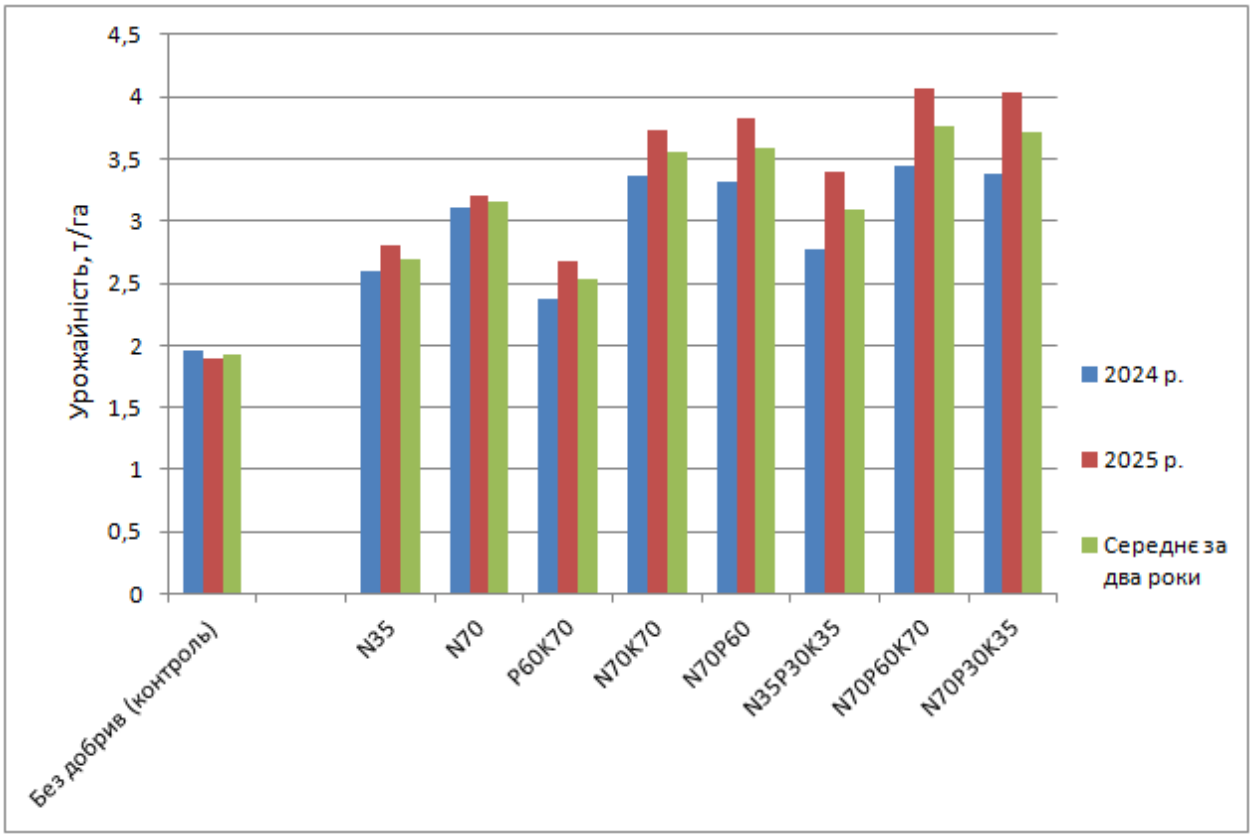

Рис. 3.1. Урожайність зерна ячменю ярого голозерного залежно від удобрення

Цікавим аспектом є можливість зменшення доз фосфорних та калійних добрив без істотного зниження продуктивності. Зменшення дози фосфору з 60 до 30 кг/га діючої речовини та калію з 70 до 35 кг/га діючої речовини призводить до зниження врожайності не більше ніж на 2%. Це вказує на можливість економічно ефективного використання цих добрив при дотриманні мінімально необхідних норм внесення.

Повні системи мінерального удобрення виявляють найвищу ефективність при вирощуванні ячменю голозерного. Застосування комплексу $N_{70}P_{60}K_{70}$ забезпечує максимальні показники врожайності, які в середньому за роки досліджень становлять 3,49 т/га. Це відповідає приросту близько 47% порівняно з контрольним варіантом без добрив.

Варіанти з неповним поверненням окремих елементів живлення показують незначне зниження ефективності. Зменшення доз фосфору або калію удвічі від оптимальних значень призводить до зниження врожайності в межах похибки досліду, що свідчить про можливість гнучкого підходу до

складання систем удобрення залежно від економічних та екологічних обмежень.

Особливу увагу заслуговує система удобрення з половинними дозами всіх елементів ($N_{35}P_{30}K_{35}$), яка забезпечує формування 3,11 т/га зерна. Така система може бути економічно виправданою за умов обмежених ресурсів або необхідності зниження екологічного навантаження.

Формування соломи та співвідношення основної і побічної продукції

Врожайність соломи ячменю голозерного значно перевищує врожайність зерна і коливається від 4,27 до 8,15 т/га залежно від системи удобрення. Добрива істотно впливають на формування вегетативної маси, при цьому азотні добрива виявляють найбільший ефект, забезпечуючи приріст соломи на 25-35% (табл.3.2).

Співвідношення маси соломи до зерна є важливим показником для агрохімічних розрахунків і планування використання побічної продукції. У середньому за оптимального мінерального живлення це співвідношення становить 1,9:1, тобто на кожну тонну зерна формується приблизно 1,9 тонни соломи. Цей показник характеризується високою стабільністю при застосуванні повних систем удобрення (Рис.3.1).

Варіанти без азотних добрив або з низькими дозами азоту демонструють вище співвідношення соломи до зерна (до 2,0), що свідчить про менш ефективне використання асимілятів для формування репродуктивних органів. Індекс стабільності цього показника найвищий при застосуванні збалансованого мінерального живлення.

Ефективність мінеральних добрив при вирощуванні ячменю голозерного суттєво залежить від погодних умов вегетаційного періоду. Коливання врожайності між роками можуть становити 50-95% залежно від системи удобрення, що підкреслює важливість метеорологічних факторів.

Таблиця 3.2

Урожайність соломи ячменю ярого голозерного залежно від удобрення, т/га

Варіант досліду	Рік проведення дослідження		Середня за два роки
	2024	2025	
Без добрив (контроль)	4,49	4,56	4,53
N_{35}	5,46	6,16	5,81
N_{70}	5,91	6,40	6,16
$P_{60}K_{70}$	5,24	6,14	5,69
$N_{70}K_{70}$	6,38	7,46	6,92
$N_{70}P_{60}$	6,31	7,66	6,99
$N_{35}P_{30}K_{35}$	5,84	7,48	6,66
$N_{70}P_{60}K_{70}$	6,56	8,14	7,35
$N_{70}P_{30}K_{35}$	6,42	8,06	7,24
$НІР_{05}$	*0,30*	*0,42*	–

Урожайність соломи демонструє аналогічну до зерна тенденцію збільшення при застосуванні добрив, але з більшою амплітудою варіювання.

Контроль показав 4,53 т/га в середньому за два роки. Максимум середньої врожайності спостерігався при внесенні $N_{70}P_{60}K_{70}$ і становив 7,35 т/га (приріст 2,82 т/га або 62,3%).

Порівняння ефективності систем удобрення для соломи: азотні добрива спричиняють більший відносний приріст соломи порівняно з зерном; N_{70} дало соломи 6,16 т/га (приріст 36,0%) , а зерна 3,16 т/га (приріст 63,7%). Внесення фосфорно-калійних добрив дало соломи 5,69 т/га (приріст 25,6%) і зерна 2,53 т/га (приріст 31,1%) (табл.3.2).

Спостерігається більш виражене збільшення врожайності соломи у 2025 році порівняно з 2024 роком (у середньому на 15-20% залежно від

варіанту), що перевищує динаміку врожайності зерна. Це може свідчити про більшу чутливість вегетативної маси до погодних умов.

У сприятливі роки з достатнім зволоженням ефективність добрив зростає, особливо азотних. Навпаки, у несприятливих умовах різниця між удобреними та неудобреними варіантами зменшується. Це вказує на необхідність диференційованого підходу до системи удобрення залежно від прогнозованих погодних умов.

Стійкість рослин до полягання також залежить від погодних умов. У роки з надлишковим зволоженням ризик полягання зростає, особливо за високих доз азотних добрив. Тому система удобрення повинна враховувати не лише потенційну продуктивність, але й стабільність формування врожаю. Максимальна потреба ячменю в мінеральному живленні припадає на період кущіння-колосіння (27-28 діб).

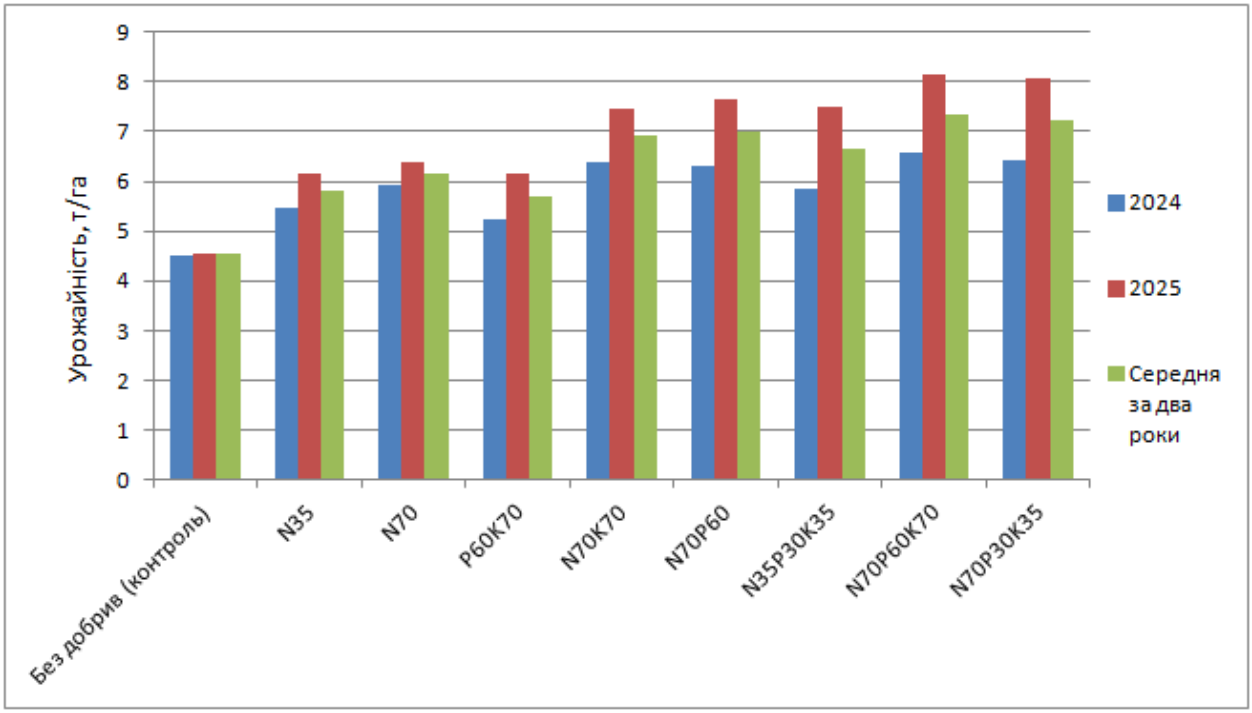

Рис. 3.2. Урожайність соломи ячменю ярого голозерного залежно від удобрення

Забезпечення рослин фосфором на початкових стадіях росту має критичне значення. Дефіцит цього елементу на початку вегетації призводить

до значного зниження врожайності через уповільнення кущіння та слабкий розвиток кореневої системи.

Калій особливо необхідний при вирощуванні пивоварного ячменю, оскільки він не тільки підвищує врожай зерна, але й покращує його пивоварні якості. Азотне живлення повинно бути високим під час кущіння, виходу в трубку, колосіння та наливання зерна, що сприяє кращому розвитку репродуктивних органів та накопиченню білка. При цьому необхідно контролювати стійкість рослин до полягання.

За два роки досліджень покращення мінерального живлення ячменю голозерного достовірно підвищувало врожайність зерна на 14-23% (окрім варіанту $P_{60}K_{70}$). Серед мінеральних добрив найбільший вплив мали азотні, які на фоні $P_{60}K_{70}$ у дозі N_{70} забезпечили 18% приросту врожаю.

Врожайність зерна голозерного ячменю значно змінювалася залежно від погодних умов. У 2024 році за внесення N_{35} врожайність збільшилася з 1,95 до 2,60 т/га (на 33%). Подвоєння дози азоту (N_{70}) дало врожайність 3,11 т/га (приріст 59%). Застосування $N_{35}P_{30}K_{35}$ забезпечило 2,77 т/га зерна, що лише на 7% більше порівняно з N_{35}. При використанні $N_{70}P_{60}K_{70}$ врожайність зросла до 3,45 т/га (на 11% більше за варіант N_{70}) (табл.3.3).

Співвідношення маси соломи до зерна є важливим показником ефективності використання асимілятів рослиною. Контроль дав 2,4 (найвище значення) – вказує на менш ефективний розподіл асимілятів. Оптимальні варіанти бали 1,9 (N_{70}, $N_{70}K_{70}$, $N_{70}P_{60}$, $N_{70}P_{60}K_{70}$, $N_{70}P_{30}K_{35}$).

Спостерігається чітка закономірність зниження співвідношення при збільшенні дози азоту: Контроль - 2,4; N_{35} - 2,2; N_{70} - 1,9.

Це свідчить про те, що достатнє азотне живлення сприяє більш ефективному спрямуванню асимілятів у генеративні органи (зерно).

Найнижче співвідношення (1,9) досягається при внесенні N_{70} у всіх комбінаціях, що вказує на вирішальну роль азоту в дозі 70 кг д.р./га для оптимізації розподілу біомаси. Фосфорно-калійні добрива без азоту ($P_{60}K_{70}$) суттєво не покращують цей показник (2,3), що близько до контролю.

Таблиця 3.3

Відношення маси соломи до зерна ячменю ярого голозерного залежно від удобрення

Варіант досліду	Рік проведення дослідження		Середнє за два роки
	2024	2025	
Без добрив (контроль)	2,3	2,4	2,4
N_{35}	2,1	2,2	2,2
N_{70}	1,9	2,0	1,9
$P_{60}K_{70}$	2,2	2,3	2,3
$N_{70}K_{70}$	1,9	2,0	1,9
$N_{70}P_{60}$	1,9	2,0	1,9
$N_{35}P_{30}K_{35}$	2,1	2,2	2,2
$N_{70}P_{60}K_{70}$	1,9	2,0	1,9
$N_{70}P_{30}K_{35}$	1,9	2,0	1,9
$НІР_{05}$	*0,1*	*0,1*	–

Найменший вплив на врожайність мало застосування лише фосфорно-калійних добрив – приріст у варіанті $P_{60}K_{70}$ становив лише 0,42 т/га. Врожайність соломи є важливим показником продуктивності зернових культур. З агрохімічної точки зору в ґрунт необхідно повертати не лише винесені з урожаєм елементи мінерального живлення, але й органічні речовини для відновлення та підвищення вмісту гумусу.

За роки досліджень урожайність соломи коливалася від 4,25 до 8,13 т/га, значно перевищуючи врожайність зерна. Добрива суттєво впливали на цей показник. На контрольних ділянках вона змінювалася лише на 7% залежно від погодних умов, тоді як у варіанті $N_{70}P_{30}K_{35}$ - на 56%.

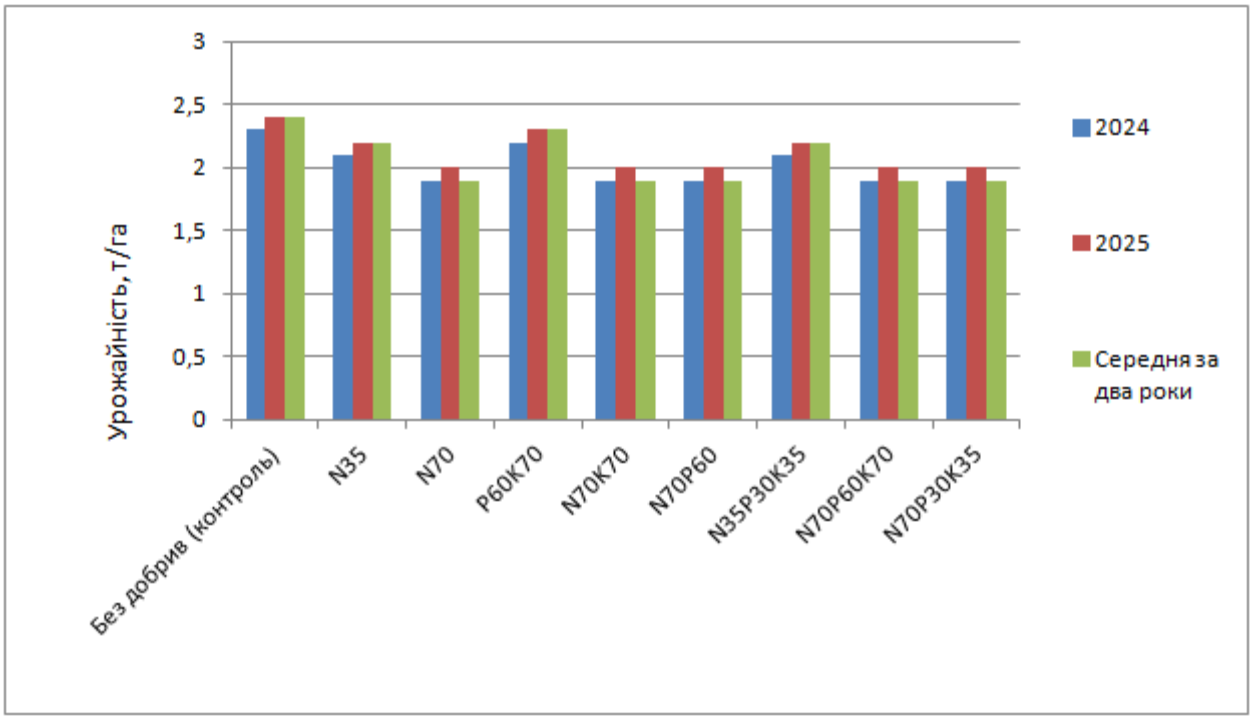

Рис. 3.3. Відношення маси соломи до зерна ячменю ярого голозерного залежно від удобрення

Відношення маси соломи до зерна – важливий показник для господарських розрахунків, особливо для розрахунку балансу поживних речовин і гумусу при видаленні соломи з поля. Залежно від погодних умов і особливостей удобрення це співвідношення змінювалося від 1,4 до 2,5 і збільшувалося з покращенням мінерального живлення, особливо азотом.

У більшості варіантів цей показник становив 1,8, а у варіантах без азотних добрив і $N_{35}P_{30}K_{35}$ - 2,0. Для балансових розрахунків можна вважати, що ячмінь голозерний при оптимальному мінеральному живленні формує 1,9 т соломи на кожну тонну зерна.

Ключовим завданням є встановлення пріоритетних напрямів використання мінерального живлення, його розподіл між культурами у польовій ротації, обґрунтування оптимальних норм та комбінацій елементів, а також доведення фінансової виправданості конкретної системи живлення рослин. Такий підхід забезпечує отримання значних приростів продуктивності, вартість яких компенсує вкладені кошти та сприяє

відтворенню, а за сприятливих умов – стійкому нарощуванню потенціалу родючості земель [41].

За умов значної диспропорції між вартістю агрохімікатів та цінами на рослинницьку продукцію необхідність їх раціонального використання стає критично важливою для забезпечення максимальної віддачі від кожної одиниці діючої речовини у формі врожаю [43]. Аналіз агрохімічної результативності різних норм та комбінацій мінеральних туків у польовій сівозміні здійснювався через визначення величини приростів продуктивності голозерного ячменю та розрахунок показника віддачі від одиниці внесених агрохімікатів у вигляді додаткового зерна (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Агрохімічна ефективність застосування добрив під ячмінь голозерний ярий (у середньому за 2024–2025 рр.)

Варіант досліду	Витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю зерна, кг д. р.	Окупність 1 кг д. р. добрив, кг зерна			
		N	P_2O_5	K_2O	N + P_2O + K_2O
N_{35}	64,8	15,4	–	–	15,4
N_{70}	90,9	11,0	–	–	11,0
$P_{60}K_{70}$	500,0	–	–	–	2,0
$N_{70}K_{70}$	134,6	–	–	3,9	7,4
$N_{70}P_{60}$	125,0	–	4,5	–	8,0
$N_{35}P_{30}K_{35}$	137,0	–	–	–	7,3
$N_{70}P_{60}K_{70}$	180,2	12,1	1,2	1,0	5,6
$N_{70}P_{30}K_{35}$	129,8	–	–	–	7,7

Дослідженнями встановлено, що затрати туків на формування одного кілограма приросту продукції варіювали не лише залежно від норми їх застосування, але й від типів основних елементів живлення й їхніх комбінацій, коливаючись у діапазоні від 64,8 до 500,0 кг діючої речовини на

тонну. Серед парних поєднань найвищу ефективність демонструвало спільне внесення азотних та фосфорних компонентів.

При застосуванні повного мінерального комплексу за показником витрат на формування тонни зерна найкращі результати забезпечував варіант із нормою $N_{70}P_{30}K_{35}$, де затрати становили 129,7 кг діючої речовини, що на 7,2 кг менше порівняно з меншою дозою $N_{35}P_{30}K_{35}$. Віддача від фосфорних компонентів за норм внесення 30–60 кг діючої речовини на гектар у складі повного мінерального комплексу становила 1,1–1,3 кг зерна на кілограм P_2O_5 і суттєво підвищувалася на фоні застосування виключно азотних туків – до 4,4 кг. Аналогічна тенденція спостерігалася щодо ефективності калійних компонентів, внесених на азотному фоні. При зменшенні норми застосування калійних туків у складі повного живлення вдвічі – з 70 до 35 кг діючої речовини на гектар їх віддача підвищувалася на 40%.

Віддача від одного кілограма діючої речовини мінеральних агрохімікатів у вигляді зерна голозерного ячменю була найвищою при застосуванні виключно азотних форм, а найнижчою – за парного поєднання фосфорних та калійних компонентів. При внесенні повного мінерального комплексу у різних нормах та співвідношеннях основних елементів живлення вона знаходилася в межах 5,6–7,4 кг зерна на один кілограм діючої речовини.

Аналіз результатів показав наступні закономірності: азотні добрива забезпечують найбільший приріст урожайності та найвищу окупність серед елементів живлення; комплексне застосування NPK дає кращі результати, ніж окремі елементи, але з нижчою окупністю; збільшення доз добрив підвищує врожайність, але знижує окупність (закон спадної віддачі); достатнє азотне живлення (N_{70}) забезпечує оптимальне співвідношення соломи до зерна (1,9).

Отже, для максимальної продуктивності підходить система $N_{70}P_{60}K_{70}$ (урожайність 3,76 т/га). Для оптимального співвідношення продуктивності та окупності варто застосовувати систему $N_{70}P_{30}K_{35}$ (урожайність 3,71 т/га, окупність 7,7 кг/кг NPK). Для економічного виробництва найкращою є

система N_{70} (урожайність 3,16 т/га, окупність азоту 11,0 кг/кг N). Для органічного землеробства з мінімальним застосуванням мінеральних добрив підходить система $N_{35}P_{30}K_{35}$ (урожайність 3,09 т/га, прийнятна окупність).

Дослідження підтверджує класичні агрохімічні закономірності на конкретній культурі ячменю ярого голозерного та надає кількісні параметри для оптимізації систем удобрення в умовах проведення експерименту. Високі значення $НІР_{05}$ та стабільність результатів за два роки досліджень підтверджують достовірність висновків.

Встановлено прямо пропорційну залежність між дозою азотних добрив та урожайністю зерна. Збільшення дози азоту з 35 до 70 кг д.р./га забезпечило підвищення врожайності з 2,70 до 3,16 т/га, що становить приріст 17,0%. Це підтверджує, що в межах досліджуваних норм культура ячменю ярого голозерного позитивно реагує на збільшення азотного живлення без ознак перенасичення.

Окупність азотних добрив зменшується при збільшенні їх дози: N_{35} забезпечує 15,4 кг зерна на 1 кг д.р., тоді як N_{70} - лише 11,0 кг зерна на 1 кг д.р. Це класичне підтвердження закону спадної віддачі, що має важливе значення для економічного обґрунтування доз добрив.

Встановлено чітку закономірність оптимізації співвідношення соломи до зерна при достатньому азотному живленні. Застосування N_{70} у будь-яких комбінаціях знижує це співвідношення до 1,9, тоді як контроль має значення 2,4. Це свідчить, що азот у дозі 70 кг д.р./га забезпечує більш ефективне спрямування асимілятів у генеративні органи.

Виявлено, що комбінація всіх трьох макроелементів (NPK) забезпечує значно вищу урожайність порівняно з їх окремим застосуванням. Наприклад, N_{70} дає 3,16 т/га, $P60K_{70}$ - 2,53 т/га, але $N_{70}P_{60}K_{70}$ забезпечує 3,76 т/га, що на 19,0% більше за N_{70} та на 48,6% більше за $P_{60}K_{70}$.

Бінарні системи $N_{70}K70$ (3,55 т/га) та $N_{70}P_{60}$ (3,58 т/га) показали практично ідентичну ефективність, різниця становить лише 0,03 т/га. Це

вказує на рівнозначність калію та фосфору як другого елемента живлення після азоту в умовах досліду.

Застосування $P_{60}K_{70}$ без азоту забезпечило найнижчу агрохімічну ефективність: витрати 500,0 кг д.р. на формування 1 т приросту зерна та окупність лише 2,0 кг зерна на 1 кг д.р. Це підтверджує визначальну роль азоту для реалізації потенціалу інших елементів живлення.

Урожайність соломи збільшується з більшою амплітудою (приріст до 62,3%) порівняно з урожайністю зерна (приріст до 94,8%), що свідчить про високу чутливість вегетативної маси до умов живлення. Встановлено зворотну залежність між інтенсивністю удобрення та співвідношенням соломи до зерна. Найменш інтенсивні варіанти (контроль, $P_{60}K_{70}$) мають співвідношення 2,3-2,4, тоді як високоінтенсивні з N_{70} – лише 1,9. Це демонструє покращення harvest index при оптимальному живленні.

Спостерігається тенденція до підвищення врожайності у 2025 році порівняно з 2024 роком для всіх удобрених варіантів (у середньому на 7-15%), що може бути обумовлено сприятливішими погодними умовами, післядією добрив або покращенням агрофізичних властивостей ґрунту.

Контрольний варіант демонструє мінімальну міжрічну варіацію (1,95 т/га у 2024 р., 1,90 т/га у 2025 р.), що підтверджує стабільність природної родючості та коректність проведення досліду.

Максимальна врожайність не завжди означає максимальну економічну ефективність. Варіант $N_{70}P_{60}K_{70}$ має найвищу врожайність (3,76 т/га), але окупність 5,6 кг/кг NPK, тоді як $N_{70}P_{30}K_{35}$ при майже тій же врожайності (3,71 т/га) забезпечує окупність 7,7 кг/кг NPK.

Застосування мінеральних добрив забезпечує суттєве підвищення урожайності ячменю ярого голозерного. Максимальний приріст становить 1,83 т/га (94,8%) при використанні системи $N_{70}P_{60}K_{70}$, що дозволяє майже подвоїти врожайність порівняно з неудобреним контролем.

Азотні добрива відіграють визначальну роль у формуванні врожайності зерна. Навіть одноелементна система N_{70} забезпечує урожайність 3,16 т/га,

що становить 84,0% від максимального показника, досягнутого повною системою $N_{70}P_{60}K_{70}$. Серед досліджуваних систем удобрення найвищу продуктивність забезпечує повна система $N_{70}P_{60}K_{70}$ з урожайністю 3,76 т/га в середньому за 2024-2025 роки, що статистично достовірно ($НІР_{05}$ = 0,16-0,19 т/га) перевищує всі інші варіанти.

Найвищу агрохімічну ефективність серед одноелементних систем демонструють азотні добрива у дозі N_{35} з окупністю 15,4 кг зерна на 1 кг д.р., що обґрунтовує їх пріоритетне застосування за обмежених ресурсів.

Серед повних систем удобрення оптимальне співвідношення продуктивності та окупності забезпечує система $N_{70}P_{30}K_{35}$ з урожайністю 3,71 т/га та окупністю 7,7 кг зерна на 1 кг NPK, що робить її найбільш економічно доцільною для виробничих умов.

Застосування фосфорно-калійних добрив без азоту ($P_{60}K_{70}$) є агрономічно та економічно недоцільним, оскільки забезпечує низьку окупність (2,0 кг зерна на 1 кг NPK) та високі витрати на формування приросту врожаю (500,0 кг д.р. на 1 т зерна).

Урожайність соломи варіює від 4,53 т/га (контроль) до 7,35 т/га (N70P60K70), демонструючи високу чутливість до системи удобрення з максимальним приростом 62,3%, що дещо поступається приросту зерна. Оптимальне співвідношення соломи до зерна (1,9) досягається при застосуванні азоту в дозі 70 кг д.р./га незалежно від комбінації з іншими елементами, що свідчить про покращення harvest index та ефективності використання асимілятів рослиною. Системи удобрення з недостатнім азотним живленням (контроль, $P_{60}K_{70}$, N_{35}) характеризуються підвищеним співвідношенням соломи до зерна (2,2-2,4), що вказує на неефективний розподіл біомаси та недостатню реалізацію продуктивного потенціалу культури.

Результати дворічних досліджень характеризуються високою відтворюваністю з низькими значеннями $НІР_{05}$ (0,16-0,19 т/га для зерна, 0,30-0,42 т/га для соломи), що підтверджує надійність отриманих даних та

коректність методики досліджень. Спостерігається загальна тенденція до підвищення врожайності у 2025 році порівняно з 2024 роком для більшості удобрених варіантів, що може бути обумовлено кумулятивним ефектом добрив або сприятливішими метеорологічними умовами.

На основі комплексного аналізу результатів дворічних польових досліджень встановлено, що система удобрення є визначальним фактором формування продуктивності ячменю ярого голозерного в умовах проведення експерименту. Азот відіграє провідну роль серед елементів живлення, а його комбінація з фосфором та калієм забезпечує синергічний ефект. Оптимальна система удобрення повинна обиратися з урахуванням економічних цілей господарства: максимізації валового збору ($N_{70}P_{60}K_{70}$) або оптимізації співвідношення витрат і доходів ($N_{70}P_{30}K_{35}$). Всі висновки підтверджені статистично достовірними даними та можуть бути рекомендовані для впровадження у виробництво.

Економічна складова агрохімічних заходів при культивуванні голозерного ячменю є важливим компонентом при оцінюванні результативності технології його вирощування та досягнення стабільної продуктивності. Важливо розуміти, що у системі прогнозування рівня прибутковості вирощування цієї культури проблемними аспектами залишаються її низька конкурентоспроможність та недостатня продуктивність порівняно з іншими круп'яними видами [41].

Отже, формування врожайності ячменю голозерного значною мірою залежить від системи мінерального живлення. Найвищу ефективність виявляють збалансовані системи удобрення з оптимальним співвідношенням азоту, фосфору та калію. Азотні добрива відіграють провідну роль у забезпеченні високої продуктивності, проте їх застосування потребує контролю стійкості рослин до полягання.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Економічна ефективність застосування добрив є визначальним критерієм доцільності їх використання у виробничих умовах. Навіть високі показники врожайності не завжди гарантують отримання максимального прибутку, оскільки витрати на добрива та їх внесення можуть суттєво знижувати рентабельність виробництва. Тому економічна оцінка результатів польових досліджень є невід'ємною складовою комплексного аналізу ефективності агротехнологічних прийомів.

Вартість валової продукції розраховували виходячи з урожайності зерна та середньої реалізаційної ціни 4 500 грн за 1 тонну зерна ячменю голозерного. Витрати на вирощування включали вартість насіння, добрив, пально-мастильних матеріалів, заробітну плату, амортизаційні відрахування та інші прямі й накладні витрати. Умовно чистий прибуток визначали як різницю між вартістю валової продукції та витратами на вирощування. Рівень рентабельності розраховували як відношення умовно чистого прибутку до витрат на вирощування, виражене у відсотках [20].

Найвищу урожайність забезпечила система $N_{70}P_{60}K_{70}$ – 3,49 т/га, що дозволило отримати вартість продукції 15,7 тис. грн/га. Однак високі витрати на вирощування (16,3 тис. грн/га), зумовлені значними затратами на придбання та внесення повного комплексу добрив у максимальних дозах, призвели до від'ємного економічного результату. Умовно чистий збиток становив 0,6 тис. грн/га, а рівень збитковості склав 3,5%. Це свідчить, що максимізація врожайності не завжди економічно доцільна за сучасних цінових співвідношень на засоби виробництва та продукцію (табл. 4.1).

Варіанти з бінарними системами удобрення $N_{70}K_{70}$, $N_{70}P_{60}$ та $N_{70}P_{30}K_{35}$ забезпечили однакову урожайність на рівні 3,42 т/га та вартість продукції 15,4 тис. грн/га. Проте їх економічна ефективність суттєво відрізнялася через різні витрати на вирощування. Система $N_{70}K_{70}$ з витратами 11,5 тис. грн/га забезпечила умовно чистий прибуток 3,9 тис. грн/га та рентабельність 33,8%.

Система $N_{70}P_{60}$ виявилася менш ефективною: при витратах 12,9 тис. грн/га прибуток становив лише 2,5 тис. грн/га, а рентабельність – 19,2%. Система $N_{70}P_{30}K_{35}$ з витратами 12,1 тис. грн/га забезпечила проміжний результат – прибуток 3,3 тис. грн/га та рентабельність 26,9%.

Система $N_{35}P_{30}K_{35}$ при дещо нижчій урожайності (3,11 т/га) та вартості продукції (14,0 тис. грн/га) забезпечила витрати на рівні 10,0 тис. грн/га, що дозволило отримати умовно чистий прибуток 4,0 тис. грн/га та рентабельність 40,3%. Це досить високий показник економічної ефективності, який свідчить про збалансованість системи удобрення за співвідношенням витрат і результатів.

Таблиця 4.1

Економічна ефективність застосування добрив під ячмінь голозерний ярий (у середньому за 2024–2025 рр.)

Варіант досліду	Показник				
	Урожайність, т/га	Вартість продукції, тис. грн/га	Витрати на вирощування, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток (збиток), тис. грн/га	Рівень рентабельності (збитковості) за умовно чистим прибутком, %
N_{35}	2,92	13,1	6,0	7,2	119,3
N_{70}	3,15	14,2	8,3	5,9	71,4
$P_{60}K_{70}$	2,64	11,9	11,8	0,1	0,6
$N_{70}K_{70}$	3,42	15,4	11,5	3,9	33,8
$N_{70}P_{60}$	3,42	15,4	12,9	2,5	19,2
$N_{35}P_{30}K_{35}$	3,11	14,0	10,0	4,0	40,3
$N_{70}P_{60}K_{70}$	3,49	15,7	16,3	-0,6	-3,5
$N_{70}P_{30}K_{35}$	3,42	15,4	12,1	3,3	26,9

Одноелементні системи удобрення продемонстрували контрастні економічні результати. Застосування лише азотних добрив у дозі N_{35} забезпечило урожайність 2,92 т/га, вартість продукції 13,1 тис. грн/га при витратах 6,0 тис. грн/га. Це дозволило отримати найвищий умовно чистий прибуток серед усіх досліджуваних варіантів – 7,2 тис. грн/га та максимальний рівень рентабельності 119,4%. Збільшення дози азоту до N70 підвищило урожайність до 3,15 т/га та вартість продукції до 14,2 тис. грн/га, але одночасно зросли витрати до 8,3 тис. грн/га. В результаті умовно чистий прибуток знизився до 5,9 тис. грн/га, а рентабельність – до 71,4%. Незважаючи на зниження відносних показників ефективності, варіант N_{70} забезпечив другий за величиною рівень рентабельності серед усіх систем удобрення.

Найменш ефективною виявилася система $P_{60}K_{70}$ без азоту. При урожайності 2,64 т/га та вартості продукції 11,9 тис. грн/га витрати на вирощування становили 11,8 тис. грн/га, що забезпечило мінімальний умовно чистий прибуток 0,1 тис. грн/га та рентабельність лише 0,6%. Це підтверджує низьку економічну доцільність застосування фосфорно-калійних добрив без азотних на фоні природної родючості ґрунту.

Порівняльний аналіз економічних показників дозволяє встановити оптимальні системи удобрення для різних виробничих цілей та економічних умов господарювання.

За критерієм максимізації рентабельності виробництва найефективнішою є система N_{35}, яка забезпечує рентабельність 119,3% при умовно чистому прибутку 7,2 тис. грн/га. Ця система характеризується мінімальними витратами на добрива та їх внесення, що робить її особливо привабливою для господарств з обмеженими фінансовими ресурсами або в умовах несприятливої цінової кон'юнктури на ринку зерна. Однак слід враховувати, що урожайність за цієї системи (2,92 т/га) є відносно невисокою, що може не задовольняти потреби інтенсивного виробництва.

Система N_{70} займає друге місце за рентабельністю (71,4%) при умовно чистому прибутку 5,9 тис. грн/га. Важливою перевагою цього варіанту є суттєво вища урожайність (3,15 т/га), що на 7,9% більше порівняно з N_{35}. Таке поєднання високої рентабельності та прийнятної урожайності робить систему N70 оптимальною для товаровиробників, які прагнуть збалансувати економічну ефективність та обсяги виробництва зерна.

Для виробників, орієнтованих на максимізацію абсолютних показників прибутку при збереженні високої рентабельності, найбільш доцільною є система $N_{35}P_{30}K_{35}$. Вона забезпечує рентабельність 40,3% при прибутку 4,0 тис. грн/га та урожайності 3,11 т/га. Ця система є компромісним варіантом між високою економічною ефективністю простих систем (N_{35}, N_{70}) та підвищеною продуктивністю складних систем.

Системи з високими дозами добрив ($N_{70}K_{70}$, $N_{70}P_{30}K_{35}$, $N_{70}P_{60}$) забезпечують високу урожайність (3,42 т/га), але характеризуються зниженою рентабельністю (19,2-33,8%). Ці варіанти можуть бути економічно виправдані лише за умов високих цін на зерно ячменю або при необхідності максимізації валового збору зерна за обмежених земельних ресурсів.

Система $N_{70}P_{60}K_{70}$, незважаючи на максимальну урожайність (3,49 т/га), виявилася економічно збитковою (рівень збитковості 3,5%) за сучасних цінових співвідношень. Це свідчить про економічну недоцільність застосування повного комплексу добрив у високих дозах для ячменю ярого голозерного в умовах Правобережного Лісостепу України. Впровадження цієї системи у виробництво може бути виправдане лише за значного зростання цін на зерно або зниження вартості добрив.

Отримані результати підтверджують необхідність диференційованого підходу до вибору системи удобрення з обов'язковим урахуванням економічних показників ефективності її застосування.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ

Вирощування ячменю голозерного передбачає виконання комплексу агротехнологічних заходів, кожен з яких має свої особливості щодо організації охорони праці. До основних виробничих операцій належать: підготовка ґрунту, внесення добрив, сівба, догляд за посівами, збирання врожаю та його післязбиральна обробка. Кожна з цих операцій потребує дотримання специфічних вимог безпеки.

Основними нормативно-правовими документами, що регламентують питання охорони праці в рослинництві, є Закон України "Про охорону праці", Кодекс законів про працю України, галузеві стандарти безпеки праці, санітарні норми та правила. Роботодавець зобов'язаний створити на робочих місцях умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

Організація безпеки праці в рослинництві передбачає проведення комплексу заходів: навчання працівників з питань охорони праці та перевірку знань, проведення попереднього та періодичних медичних оглядів, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, контроль за станом техніки безпеки на виробництві, розслідування нещасних випадків та профілактичну роботу щодо їх попередження.

Проведення основного та передпосівного обробітку ґрунту пов'язане з експлуатацією важких агрегатів – тракторів різної потужності з начіпними та причіпними знаряддями. До роботи на тракторах допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, навчання, інструктаж і мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії.

Перед початком роботи механізатор зобов'язаний оглянути трактор та агрегат, переконатися у справності всіх систем та механізмів, перевірити рівень палива, масла, охолоджувальної рідини. Особливу увагу необхідно

приділити справності гальмівної системи, рульового управління, світлової та звукової сигналізації.

При агрегатуванні тракторів із ґрунтообробними знаряддями необхідно дотримуватися наступних вимог: встановлювати та знімати начіпні машини тільки на спеціально обладнаних майданчиках; під час навішування знарядь не допускається знаходження людей між трактором та агрегатом; перевіряти надійність з'єднання трактора з причіпними машинами.

Внесення мінеральних добрив потребує особливої уваги до дотримання правил техніки безпеки. Працівники, які працюють з добривами, повинні бути забезпечені спецодягом, респіраторами, захисними окулярами та рукавичками. Категорично забороняється курити, приймати їжу та воду під час роботи з агрохімікатами. Завантаження туковисівних машин проводиться механізованим способом із застосуванням навантажувачів.

При роботі з мінеральними добривами необхідно враховувати їх фізико-хімічні властивості. Аміачна селітра є вибухонебезпечною речовиною, тому вона повинна зберігатися у спеціально обладнаних приміщеннях, ізольовано від горючих матеріалів. Транспортування та внесення азотних добрив здійснюється з дотриманням особливих заходів обережності.

Проведення сівби ячменю вимагає ретельної підготовки насіннєвого матеріалу та сівалок. Перед початком роботи необхідно перевірити справність висівних апаратів, системи контролю глибини загортання насіння, працездатність маркерів. Налаштування сівалки на задану норму висіву проводиться згідно з інструкцією виробника на спеціально обладнаному майданчику.

Завантаження сівалок насінням здійснюється механізованим способом. При ручному завантаженні робітники повинні використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання, оскільки насіння може бути протруєне хімічними препаратами. Категорично забороняється під час

роботи сівалки очищати висівні апарати руками, усувати затори та регулювати механізми на ходу агрегату.

Догляд за посівами включає проведення позакореневих підживлень та захист рослин від шкідників, хвороб та бур'янів. Застосування пестицидів та агрохімікатів є найбільш небезпечною операцією у технології вирощування ячменю. До роботи з пестицидами допускаються особи не молодше 18 років, які не мають медичних протипоказань, пройшли спеціальне навчання та інструктаж.

Приготування робочих розчинів пестицидів проводиться на спеціально обладнаних майданчиках, віддалених від житлових приміщень, тваринницьких ферм, водойм. Оператори повинні працювати у повному комплекті засобів індивідуального захисту: комбінезоні, гумових чоботах, рукавичках, респіраторі, захисних окулярах.

Під час проведення хімічних обробок посівів необхідно дотримуватися санітарно-захисних зон: від житлових будинків – не менше 300 м, від водойм – не менше 500 м. Заборонено проводити обприскування за швидкості вітру більше 4 м/с, під час дощу або безпосередньо перед його початком, у спекотну погоду (температура повітря вище 25°C).

Збирання ячменю проводиться зернозбиральними комбайнами у фазі повної стиглості зерна. До роботи на комбайні допускаються механізатори, які пройшли навчання, мають відповідні посвідчення та успішно склали іспит з правил безпечної експлуатації комбайнів.

Перед початком збирання врожаю необхідно ретельно оглянути комбайн, перевірити справність усіх робочих органів, систем керування, гальм, освітлювальних приладів та звукової сигналізації. Особливу увагу слід приділити очищенню комбайна від рослинних решток, пилу та полови, оскільки їх накопичення може призвести до займання.

Під час роботи комбайна забороняється: очищати робочі органи на ходу, залишати працюючий двигун без нагляду, перевозити сторонніх осіб у кабіні та на платформі комбайна, проводити технічне обслуговування при

працюючому двигуні. При виявленні несправностей необхідно негайно зупинити комбайн, заглушити двигун та усунути неполадки.

Післязбиральна обробка зерна включає його очищення, сушіння та закладання на зберігання. Робота на зерноочисних машинах та сушарках потребує дотримання правил електробезпеки, оскільки більшість обладнання працює від електромережі. Перед початком роботи необхідно перевірити справність електропроводки, заземлення, захисних пристроїв.

При роботі із зерносушарками необхідно суворо дотримуватися вимог пожежної безпеки. Заборонено використовувати відкритий вогонь поблизу сушарки, курити в приміщенні, допускати перегрівання зерна. Працівники повинні бути забезпечені вуглекислотними або порошковими вогнегасниками.

Мийка техніки після внесення пестицидів повинна проводитися на спеціально обладнаних майданчиках із системою збору та очищення стічних вод. Категорично забороняється здійснювати мийку обладнання біля відкритих водойм, колодязів, джерел питної води.

Технологічні процеси вирощування ячменю супроводжуються надходженням в атмосферу забруднюючих речовин. Основними джерелами забруднення є вихлопні гази сільськогосподарської техніки, пил при обробітку ґрунту та збиранні врожаю, випаровування пестицидів та мінеральних добрив.

Для зменшення забруднення повітря необхідно підтримувати двигуни техніки у справному стані, використовувати якісне паливо, регулярно проводити технічне обслуговування машин. Зниження пилоутворення досягається шляхом проведення польових робіт при оптимальній вологості ґрунту, використанням сучасних ґрунтообробних знарядь, застосуванням мульчуючих технологій.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. У фазу повної стиглості зерна азотний компонент повного мінерального комплексу ($N_{70}P_{60}K_{70}$) забезпечує збільшення висоти рослин голозерного ячменю на 11–40% залежно від метеорологічних умов року, тоді як фосфорна та калійна складові не демонструють вираженого ефекту. Зменшення у складі комплексного мінерального живлення частки фосфору, калію чи обох елементів одночасно не призводить до статистично значущого зниження висоти рослин ярого голозерного ячменю.

2. Використання азотних добрив окремо або у поєднанні з фосфорними чи калійними компонентами істотно збільшує площу асиміляційної поверхні рослин. Величина цього показника демонструє залежність від гідротермічних умов вегетаційного сезону. За умов підвищеної кількості опадів площа листкового апарату зростає від 26,6 до 45,2–80,5 тис. м²/га залежно від системи живлення. У 2025 році цей параметр збільшувався відповідно від 11,5 до 20,4–26,5 тис. м²/га.

3. Оптимізація умов мінерального живлення голозерного ячменю забезпечує статистично достовірне підвищення врожайності зерна на 14–23% (окрім варіантів із внесенням $P_{60}K_{70}$). Серед досліджуваних видів мінеральних агрохімікатів найвагоміший вплив на формування продуктивності мають азотні форми, які на фосфорно-калійному фоні у нормі N_{70} забезпечують 19% приросту врожаю.

4. Зменшення норм внесення удвічі (до $N_{35}P_{30}K_{35}$) не призводить до істотного зниження продуктивності ярого ячменю. Врожайність на ділянках із неповним компенсуванням виносу фосфору та калію з урожаєм практично не відрізняється від варіантів із повним мінеральним живленням. Продуктивність зерна голозерного ячменю демонструє значну варіабельність залежно від погодних умов.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На основі проведених досліджень для сільськогосподарських підприємств, що здійснюють виробничу діяльність в умовах Правобережного Лісостепу України на опідзолених чорноземах, рекомендується:

1. **Для забезпечення високої продуктивності та якості зерна ярого голозерного ячменю** з урахуванням агрохімічної та енергетичної ефективності застосовувати систему мінерального живлення $N_{35}P_{30}K_{35}$ за умови культивування після кукурудзи у чотирипільній польовій сівозміні.

2. **З метою оптимізації витрат на мінеральні добрива** при одночасному збереженні високого рівня продуктивності використовувати помірні норми азотного живлення (35 кг/га д.р.), які забезпечують максимальну агрохімічну окупність при найвищому рівні економічної рентабельності (119,3%).

3. **Для підвищення економічної ефективності виробництва** уникати застосування високих норм повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$), оскільки за сучасного паритету цін це призводить до збитковості (-3,5%), натомість використовувати збалансовані помірні норми.

Впровадження запропонованих рекомендацій дозволить господарствам підвищити економічну ефективність виробництва зерна ярого голозерного ячменю, оптимізувати витрати на мінеральне живлення та забезпечити збереження і відтворення родючості ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бачинський О. В., Качура Е. В. Шлях підвищення продуктивності ячменю ярого пивоварного в умовах Північного Лісостепу України. Вісник аграрної науки. 2007. № 8. С. 44–49.

2. Вега Н. І. Вміст білка в зерні ячменю ярого залежно від фону мінерального живлення на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу. *Вісник Львівського НАУ*. Агрономія. 2021. Вип. 25. С. 154– 157.

3. Вислободська М., Данилюк В., Бідна Л., Вурдик П. Формування урожайності та якості зерна ярого ячменю залежно від рівня мінерального живлення. *Вісник Львівського НАУ*. Агрономія. 2013. Вип. 17(1). С. 166–170.

4. Войтова Г. П. Вплив систем удобрення на урожайність ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу. *Зернові культури.* 2021. Том 5. № 1. С. 72–77.

5. Гавриленко В. С. Вплив тривалого застосування мінеральних добрив на відносне винесення, коефіцієнт використання та інтенсивність балансу основних елементів живлення ячменю ярого голозерного. Аграрні інновації. 2023. № 22. С. 25–30.

6. Гелевера Ольга, Неілко Костянтин. Формування продуктивності ячменю ярого голозерного за різного удобрення у Правобережному Лісостепу України / Інноваційні підходи ведення аграрного виробництва в умовах євроінтеграції. Міжнародна науково-практична інтернет конференція. м. Кам’янець-Подільський, 2025.

7. Голота Є. Діагностика мінерального живлення ячменю ярого на різних агрохімічних фонах чорнозему опідзоленого. *Вісник Львівського НАУ*. 2013. Вип. 17(1). С. 192–197.

8. Гораш О. С. Залежність вмісту білка у пивоварному ячмені від міндобрив і норм висіву. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 10. С. 41–43.

9. Гораш О. С., Климишена Р. І. Ячмінь: управління ростом і розвитком. Кам’янець-Подільський, 2021. 312 с.

10. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив:

монографія. Київ: Нічлава, 2002. 342 с.

11. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.

12. Господаренко Г. М., Любич В. В., Мартинюк А. Т. Агрохімічні властивості ґрунту за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації.* 2023. № 19. С. 34–38.

13. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Стасінєвич О. Ю., Бойко В. П. Комплексне оцінювання системи застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2018. Вип. 2(82). С. 56–66.

14. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.

15. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Бойко В. П. Вплив доз і співвідношень добрив у польовій сівозміні на врожайність і якість зерна ячменю ярого. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 205– 218.

16. Господаренко Г. М., Стасінєвич О. Ю. Урожайність і якість зерна сортів ярого ячменю за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Спец. вип. 4(37). Т. 1. Миколаїв, 2006. С. 39–40.

17. Господаренко Г. М., Стасінєвич О. Ю., Прокопенко Е. В. Врожайність зерна ячменю ярого за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Уманського НУС*. 2015. № 1. С. 3–6.

18. Господаренко Г. М. Ефективність локального внесення добрив під ярий ячмінь на чорноземі опідзоленому. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2001. № 61. С. 116–123.

19. Гриник С. І. Оптимізація способу обробітку ґрунту і системи удобрення в короткоротаційній сівозміні Передкарпаття України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2021. 24 с.

20. Єгоршин О. О., Лісовий М. В., Доценко О. В. Вибір оптимальних варіантів удобрення польового досліду за різними показниками.

Агрохімія і ґрунтознавство. 2012. Вип. 77. С. 27–30.

21. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

22. Загороднюк П. В. Ефективність мінеральних добрив при вирощуванні ярого ячменю та їх вплив на поживний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту. *Науковий вісник НАУ*. 2002. № 48. С. 253–257.

23. Захарченко Е. А. Ефективність застосування добрив при вирощуванні ярого ячменю. *Вісник Сумського НАУ*. 2007. № 10–11. С. 117–120.

24. Каталог сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. Одеса: Астопринт, 2021. 182 с.

25. Кияк Г. С. Рослинництво. Київ: Вища школа, 1982. 400 с.

26. Кононюк В. А., Борисонік З. Б., Муратов А. Г. Ячмінь. Київ: Урожай, 1986. 143 с.

27. Копчик З. М. Пивоварний ячмінь на Заході України. Львів: Сполом, 2007. 151 с.

28. Коркін Є. Значення сірки та магнію в ґрунті. *Зерно.* 2015. № 1 (106). С. 47.

29. Лень О. І. Забезпеченість рослин ячменю ярого основними елементами живлення залежно від варіантів удобрення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2010. № 4. С. 182–185.

30. Марчук І. У., Макаренко В. М., Розтальний В. Є. Савчук А. В. Філон Є. А. Добрива та їх використання. Київ: Арістей, 2013. 258 с.

31. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних

технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 208 с.

32. Мойсієнко В. В.,. Подольський О. М. Продуктивність озимого

ячменю сорту Хайлайт залежно від елементів технології вирощування. Doi: 10/33249/ 2663-2144-2019-83-10-13-19.

33. Моргун В. В., Рибалка О. І, Моргун Б. В. Нові наукові напрями генетичного поліпшення злакових культур. *Фізіологія рослин і генетика.* 2021. Т. 53. № 3. С. 206–215.

34. Ободянський М. А., Климчук М. М. Агроекологічні особливості вирощування ярого ячменю на дерново-опідзоленому ґрунті в умовах Прикарпаття. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Екологія: проблеми адаптивно-ландшафтного землеробства», 20–22 червня* 2006 р., Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2006. С. 260–261.

35. Панфілова А. В., Гамаюнова В. В. Вплив оптимізації живлення на висоту рослин та врожайність зерна сортів ячменю ярого в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. № 4. С. 42–47.

36. Різник В. М. Економічна та енергетична оцінка елементів технології вирощування сочевиці їстівної. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. Вип. 26. С. 147–153.

37. Романюк В. І. Формування урожайності та якості зерна сортів ячменю ярого залежно від доз мінеральних добрив та регуляторів росту рослин в умовах Лісостепу правобережного: дис. … канд. с.-г. наук: 06.01.09. Вінниця, 2019. 291 с.

38. Сардак М. О., Сардак М. І., Гвоздь О. О. формування врожаю голозерного та плівчастого ярого ячменю залежно від норм висіву та мінерального живлення в умовах Північного Лісостепу України. *Миронівський вісник*. 2016. № 2. С. 249–261.

39. Свиденюк І. М., Шморгун О. В., Віннічук Т. С., Дмитрашак М. Я. Вплив технологічних факторів на формування елементів продуктивності та фітосанітарний стан посівів ярого ячменю. *Науковий вісник НАУ*. 2002. № 47. С. 50–54.

40. Система удобрення сільськогосподарських культур у

землеробстві початку XXI століття. С. А. Балюк та ін. / За ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошниченка. Київ: Альфа-стевія, 2016. 400 с.

41. Шабашов В. В., Токаренко В. М., Барановський О. В. Ефективність весняного застосування мінеральних добрив під ярий ячмінь. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 2. С. 10–12.

42. Шевченко О. І. Основи формування продуктивності ячменю ярого. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2012. № 2. С. 20–26.

43. Шкатула Ю. М., Барський Д. О. Формування площі листкової поверхні рослинами ячменю озимого в залежності від удобрення. *Сільське господарство та лісівництво. Екологія та охорона навколишнього середовища.* 2022. № 24. С. 227–240.

44. Tsvei Ya. P., Gorash O., Prysiazhniuk O. I., Klymyshena R. I., Klymchuk O. V., Shudrenko I. V. Effect of crop rotation and fertilization of sugar beet on the formation of maximum bioethanol yield. *Plant Archives*. 2020. Vol. 20, Supplement 2. P. 268–274.

Додатки

Додаток А

Таблиця 1

Кількість атмосферних опадів у період вегетації у роки проведення польових дослідів, мм (за даними метеостанції Кропивницький)

Рік	Місяць					За період вегетації
	III	IV	V	VI	VII	
Середньо-багаторічне значення	31	35	47	62	61	236
2024	54	52	6	17	3	132
2025	26	18	29	82	20	175

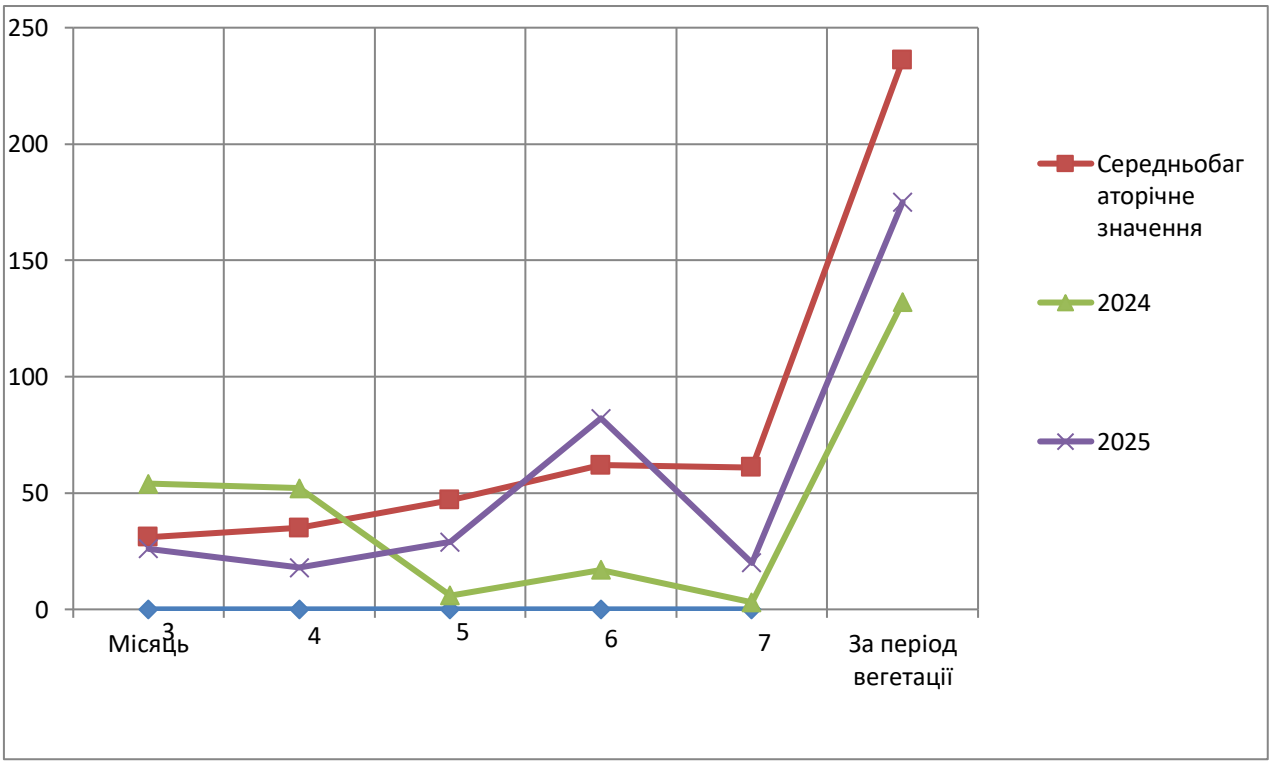

Рис. 1 Кількість атмосферних опадів у період вегетації у роки проведення польових дослідів, мм (за даними метеостанції Кропивницький)

Додаток Б

Таблиця 1

Температура повітря у період вегетації у роки проведення польових дослідів, °С (за даними метеостанції Кропивницький)

Рік	Місяць					Середнє значення за період вегетації
	III	IV	V	VI	VII	
Середньо-багаторічне значення	3,0	10,3	16,1	20,0	22,2	14,32
2024	4,7	14,4	16,2	22,7	26,2	16,84
2025	7,3	11,0	14,6	20,2	24,5	15,52

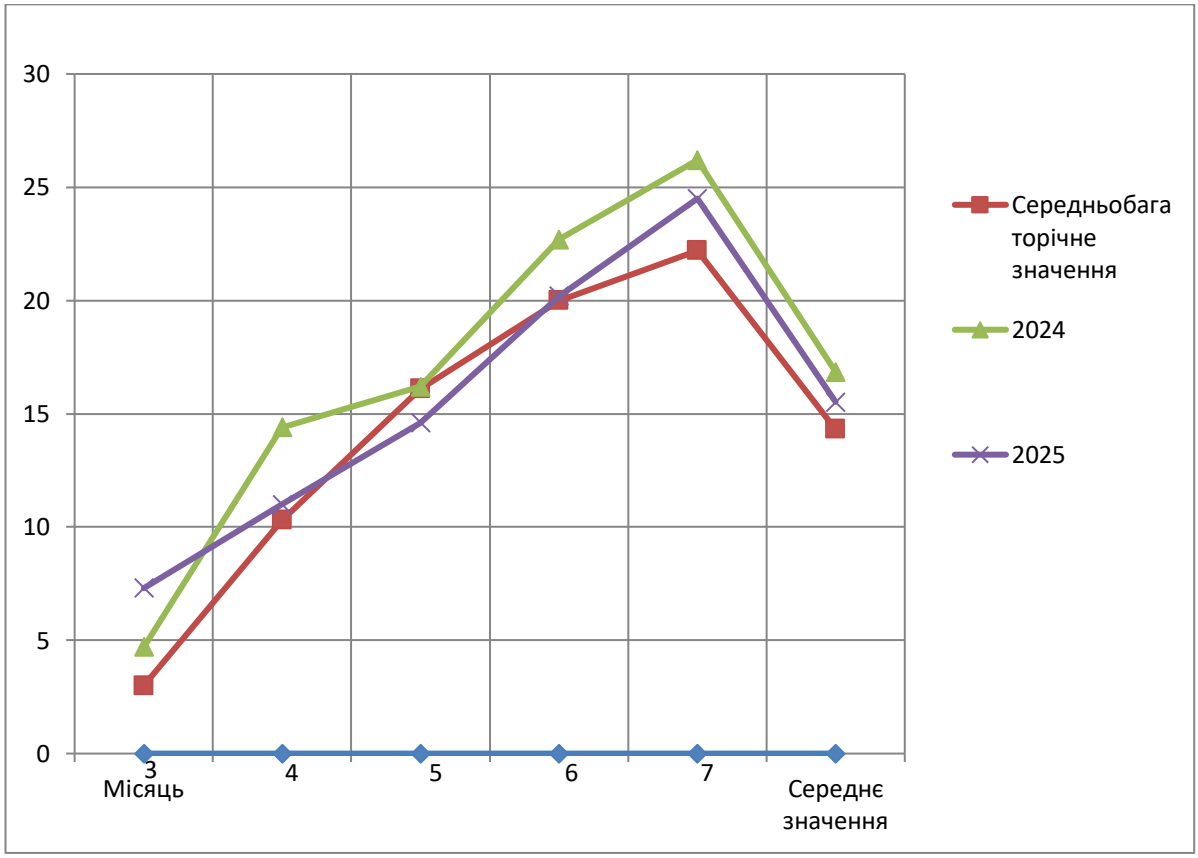

Рис. 1 Температура повітря у період вегетації у роки проведення польових дослідів, °С (за даними метеостанції Кропивницький)