

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

Агробіотехнологічний факультет

Спеціальність: 201 «Агрономія»

Допускається до захисту
Завідувач кафедри рослинництва та
цифрових технологій в агрономії,
доцент _____ Панченко Т.В.
« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

**ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В СФГ
«ШАПОШНИК» ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ**

Рівень вищої освіти: другий (освітній рівень)

Кваліфікація: «Магістр з агрономії»

Виконав: Кирилов Денис Олександрович _____

Керівник: доцент Федорук Ю.В. _____

Я, Кирилов Денис Олександрович, засвідчую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Біла Церква – 2025

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

Агробіотехнологічний факультет
Спеціальність 201 «Агрономія»

Затверджую
Гарант ОП «Агрономія»
професор _____ Грабовський М.Б.
«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувача
Кирилова Дениса Олександровича
ТЕМА: «ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В СФГ
«ШАПОШНИК» ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ АГРОТЕХНІЧНИХ
ЗАХОДІВ»

Затверджено наказом ректора № 06/З від 20.01.2025

Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи до 01.12.2025 р.

Перелік питань, що розробляються в роботі.

Вихідні дані: місце проведення досліджень (характеристика господарства, ґрунтово кліматичні умови); метеорологічні умови в роки проведення досліджень; матеріал та методика проведення досліджень.

У відповідності до визначеної мети роботи і відповідно для виконання поставлених завдань розробити схему досліду, підібрати відповідні методи і методики досліджень, сформулювати огляд літературних джерел з обраного напрямку досліджень, охарактеризувати погодні умови в роки досліджень, аналіз отриманих результатів, на цій основі зробити висновки, дати рекомендації виробництву, скласти список використаної літератури, обрахувати достовірність приростів урожайності.

Календарний план виконання роботи

Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури		
Методична частина		
Дослідницька частина		
Оформлення роботи		
Перевірка на плагіат		
Подання на рецензування		
Попередній розгляд на кафедрі		

Керівник кваліфікаційної роботи _____ доцент Федорук Ю.В.

Здобувач _____ Кирилов Д.О.

Дата отримання завдання «20» вересня 2024 р.

РЕФЕРАТ

Кирилов Д.О. ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В СФГ «ШАПОШНИК» ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ

У ході роботи було всебічно досліджено та оптимізовано основні складові технології вирощування культури, що дало змогу забезпечити формування високої продуктивності рослин і покращити якісні характеристики отриманої продукції. Комплексний підхід до досліджень охоплював як теоретичні методи — аналіз наукових концепцій, гіпотез і сучасних агрономічних теорій, так і емпіричні — проведення польових експериментів, спостережень, вимірювань та узагальнення результатів багаторічних досліджень.

Особливу увагу приділено вивченню біологічних особливостей росту та розвитку рослин, а також формуванню їх продуктивності залежно від елементів застосованої технології вирощування. Аналіз отриманих даних дав змогу встановити закономірності впливу добрив, регуляторів росту та різних технологічних прийомів на формування врожаю.

За результатами досліджень встановлено, що внесення мінеральних добрив мало суттєвий позитивний вплив на врожайність ярого ячменю незалежно від застосування стимулятора росту. Зокрема, на фоні мінерального живлення $N_{45}P_{30}K_{30}$ приріст урожайності порівняно з контрольними (неудобреними) ділянками в середньому за роки досліджень становив: у варіанті із застосуванням Агростимуліну – 20,0 ц/га, без нього – 18,5 ц/га. Це підтверджує стабільність позитивної дії мінерального живлення на продуктивність культури.

Найвищий рівень урожайності зерна було отримано за умов внесення підвищеної норми мінеральних добрив – $N_{45}P_{45}K_{45}$ у перерахунку на діючу речовину – у поєднанні з обробкою вегетуючих рослин Агростимуліном. У цьому варіанті врожайність досягла 49,7 ц/га, що є максимальним показником у досліді.

Проведена економічна оцінка ефективності вирощування ярого ячменю свідчить, що найоптимальнішим і найбільш рентабельним варіантом є застосування мінерального живлення $N_{45}P_{30}K_{30}$ у комплексі зі стимулятором росту. Саме в цьому варіанті отримано найнижчу собівартість продукції та найвищий рівень рентабельності – 91 %, що підтверджує економічну доцільність впровадження даної технології у виробничу практику.

Отримані результати мають важливе практичне значення та можуть бути впроваджені у виробничу діяльність сільськогосподарських підприємств зони Лісостепу України, оскільки забезпечують підвищення ефективності ресурсокористування та стабільне зростання урожайності культури.

Кваліфікаційна робота магістра викладена на 61 сторінці, містить 9 таблиць, 3 ілюстрації та список використаних джерел, який включає 50 найменування.

Ключові слова: висота рослин, густина стояння, площа листового апарату, продуктивність фотосинтезу, урожайність, елементи структури врожаю.

ABSTRACT

Kyrylov D.O. INCREASING THE PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY IN THE SHAPOSHNYK FARMS BY OPTIMIZING AGROTECHNICAL MEASURES

During the work, the main components of the crop cultivation technology were comprehensively investigated and optimized, which made it possible to ensure the formation of high plant productivity and improve the quality characteristics of the resulting products. A comprehensive approach to research included both theoretical methods - analysis of scientific concepts, hypotheses and modern agronomic theories, and empirical - conducting field experiments, observations, measurements and generalization of the results of many years of research.

Particular attention was paid to the study of the biological features of plant growth and development, as well as the formation of their productivity depending on the elements of the applied cultivation technology. Analysis of the data obtained made it possible to establish the patterns of the influence of fertilizers, growth regulators and various technological methods on the formation of the crop.

According to the results of the research, it was found that the application of mineral fertilizers had a significant positive effect on the yield of spring barley regardless of the use of the growth stimulator. In particular, against the background of mineral nutrition $N_{45}P_{30}K_{30}$, the increase in yield compared to control (unfertilized) plots on average over the years of research was: in the variant with the use of Agrostimulin - 12.8 c / ha, without it - 12.5 c / ha. This confirms the stability of the positive effect of mineral nutrition on crop productivity.

The highest level of grain yield was obtained under the conditions of applying an increased rate of mineral fertilizers – $N_{45}P_{45}K_{45}$ in terms of active substance - in combination with the treatment of vegetative plants with Agrostimulin. In this variant, the yield reached 49.7 c / ha, which is the maximum indicator in the experiment.

The conducted economic assessment of the efficiency of growing spring barley shows that the most optimal and most profitable option is the use of mineral nutrition $N_{45}P_{30}K_{30}$ in combination with the growth stimulator. It is in this option that the lowest cost of production and the highest level of profitability were obtained - 91%, which confirms the economic feasibility of introducing this technology into production practice.

The results obtained are of important practical importance and can be implemented in the production activities of agricultural enterprises in the Forest-Steppe zone of Ukraine, as they ensure increased resource use efficiency and stable growth in crop yields.

The master's qualification work is presented on 61 pages, contains 9 tables, 3 illustrations, 3 appendices and a list of sources used, which includes 50 names.

Keywords: plant height, plant density, leaf area, photosynthesis productivity, yield, elements of crop structure.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1. Особливості удобрення ячменю ярого.....	8
1.2. Особливості використання регуляторів росту рослин.....	18
1.3. Ботанічна характеристика ячменю ярого.....	23
1.4. Біологічні особливості ячменю ярого.....	25
1.5. Вимогливість рослин ячменю ярого до зовнішніх умов.....	27
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	29
2.1. Мета і завдання досліджень.....	29
2.2. Характеристика господарства.....	30
2.3. Ґрунтово-кліматичні умови зони і місця проведення досліджень.....	33
2.4. Метеорологічні умови в роки досліджень.....	35
2.5. Матеріал та методика проведення досліджень.....	37
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	39
3.1. Елементи структури врожаю залежно від факторів, які вивчалися в досліді.....	39
3.2. Врожайність ячменю ярого залежно від мінеральних добрив і стимулятора росту рослин.....	42
3.3. Ефективність використання мінеральних добрив.....	47
3.4. Якість зерна пивоварного ячменю.....	49
3.5. Економічна ефективність вирощування ячменю ярого залежно від умов живлення.....	52
ВИСНОВКИ.....	55
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	57

ВСТУП

У світовому землеробстві ярий ячмінь посідає одне з провідних місць серед зернових культур завдяки своїй високій адаптивності та стабільній продуктивності. За умов оптимального водного, поживного й температурного режимів ця культура здатна формувати високі й стійкі врожаї зерна, що робить її важливим елементом у структурі зернового виробництва. Універсальність ячменю, його пластичність і біологічна невибагливість забезпечили широке поширення культури в усіх природно-кліматичних і економічних зонах України – від Полісся до Степу.

Ярий ячмінь є цінною продовольчою, технічною та особливо кормовою культурою. Його зерно використовується у харчовій промисловості, у виробництві перероблених круп, солоду та кормових сумішей для тваринництва. Зростання потреб у якісному зерні ячменю визначає проблему нарощування його виробництва однією з пріоритетних для аграрного сектору країни.

Ефективна реалізація потенціалу продуктивності ярого ячменю можлива передусім завдяки впровадженню інтенсивних технологій вирощування, раціональному удобренню, застосуванню сучасних засобів захисту та використанню високопродуктивних сортів нової генерації. Проте, разом із перевагами інтенсивні технології мають і низку суттєвих недоліків: збільшення енергозатрат, погіршення екологічного стану агроландшафтів, значне агрохімічне навантаження на ґрунти, а в окремих випадках і зниження біорізноманіття.

Одним із стратегічних напрямів подальшого вдосконалення агротехнологій є перехід до альтернативних, екологічно безпечних та ресурсозберігаючих систем землеробства, здатних забезпечити високу продуктивність за мінімального впливу на довкілля. Такі технології дозволяють зменшити собівартість продукції, оптимізувати використання ресурсів і підвищити якість отриманого зерна.

Однак у сучасних умовах розвитку аграрного сектору України їх широке впровадження стримується низкою факторів: нестабільністю економічної ситуації, обмеженістю матеріально-технічної бази, недостатнім забезпеченням мінеральними добривами, пестицидними препаратами, сучасною технікою, а також зниженням інвестиційної активності у сільському господарстві.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розробка та вдосконалення зональних сортових технологій вирощування ярого ячменю, які б враховували рівень забезпеченості фермерських та колективних господарств ресурсами, специфіку ґрунтово-кліматичних умов, економічну доцільність застосування окремих технологічних прийомів та екологічні вимоги. Такий підхід сприятиме формуванню стабільних урожаїв і підвищенню конкурентоспроможності зерновиробництва в Україні.

РОЗДІЛ 1. СТАН ВИВЧЕНОСТІ ПИТАННЯ

1.1. Особливості удобрення ячменю ярого

Ячмінь належить до культур, які відзначаються інтенсивним винесенням елементів живлення з ґрунту. Для формування 1 тони зерна рослини ячменю споживають у середньому близько 26 кг азоту, 11 кг фосфору та 24 кг калію, що робить цю культуру однією з найбільш вимогливих до поживного режиму серед усіх зернових, які вирощуються в Україні. Такий високий рівень поглинання макроелементів зумовлений швидкими темпами росту та відносно коротким періодом вегетації ячменю, протягом якого рослина повинна сформувати повноцінний урожай.

Одним із найважливіших агротехнічних заходів, спрямованих на покращення живлення рослин і підвищення урожайності ячменю, є раціональне застосування добрив. Ячмінь високо реагує на внесення як мінеральних, так і органічних добрив. За умови їх збалансованого використання суттєво зростає продуктивність рослин, покращується їхня посухостійкість, підвищується імунітет проти основних хвороб та шкідників, а також поліпшуються показники якості зерна: склоподібність, вміст білка, маса 1000 зерен та вирівняність. Навіть на високородючих чорноземах грамотно побудована система удобрення дозволяє значно покращити режим живлення, активізувати ріст і розвиток рослин, сприяти формуванню більш потужної фотосинтезуючої поверхні та збільшенню врожайності [1, 2].

Відомо, що за сприятливих умов живлення продуктивність надземної маси ячменю зростає швидше, ніж маса кореневої системи. У результаті цього частка коренів у загальній масі рослини за удобрення зменшується порівняно з неудобреними варіантами, що свідчить про перенесення основних фізіологічних процесів у бік формування генеративних органів.

Досягнення високих та стабільних врожаїв ячменю безпосередньо

пов'язане з динамікою споживання елементів живлення. Вкрай важливо забезпечити рослинам доступність макро- й мікроелементів уже з ранніх фаз органогенезу, оскільки початковий період розвитку — один із найчутливіших. Особливо інтенсивне поглинання поживних речовин спостерігається у віці 15–30 днів, коли відбувається активне формування стебла, вузла кущіння та закладання майбутніх елементів урожаю.

Роль добрив у підвищенні врожайності ячменю є суттєвою та підтверджена багаточисленними дослідженнями. За оцінками американських учених, частка добрив у загальному прирості врожайності становить близько 41%, тоді як французькі фахівці наводять ще вищі показники — 50–70% [3]. Вітчизняні науковці також підкреслюють високу ефективність удобрення: на дерново-підзолистих ґрунтах приріст урожайності сягає 55%, на сірих лісових – 28%, а на чорноземах – близько 20% [4]. Ці дані свідчать про ключову роль оптимізованої системи удобрення у забезпеченні високої продуктивності культури незалежно від типу ґрунту.

Азот. Ярий ячмінь особливо інтенсивно потребує азотних сполук у період від початку кущіння до фази виходу в трубку. Саме в цей час закладаються й активно розвиваються пагони кущіння, наростає листкова поверхня, формується асиміляційний апарат та закладаються основні елементи майбутнього колоса. На ранніх етапах органогенезу азот бере активну участь у процесах синтезу та накопичення вуглеводів, що забезпечує енергію для подальшого росту рослин.

Нестача азоту призводить до значних порушень обміну речовин. У старих листках відбувається передчасний розпад білків, а продукти розпаду транспортуються до молодих органів, що спричиняє швидке пожовтіння, висушування та відмирання нижніх листків. Рослини, які відчувають дефіцит азоту, рано переходять у репродуктивну фазу, формують дрібні колоси, мають характерне світло-зелене або жовтувате забарвлення, іноді з червонувато-жовтим відтінком. Це призводить до зниження озерненості та, відповідно, до втрати врожайності.

Надлишок азоту також небезпечний: він зумовлює надмірний ріст вегетативної маси, послаблює механічну міцність тканин, сприяє вилягання посівів, затримує досягання та може погіршувати якість зерна. Оптимальний рівень азотного живлення є важливою умовою збалансованого засвоєння інших елементів, зокрема фосфору та калію, і забезпечує гармонійний розвиток рослин.

Найбільш ефективними азотні добрива є на дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах, бідних на органічну речовину. На таких ґрунтах азот істотно підсилює кушіння, збільшує кількість зерен у колосі та масу 1000 зерен, що забезпечує значний приріст урожайності. Вплив азоту на якість зерна, зокрема на вміст білка, залежить від того, наскільки істотно добрива підвищують урожай. Якщо азот забезпечує різке збільшення врожайності, то підвищення вмісту білка зазвичай помірне. Якщо ж урожай зростає незначно, азот стимулює суттєве накопичення білкових речовин.

Так, за даними шестирічних досліджень у Горьковській області, при внесенні азотних добрив урожайність становила 26,6 ц/га при вмісті білка 11,9 %. У той же час за низької врожайності – 10,8 ц/га на аналогічному фоні живлення – вміст білка підвищувався до 17,6 % [5].

На чорноземах азот менше впливає на збільшення врожайності, оскільки ці ґрунти природно багаті на поживні речовини. Однак він істотно сприяє підвищенню вмісту білка у зерні, що є важливим для поліпшення кормової та технологічної якості продукції.

У зонах Полісся та Лісостепу азот має значно сильніший вплив на урожайність і якість зерна порівняно з фосфором та калієм. Тому помилки в системі азотного живлення можуть призводити до суттєвих негативних наслідків. Особливо небезпечно вносити надмірні дози азоту до сівби ярого ячменю, особливо за розміщення після добре удобрених просапних культур. Це викликає надмірне й тривале кушіння, підвищує ризик вилягання, обумовлює нерівномірне досягання, а також підвищує ламкість стебел і колоса [6].

За умов недостатнього азотного живлення в рослин ячменю різко

знижується інтенсивність кушіння, спостерігається посилена редукція потенційно продуктивних пагонів, зменшується кількість сформованих колосків і знижується фертильність квіток. У результаті формується дрібне, щупле зерно, що безпосередньо веде до втрати врожайності та погіршення його якості [7].

Оптимальна норма азотних добрив залежить від рівня родючості ґрунту та попередника. На високому агрофоні вона має становити 45–60 кг/га д.р., тоді як на ґрунтах із відносно низькою природною забезпеченістю поживними речовинами та після малоефективних попередників її слід збільшувати до 60–80 кг/га д.р. На відміну від озимих культур, близько половини загальної норми азоту необхідно внести саме до сівби. Найбільш ефективно розкидати добриво безпосередньо перед передпосівним обробітком ґрунту з наступним загортанням у верхній його шар, оскільки азот легко вимивається у глибші горизонти. Решту дози доцільно вносити на IV етапі органогенезу, що позитивно впливає на озерненість колоса та загальну продуктивність посівів [8].

Вирощування ячменю на кормові цілі та для пивоварної промисловості вимагає різних технологічних підходів щодо удобрення азотом.

Кормовий ячмінь за умов інтенсивної технології удобрюють таким чином, щоб максимально підвищити врожайність і вміст протеїну. В умовах достатнього зволоження, окрім передпосівного внесення, можливе додаткове дворазове підживлення. Перше підживлення у фазі активного кушіння сприяє збільшенню кількості зернин у колосі та зростанню вмісту протеїну; друге – у фазі колосіння – підвищує вміст лізину та збільшує масу 1000 зерен. Загальну дозу азоту за інтенсивної технології можна збільшити до 90–100 кг/га д.р., проте такі високі норми економічно доцільні лише за умов гарантованого формування високого врожаю, який забезпечить окупність добрив. За суперінтенсивних технологій особливо важливо суворо дотримуватись регламенту удобрення та мати достатні агрохімічні ресурси, оскільки будь-яке відхилення може суттєво знизити ефективність усіх витрат.

Пивоварний ячмінь, навпаки, висуває вимоги до зниженого рівня азотного живлення, адже його якість визначається вмістом білка (9–11,5%) та високою часткою крохмалю (не менше 63–65%). Тому азотні добрива вносять у помірних кількостях – не більше N_{60} – переважно перед сівбою. Проведення підживлень у даному випадку небажане, оскільки воно сприяє накопиченню білка і може призвести до перевищення допустимих стандартів. Співвідношення поживних елементів N:P:K повинно бути збалансованим або з перевагою фосфору та калію. Завищені дози азоту в посівах пивоварного ячменю викликають нерівномірне досягання, підвищують ламкість стебла та колоса, сприяють формуванню дрібного зерна та погіршують технологічні властивості врожаю [9].

Фосфор. Фосфор є ключовим структурним елементом рослинної клітини й входить до складу нуклеїнових кислот, ферментів та енергетичних сполук (АТФ). Для рослин ячменю цей елемент є життєво необхідним протягом усього періоду росту й розвитку. Достатнє забезпечення молодих рослин фосфором стимулює формування потужної кореневої системи, що сприяє кращому засвоєнню вологи та поживних речовин, а також забезпечує формування добре розвиненого колоса. Фосфор підвищує стійкість до грибкових захворювань, посухи та покращує азотний обмін.

Вплив фосфору проявляється не лише у збільшенні врожайності, але й у покращенні якісних показників зерна. За умов фосфорного голодування спостерігається затримка росту, уповільнення розвитку та зміна забарвлення листків – вони набувають характерного червоно-фіолетового відтінку. У перші 10 днів після проростання рослини використовують лише ті запаси фосфору, що накопичені в зернівці, оскільки на цьому етапі коренева система ще не здатна ефективно поглинати фосфор з ґрунту. Тому за відсутності доступних фосфатів у ґрунті молоді рослини зазнають дефіциту, що негативно впливає на їх подальший ріст та потенційну продуктивність.

Суперфосфат є універсальним та найпоширенішим фосфорним добривом для ячменю, який ефективно застосовують на різних типах ґрунтів як під

основний обробіток, при сівбі, так і для підживлення.

Калій. Калій відіграє надзвичайно важливу роль у життєдіяльності рослин ячменю, оскільки бере активну участь у регуляції фізіологічних та біохімічних процесів. У рослинних клітинах він міститься переважно у рухомій формі, що забезпечує швидке переміщення продуктів асиміляції з листків до інших органів. Завдяки цьому калій сприяє нормальному перебігу метаболічних процесів, зокрема водного та азотного обміну, і забезпечує гармонійний розвиток рослини.

Калій позитивно впливає на стійкість ячменю до посухи, вилягання, ураження хворобами, а також сприяє прискоренню дозрівання зерна. Найбільша потреба у калії спостерігається в початковій фазі росту. Із віком рослини відбувається активна міграція калію зі старих листків у молодші органи, де він необхідний для інтенсивного наростання тканин. За умов дефіциту калію порушується ріст і дозрівання зерна, формується маловиповнене зерно зі зниженим вмістом білка. Зовнішні ознаки нестачі калію проявляються як затримка росту та поява бурого забарвлення по краях нижніх листків, що згодом висихають. У технології вирощування ячменю калійні добрива переважно застосовують під основний обробіток ґрунту [10, 11].

Дослідження показали, що спосіб внесення добрив і глибина їх загортання суттєво впливають на формування та розподіл кореневої системи в ґрунтовому профілі. У дослідах Єрастівської дослідної станції внесення комплексних добрив NPK на дно плужної борозни сприяло утворенню добре розвиненої кореневої системи саме в зоні локалізації добрив. Корені рослин активно розросталися в горизонтальному напрямі й формували густий кореневий килим на глибині 18–20 см, не заглиблюючись нижче. Такі результати були підтвержені під час дослідів із вирощуванням ячменю в ящиках.

Локалізоване внесення добрив на глибину 8–10 см або на дно борозни зменшувало загальну масу коренів у шарі 0–40 см (24,4–25,8% від маси надземної частини) порівняно з поверховим внесенням в орний шар (36,6%). Проте розміщення добрив саме в горизонті, де знаходиться основна частина

кореневої системи, сприяло швидшому росту рослин та формуванню більш потужної вегетативної маси [2, 12].

Удобрення суттєво впливає на продуктивність фотосинтезу. Удобрені рослини мають вищу інтенсивність поглинання та використання фотосинтетично активної радіації, що дозволяє їм формувати більшу кількість органічної речовини за однакового споживання вологи. За даними Науково-дослідного інституту кукурудзи, у степовій зоні України для утворення одиниці врожаю на удобрених площах потрібно на 20% менше води, ніж на неудобрених. У лісостеповій зоні за умов зрошення застосування добрив також сприяло зменшенню водоспоживання на 20–34% порівняно з контролем.

Мінеральне живлення впливає й на стійкість рослин до хвороб і на якість зерна. Наприклад, у Харківській області внесення $N_{10}P_{10}K_{10}$ у рядки на чорноземах істотно знижувало ураженість ячменю гельмінтоспориозом. На дерново-середньо опідзолених супіщаних ґрунтах південного Полісся застосування фосфорно-калійних або азотно-фосфорних добрив призводило до зменшення вмісту крохмалю та підвищення вмісту протеїну в зерні.

Поглинання елементів мінерального живлення починається вже з перших днів вегетації, а до кінця росту стебла рослини накопичують необхідну кількість азоту, фосфору та калію. Для забезпечення максимальної ефективності добрив важливо, щоб вони знаходилися у вологому ґрунтовому шарі, де активно працює коренева система. При внесенні добрив під оранку поживні речовини доступні протягом усієї вегетації, а внесення в рядки забезпечує їх надходження на ранніх етапах розвитку культури [13, 14].

Для підвищення ефективності використання добрив у технології вирощування ячменю важливо правильно поєднувати в сівозміні органічні та мінеральні форми живлення. Культура ячменю добре реагує на внесення органічних добрив, причому їх позитивна дія проявляється не лише в перший рік після внесення, а й упродовж наступних років.

Гній є найпоширенішим видом органічних добрив, оскільки містить практично всі макро- і мікроелементи, необхідні для живлення рослин. У

процесі розкладання органічних речовин гною виділяється вуглекислий газ, який сприяє переходу фосфатів ґрунту в більш доступні для рослин форми. Окрім того, збагачення приземного шару повітря вуглекислою покращує дихання рослин, посилюючи їх інтенсивність фотосинтезу.

Досвід Ерастівської дослідної станції підтверджує високу ефективність органічних добрив: внесення 20 т/га гною під зяблевий обробіток забезпечило в середньому за 4 роки приріст урожайності ячменю на 6 ц/га. У більшості регіонів вирощування ячменю гній рекомендується вносити під попередні культури, оскільки його дія триває кілька років.

Згідно з даними Всесоюзного науково-дослідного інституту кукурудзи, у Степовій зоні України післядія внесення 20 т/га гною забезпечила приріст урожайності ячменю як другої культури в сівозміні на 4,4 ц/га, а четвертої – на 1,4 ц/га. Це свідчить про тривалий вплив органічних добрив на родючість ґрунту та продуктивність зернових культур.

Поєднання органічних і мінеральних добрив дає ще вагоміший ефект. Так, при внесенні в сівозміні 20 т/га гною під озиму пшеницю, а потім додатковому внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$ під другу озимину та аналогічної кількості добрив під четверту культуру – ячмінь, урожайність останнього за 4 роки зростає з 16,8 до 26,0 ц/га, тобто на 9,2 ц/га.

Гній рекомендовано вносити восени під основний обробіток ґрунту у напівперепрілому стані. Уникати слід внесення свіжого гною, оскільки це може призвести до засмічення посівів бур'янами, а також підвищити ризик вилягання посівів ячменю.

Мінеральні добрива також відіграють значну роль у формуванні високих врожаїв ячменю. Їх застосування забезпечує збільшення кількості зерен у колосі, підвищення їх маси та вирівняності. Однак ефективність різних видів добрив суттєво залежить від ґрунтово-кліматичних умов конкретного регіону.

Так, у дослідях Зерноградської держселекстанції післядія внесення $P_{60}K_{30}$ і $N_{40}P_{60}K_{30}$ забезпечила приріст урожайності ячменю на рівні 3–3,1 ц/га. На Харківській та Красноградській дослідних станціях післядія повного

мінерального добрива підвищила урожай на 3,5 ц/га. Додаткова дія фосфорно-калійних добрив на Кіровоградській станції забезпечила приріст 2,3 ц/га, а на Ерастівській – 2,7 ц/га.

На тій самій Ерастівській дослідній станції встановлено, що внесення восени під оранку $N_{45}P_{60}K_{45}$ забезпечує приріст урожайності ячменю на 6,3 ц/га, а внесення тих же доз навесні під культивуацію – на 6 ц/га. Додавання 5 т/га перегною сприяло зростанню урожайності на 2,8 ц/га при внесенні під зяб та на 2,6 ц/га – при внесенні навесні.

У Степовій зоні України на звичайних чорноземах встановлено високу ефективність локального внесення мінеральних добрив, зокрема на глибину, що перевищує глибину загортання насіння на 3–4 см. Такий прийом забезпечує кращу доступність елементів живлення для кореневої системи рослин та істотно підвищує коефіцієнт використання поживних речовин. За даними Ерастівської дослідної станції, локальне внесення повного мінерального добрива перед культивуацією зябу дало середній за шість років приріст урожайності ячменю 7,7 ц/га. Це на 1,6–2,0 ц/га більше порівняно з традиційним внесенням добрив розкидним способом восени під оранку або навесні перед культивуацією.

Переваги локального внесення пояснюються тим, що в цих умовах добрива,, особливо фосфорні сполуки, менше фіксуються ґрунтом і триваліше залишаються у доступній для рослин формі. Крім того, зосередження поживних елементів у вузькій зоні, розміщеній у шарі ґрунту з тривалішим зволоженням, сприяє активнішому розвитку як первинної, так і вторинної кореневої системи. Це особливо важливо на ранніх етапах органогенезу, коли культура найбільш чутлива до дефіциту елементів живлення. Так, наприкінці фази кушіння, згідно з даними дослідів, у рослин ячменю без удобрення формувалося в середньому 1,7 вузлових коренів, тоді як при локальному внесенні NP цей показник зростав до 4. Число листків збільшувалося з 5,1 до 6, а висота рослин – з 24,9 см до 35,8 см [17].

Поряд з цим у звичайних чорноземах позитивним є також використання малих стартових доз добрив, внесених у рядки під час сівби. Вони забезпечують доступність легкорозчинних форм фосфору для проростків у період, коли

коренева система ще слабо розвинена. За даними Ерастівської дослідної станції, внесення у рядки N_5P_{10} сприяло прискореному появленню сходів: через три дні після початку проростання у середньому з'явилося 67,5% рослин від числа висіяного насіння, тоді як без добрив – лише 64,7%. Польова схожість зроста відповідно з 83,2% до 85,0% [18, 19].

Норми мінеральних добрив доцільно розраховувати відповідно до запланованої урожайності або на основі зональних рекомендацій для конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Практика показує, що високі врожаї ячменю забезпечуються при застосуванні наступних доз мінеральних добрив з урахуванням післядії органічних:

- Полісся (дерново-підзолисті супіщані та суглинкові ґрунти) – $N_{45}P_{45}K_{45}$;
- Лівобережний і центральний Лісостеп – $N_{45}P_{30}K_{30}$;
- Чорноземи центрального і північного Степу – $N_{45}P_{30}K_{30}$;
- Каштанові та солонцюваті ґрунти південного Степу – $N_{45}P_{45}$.

У випадку вирощування ячменю після попередників, які не отримували добрив, рекомендовано збільшувати дози мінеральних добрив на 25–30% [20], що компенсує зниження запасу доступних поживних елементів у ґрунті.

Структура внесення добрив також має принципове значення. Фосфорні та калійні добрива доцільно вносити під основний обробіток ґрунту, що забезпечує поступову мінералізацію та рівномірний розподіл поживних речовин у кореневмісному горизонті. Азотні ж добрива краще застосовувати локально під час передпосівної культивування культиваторами-рослинопідживлювачами на глибину 10–12 см, що зменшує втрати азоту на промивання та випаровування і дозволяє забезпечити культуру доступними формами азоту в найбільш критичні періоди росту.

Крім основного внесення, мінеральні добрива застосовують також у рядки під час сівби. У Степовій і Лісостеповій зонах зазвичай використовують гранульований суперфосфат у нормі 10–15 кг/га фосфору. У Поліссі доцільно вносити повне мінеральне добриво з розрахунку по 10–15 кг/га азоту, фосфору і калію [9].

Отже, ячмінь є культурою, що високо реагує на покращення умов живлення, що відображається у суттєвому підвищенні урожайності. Максимальної ефективності від застосування добрив можна досягти лише за умови їх системного використання з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей, агрохімічних показників ґрунту та загальної технології вирощування у сівозміні. Розміщення добрив повинне відповідати біологічним вимогам культур, їх місцю у сівозміні, рівню удобреності попередників, а також економічній доцільності. Такий комплексний підхід забезпечує найвищий агрономічний та економічний ефект від застосування добрив.

1.2. Особливості використання регуляторів росту рослин

Одним із важливих і перспективних резервів підвищення продуктивності зернових культур у сучасних інтенсивних технологіях вирощування є застосування регуляторів росту рослин (РРР). Під регуляторами росту розуміють природні або синтетичні біологічно активні сполуки, які використовують для обробки насіння, вегетуючих рослин або ґрунту з метою оптимізації ростових процесів, що у підсумку сприяє підвищенню врожайності та поліпшенню якості зерна. На сьогодні РРР є невід'ємною складовою сучасних агротехнологій, адже вони дозволяють реалізувати генетичний потенціал культур навіть у стресових умовах.

Особливо швидко нині розширюється застосування препаратів нового покоління, що вирізняються високою біологічною активністю та діють у надзвичайно малих дозах – гектарні норми їх внесення становлять лише міліграми. Ці препарати впливають на широкий спектр фізіологічних процесів: підвищують енергію проростання і лабораторну та польову схожість насіння, стимулюють формування та розгалуження кореневої системи, активізують роботу фотосинтетичного апарату, а також підвищують стійкість рослин до хвороб і несприятливих абіотичних чинників (посухи, перепадів температур, надлишку чи нестачі вологи тощо).

Наукові дослідження за останні десятиріччя дозволили ідентифікувати та вивчити близько 5000 хімічних, мікробіологічних і рослинних сполук, які мають регуляторну дію на ріст і розвиток рослин. Темпи виробництва, продажу та використання РРР у світі зростають швидше, ніж будь-яких інших агрохімікатів. Це обумовлено тим, що вчені-агротехнологи все частіше відзначають: можливості традиційного шляху підвищення врожайності – за рахунок збільшення норм мінеральних добрив – практично вичерпані. Відтак у першій чверті XXI століття очікується, що саме регулятори росту стануть основним фактором додаткового приросту продуктивності рослин.

Про масштаби застосування РРР свідчать переконливі статистичні дані. Так, у 1999 році в Німеччині обробці регуляторами росту підлягало до 80% площ посівів озимої пшениці, а в Англії – близько 70%. В Україні біостимуляторами обробляється приблизно 50% насіння цукрових буряків, що підкреслює важливість цієї технології у забезпеченні стабільних урожаїв цінних культур.

Результати випробувань, проведених науковими установами Міністерства агропромислового комплексу України в різних ґрунтово-кліматичних зонах країни, засвідчують високу ефективність вітчизняних препаратів. За техніко-економічними характеристиками вони не лише відповідають, але нерідко і перевищують світові аналоги [21]. Застосування РРР дозволяє підвищити врожайність на 10–25%, прискорити строки дозрівання, зменшити вміст нітратів і важких металів у рослинній продукції, покращити її харчову та кормову цінність. Крім того, стимулятори росту сприяють зменшенню кількості некондиційного зерна, а також зниженню втрат при збиранні, транспортуванні та зберіганні [22, 23].

Висока ефективність регуляторів росту пояснюється наявністю у їх складі збалансованих комплексів біологічно активних речовин, які м'яко, але цілеспрямовано впливають на метаболізм рослин. Завдяки цьому рослини швидше нарощують кореневу та надземну масу, ефективніше використовують елементи живлення, підвищують імунітет та адаптивність. Це також дозволяє

зменшити використання пестицидів на 20–30% без зниження рівня захисного ефекту, що є важливим екологічним і економічним фактором [24].

Українські регулятори росту рослин успішно виходять на міжнародні ринки. Низка препаратів офіційно зареєстрована та застосовується в Білорусі та Молдові [21, 25], що підтверджує їх конкурентоспроможність.

Важливу роль у регуляції життєвих процесів відіграють також ендогенні гормони рослин, а застосування синтетичних аналогів цих речовин дозволяє точково впливати на основні процеси росту, розвитку і формування продуктивності культур [26]. Саме тому дослідження механізмів дії та оптимізації використання РРР залишаються одним із провідних напрямів сучасної агрономічної науки.

За сучасною класифікацією до групи ендогенних регуляторів росту та розвитку (РРР) належать як фітогормони – ауксини, гібереліни, цитокініни, абсцизини та етилен, – так і низка негормональних фізіологічно активних сполук, до яких відносять різноманітні вітаміни та фенольні речовини. Фітогормони синтезуються в певних органах або окремих тканинах рослинного організму, після чого транспортуються в інші його частини, де й проявляють свою активність. Завдяки цьому вони координують широкий спектр життєвих процесів, підтримують функціональну цілісність рослини та узгоджують роботу всіх її елементів у межах єдиної біологічної системи.

Специфічна дія кожного регулятора росту визначається його хімічною природою та типом гормону. Для кожного класу таких сполук властивий комплекс характерних ефектів, хоча слід враховувати, що конкретний результат їхнього впливу значною мірою залежить від виду рослини, її фізіологічного стану та умов середовища. Тому один і той самий гормон може спричиняти різні фізіологічні реакції залежно від об'єкта та фази розвитку, в якій він досліджується [27].

Ауксини відіграють ключову роль у процесах поділу, диференціації та розтягнення клітин. Вони беруть участь у механізмах фото- та геотропізму, забезпечують явище апікального домінування, стимулюють утворення коренів і ксилеми. Крім того, ауксини підтримують трофічний стан клітин, уповільнюють

процеси старіння, впливають на синтез РНК та білків, а також можуть модифікувати прояв статі квіток.

Цитокініни передусім потрібні для активного поділу клітин, стимулюють їх ріст шляхом розтягнення, особливо в дводольних рослин. Вони беруть участь у диференціації хлоропластів, затримують старіння тканин, регулюють корелятивні зв'язки між органами та частинами рослини, впливають на апікальне домінування, а також значною мірою визначають формування й розвиток генеративних органів. Цитокініни здатні активізувати синтез усіх основних форм РНК, що підсилює інтенсивність біосинтетичних процесів.

Гібереліни є важливими стимуляторами клітинного поділу та їхнього подовження, сприяють інтенсивному росту стебла та подоланню стану спокою насіння чи бруньок. Їх застосування прискорює процеси цвітіння й плодоношення, підвищує активність ферментних систем, а в окремих випадках – уповільнює старіння листків і плодів [28].

Одним із сучасних засобів впливу на фізіологічні процеси є агростимулін – комплексний препарат, що містить N-оксид і речовини, подібні за дією до природних ауксинів, цитокінінів і гіберелінів. До його складу також входять ненасичені жирні кислоти, амінокислоти та мікроелементи. Цей регулятор росту розроблений фахівцями ІБОНХ НАН України і належить до універсальних засобів, здатних комплексно впливати на розвиток рослин.

На сьогодні сформовано сучасні технологічні підходи до застосування регуляторів росту як для передпосівної обробки насіння, так і для обприскування рослин у різні фази їхньої вегетації. Однак дослідження наукових установ свідчать, що додаткове обприскування вегетуючих рослин на тлі вже проведеної передпосівної обробки насіння зазвичай не забезпечує суттєвого подальшого приросту врожайності [29].

Ефективність одноразового застосування регуляторів росту – незалежно від того, йдеться про обробку насіння чи посівів – значною мірою визначається погодними особливостями конкретного року. За даними Українського державного науково-дослідного та проєктно-технологічного інституту «Агроресурси», у 1995

році передпосівна обробка насіння озимої пшениці забезпечила значний приріст урожайності – 7,2 ц/га, тоді як обприскування посівів дало 4,8 ц/га. У 1996 році ситуація була протилежною: найбільший приріст урожаю забезпечило саме обприскування посівів – 5,2 ц/га, тоді як обробка насіння дала лише 2,2 ц/га [29]. Це підкреслює важливість адаптації технології застосування регуляторів росту до конкретних погодних умов року та стану посівів.

Різноманітні технології застосування регуляторів росту рослин (РРР) мають як свої переваги, так і обмеження. Наприклад, допосівна обробка насіння дозволяє препаратам починати вплив на розвиток кореневої системи вже на ранніх етапах проростання. Цю обробку можна виконувати безпосередньо на насінневих заводах або безпосередньо в господарствах під час підготовки насіння до сівби, що робить процес зручним і економічно вигідним.

Обприскування посівів ефективно за певних умов: оптимально проводити його у суху, безвітряну погоду, до 12-ї години дня або ввечері. Часто обробку РРР здійснюють одночасно з фітосанітарними заходами, наприклад з внесенням інсекто- та фунгіцидів, що дозволяє підвищити ефективність захисту рослин та зекономити засоби [12].

Під дією РРР, що застосовуються до сівби, збільшується енергія проростання насіння та його польова схожість. У зернових культур за рахунок стимуляції розвитку кореневої системи може збільшуватися маса коренів до 57%, внаслідок утворення більшої кількості вторинних коренів. Це, у свою чергу, позитивно впливає на формування генеративних органів: суттєво зростає кількість колосків у колосі та маса 1000 зерен. У результаті врожайність озимої пшениці може підвищуватися на 6–25%, вміст білка – на 0,9–1,7%, а клейковини – на 5,2–7,4% [30].

Водночас дані про вплив РРР на продуктивність зернових культур містять певні протиріччя. Дія препаратів значною мірою залежить від кліматичних умов, ґрунтово-кліматичної зони та агрофону, тому ефект у різних регіонах може суттєво відрізнятись.

Необхідно також пам'ятати, що РРР, як природні, так і синтетичні, не є

універсальним засобом. Вони не створюють нових можливостей, а лише допомагають рослині максимально реалізувати свій генетично закладений потенціал. Фактично регулятори росту розширюють фенотипічні межі, які в конкретних умовах без їх застосування залишаються не реалізованими.

Широке використання РРР обмежується кількома ключовими проблемами. Однією з найважливіших є недостатньо вивчена специфіка дії синтетичних регуляторів росту залежно від виду та сорту рослин, а також від способу їх застосування. У науковій літературі щодо цього питання зустрічається багато суперечливих даних. Це створює необхідність у розробці найбільш раціональних та адаптованих технологічних прийомів застосування РРР.

Окрім того, досі відсутні чіткі рекомендації щодо економічної доцільності використання регуляторів росту у різних господарствах. Проте, враховуючи порівняно невисоку вартість сучасних вітчизняних препаратів, їхнє впровадження є цілком реальним і потенційно вигідним для більшості агропідприємств, що прагнуть підвищити продуктивність і якість зернових культур.

1.3. Ботанічна характеристика ячменю ярого

Ячмінь належить до родини злакових (*gramineae*, або *poaceae*) і роду *hordeum*, який включає близько 30 видів. Як і інші хлібні злакові, ячмінь має мичкувату кореневу систему, що складається з первинних (зародкових) та вторинних (вузлових) коренів.

Первинні корені беруть початок від зародка насіння. Під час проростання першим прориває оболонку головний корінь, який заглиблюється в ґрунт, галузиться та формує зародкову кореневу систему, що зберігає свою функціональність протягом усієї вегетації. **Вторинні корені** виникають із нижніх підземних вузлів стебла біля поверхні ґрунту та забезпечують додаткове живлення рослини. Дослідники відзначають, що дворядні сорти ячменю зазвичай формують більше зародкових коренів порівняно з шестирядними, хоча

ця закономірність не є абсолютною. Кількість зародкових коренів залежить як від генетичних особливостей сорту, так і від умов вирощування, зокрема від забезпеченості рослин вологою, поживними речовинами та оптимальної температури. Формування високого врожаю тісно пов'язане з інтенсивним розвитком вторинних коренів.

Стебло ячменю, або соломина, поділене на вузли та міжвузля. Вузли заповнені серцевиною, а міжвузля порожні. Зазвичай стебло має від 4 до 7 міжвузлів, а у деяких мутантних форм – від 10 до 14. Ріст стебла відбувається у нижній частині міжвузля, де знаходиться молода тканина, захищена основою листової піхви. Висота стебла визначається генетично, проте змінюється залежно від умов вирощування: у ярого ячменю в оптимальні роки вона становить 47–140 см, у посушливі – 35–87 см, у озимого – 45–160 см. Товщина стебла варіює від 1,7 до 6,5 мм і, як правило, корелює з його міцністю та стійкістю проти вилягання, хоча спостерігаються й винятки. Діаметр стебла зменшується у напрямку до колоса, а механічна міцність, яка визначає стійкість сорту проти вилягання, у стійких сортів сягає 700–900 г. Стійкість проти вилягання залежить від морфологічних, анатомічних і механічних характеристик стебла та реакції сорту на умови вирощування.

Листок ячменю складається з пластинки та піхви. Стебло, листові піхва, листок і колос покриті восковим нальотом, інтенсивність якого зростає у посушливі роки. Верхній листок зазвичай менший, але схожий за формою на нижній. Довжина листків коливається від 8 до 25 см, ширина – від 4 до 32 мм. Листки можуть бути прямостоячими (японо-китайський екотип) або пониклими (північноросійський та західноєвропейський екотип). Морфологічні та анатомічні особливості листків пов'язані з біологічними властивостями рослин – морозостійкістю, посухостійкістю та потенціалом продуктивності.

Суцвіття ячменю – колос, який складається з колінчастого плоского стрижня та сидячих колосків у його уступах. Довжина члеників стрижня становить 2–4 (5) мм. Зазвичай колосок одноквітковий і формує одну зернівку. У шестирядних сортів на кожному виступі колосового стрижня містяться три

плодові колоски, тоді як у дворядних – лише середній колосок плодovий, бічні залишаються безплідними. У проміжних формах може бути один, два або три колоски з зернами.

Колосок має дві колоскові та дві квіткові луски, маточку і три тичинки. Форма та опушення колоскових лусок є постійними ознаками, які враховують при апробації сортів. Квітки двостатеві; самозапилення (автогамія) є домінуючим явищем, а перехресне запилення у культурного ячменю зустрічається рідко.

Плід – зернівка, розміром 7–10 мм у довжину та 2–3 мм у товщину. Форма зернівки може бути ромбічна, видовжена або еліптична, вона є спадковою ознакою, але змінюється під впливом умов вирощування. За типом покриву зерна поділяють на плівчасті та голозерні [31].

1.4. Біологічні особливості ячменю ярого

У ячменю, як і у інших однорічних злаків, виділяють кілька основних фаз вегетації, що характеризують розвиток рослини від насіння до повного досягання зерна. До них належать: проростання насіння, поява сходів, кущіння, вихід у трубку, колосіння, цвітіння, налив зерна та досягання (молочна, воскова і повна стиглість).

Проростання насіння і поява сходів

Фаза проростання триває 2–5 днів і є критичною для забезпечення енергії росту рослини. Ячмінь потребує менше води для проростання, ніж інші зернові культури – приблизно 48–65 % від маси сухої речовини насіння. Проростання починається вже при порівняно низьких температурах (1–3°C), але оптимальні умови – 18–25°C, що забезпечує швидке формування зародкового кореня та появу сходів.

Кущіння

Після появи першого та другого листка рослина активно нарощує надземну і кореневу масу. До моменту формування третього справжнього листка біля

поверхні ґрунту утворюється перший вузол стебла, з'являються справжні листки та вторинні корені. У цей час ячмінь починає кущитися, утворюючи бічні пагони, які визначають потенційну продуктивність рослини. Від появи сходів до початку кушіння проходить зазвичай 10–15 днів, іноді 20–25. Кількість пагонів на рослині характеризує енергію кушіння, що безпосередньо впливає на майбутній урожай.

Вихід у трубку

Фаза виходу в трубку починається з інтенсивного видовження міжвузля та формування зародкового колоса. У ярого ячменю у помірних широтах ця стадія настає через 3–4 тижні після сходів, на півдні – через 4–6 тижнів. Саме в цей період рослина формує структурні елементи майбутнього колоса та активізує інтенсивний ріст стебла.

Колосіння і цвітіння

Колосіння починається, коли колос наполовину виходить з листової піхви. Цвітіння відбувається одночасно або трохи пізніше, із викиданням пиляків, що забезпечує запилення і запліднення. Це критичний період для формування кількості зернівок у колосі.

Налив і досягання зерна

Після запилення починається активний налив зерна, який триває 13–19 днів. У цей період інтенсивно накопичується крохмаль і формуються цінні білкові та крохмалеві фракції зерна. Швидке досягання за умов посухи може призвести до зменшення маси і якості зерна, а дощова погода – до подовження строки досягання та зниження товарної якості. Особливо небезпечне проростання зерна на пні, що призводить до втрати харчових, кормових та пивоварних якостей і погіршує посівні властивості.

Тривалість вегетаційного періоду

Загальна тривалість розвитку ярого ячменю коливається від 65 до 125 днів, залежно від сорту, агрофону та умов вирощування. Скоростиглі сорти мають менший потенціал врожайності, ніж пізні, але можуть виявляти перевагу у роки з певним розподілом тепла і опадів, а також за умови мінімальної шкоди від

шкідників і хвороб.

Ярий ячмінь висівають навесні, але у теплих кліматичних регіонах його можливо використовувати і для осінньої сівби. При озимому посіві рослина може перейти у фазу виходу в трубку ще восени [32, 33].

1.5. Вимогливість рослин ячменю ярого до зовнішніх умов

Вимоги до ґрунтових умов

Ячмінь вирощують на різноманітних ґрунтах, однак найкращі результати за врожайністю та якістю зерна спостерігаються на родючих структурних чорноземах з глибоким орним шаром, де добре розвивається коренева система і забезпечується належне живлення рослин. Непридатними для ячменю є надмірно зволожені, заболочені, торф'яно-кислі, кислі та сильно засолені ґрунти, оскільки вони обмежують розвиток кореневої системи і пригнічують ріст рослин.

Вимоги до вологи

Ячмінь є культурою, чутливою до вологості ґрунту, особливо на критичних етапах розвитку. Для формування високого врожаю необхідна достатня забезпеченість водою в усі фази вегетації. Багаторічні дослідження показали, що розподіл використання води рослинами ячменю наступний:

- Сходи – вихід у трубку: близько 22 % загальної потреби вологи;
- Вихід у трубку – колосіння: близько 33 %;
- Колосіння – повна стиглість зерна: понад 36 %.

При нестачі вологи сповільнюється ріст і розвиток рослин, зменшується кількість вторинних коренів і формування генеративних органів, що призводить до зниження врожайності та погіршення якості зерна.

Ячмінь ярий відзначається помірною посухостійкістю, яку оцінюють за коефіцієнтом транспірації (КТ), що у нього становить приблизно 403. Важливо зазначити, що цей показник є змінним і залежить від умов повітряної вологості, температурного режиму та інтенсивності випаровування.

Вимоги до тепла

Ячмінь добре проростає при низьких температурах: насіння починає проростати вже при 1–2 °С, хоча тривалість проростання значно збільшується до 15–20 днів. При 5–6 °С насіння проростає за 8 днів. Для отримання життєздатних сходів температура ґрунту на глибині загортання насіння має бути не нижче 4–5 °С.

Швидкість появи сходів прямо залежить від температури ґрунту:

- 5 °С – сходи з'являються на 20-й день;
- 13 °С – на 13-й день;
- 15 °С – на 7-й день.

Короткочасні заморозки після появи сходів зазвичай не шкодять рослинам: вони витримують нетривалі зниження температури до 3–4 °С, а іноді навіть до 6 °С і вище.

Варто зауважити, що під час фази кущіння при високих температурах ячмінь майже не утворює вузлових коренів, що обмежує здатність рослини до інтенсивного живлення і впливає на потенціал продуктивності [34].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Мета і завдання досліджень

Огляд наукової інформації та її аналіз свідчить що дослідники тривалий час займались вивченням окремих складових інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур і прийшли висновку що застосування мінеральних добрив є одним із основних агротехнічних заходів у системі інтенсивного рослинництва, оскільки без належного мінерального живлення неможливо забезпечити високу врожайність та якість продукції [35-50]. Особливо важливим є диференційований підхід до внесення азотних добрив під ячмінь, який повинен враховувати такі фактори, як умови зволоження ґрунту, попередники, попереднє внесення добрив і рівень нітратів у ґрунті. Надмірне внесення азоту часто призводить до вилягання рослин, формування дрібного та щуплого зерна, зниження врожайності та погіршення якісних показників зерна.

Ефективність внесення мінеральних добрив визначається нормою внесення та оптимальним співвідношенням основних елементів N, P та K.

- Азот (N) – ключовий елемент для нормального росту та розвитку рослин, стимулює інтенсивне наростання вегетативної маси та підвищує вміст білка у зерні. При цьому надмірне азотне живлення може призводити до зменшення розмірів зерна, його натури та енергії проростання, що негативно впливає на польову схожість насіння. Для пивоварного ячменю надлишок білка у зерні також є небажаним.

- Фосфор (P) – відіграє важливу роль у процесах обміну речовин, сприяє більш ефективному засвоєнню азоту та інших елементів живлення. Фосфор підвищує стійкість рослин до стресових умов, таких як посуха, низькі температури та хвороби, а також стимулює репродуктивний розвиток, що сприяє кращому наливу зерна.

- Калій (K) – регулює азотний та фосфорний обмін, забезпечує ефективний

рух вуглеводів у рослині, підтримує оптимальний водообмін та підвищує посухостійкість ячменю. Він також підвищує стійкість рослин до вилягання та хвороб, покращує якість зерна.

Окрім традиційного використання мінеральних добрив, значну увагу останнім часом приділяють застосуванню регуляторів росту рослин та біостимуляторів, які дозволяють підвищити врожайність та покращити якість зерна шляхом стимуляції росту кореневої системи, активізації фотосинтезу та підвищення стійкості рослин до стресів.

Мета та завдання дослідження

Метою даної роботи є вивчення впливу окремих агротехнічних прийомів, зокрема застосування мінеральних добрив та регуляторів росту рослин, на врожайність зерна ярого ячменю в умовах СФГ «Шапошник» Бобринецького району Кіровоградської області.

Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання:

1. Аналітичне завдання: узагальнення та систематизація результатів попередніх досліджень щодо використання різних біостимуляторів та мінеральних добрив при вирощуванні ячменю ярого з метою підвищення його продуктивності.
2. Науково-практичне завдання: дослідження, розробку та впровадження ефективних елементів технології вирощування ячменю ярого, зокрема, використання нових регуляторів росту рослин, добрив які дадуть можливість вивчити процеси росту та розвитку рослин.

2.2. Характеристика господарства

Селянське фермерське господарство «Шапошник» розташоване в південно-східній частині Бобринецького району Кіровоградської області, на відстані приблизно 15 км від районного центру м. Бобринець та близько 100 км від обласного центру. Територія господарства знаходиться у сприятливій агрокліматичній зоні, що забезпечує ефективне вирощування як зернових, так і

технічних культур.

Основною спеціалізацією господарства є виробництво зернових культур, серед яких ячмінь, пшениця та кукурудза, а також технічних культур. Водночас у господарстві розвинене тваринництво, що дозволяє забезпечувати замкнутий цикл виробництва та ефективне використання органічних добрив.

Склад сільськогосподарських угідь господарства наведено в таблиці 1, що дозволяє оцінити розподіл площ під посівами, сінокосами та пасовищами, а також визначити потенціал для ведення інтенсивного землеробства.

Таблиця 1. – Структура земельних угідь СФГ «Шапошник», 2025 р.

Угіддя	Площа, га
Загальна земельна площа	1293
Сільськогосподарські угіддя, всього	1273
в т.ч. - ріллі	1252
Сінокоси та пасовища	20
інші угіддя	21

Загальна земельна площа СФГ «Шапошник» становить 1293 га, з яких 1272 га зайняті сільськогосподарськими угіддями. Основну частину земельного фонду займає орна земля – 1252 га, що створює сприятливі умови для інтенсивного вирощування зернових і технічних культур.

Структура посівних площ господарства наведена в таблиці 2, що дозволяє наочно оцінити розподіл земель між різними культурами та їх питомою площею, а також планувати агротехнічні заходи, включно з внесенням добрив і застосуванням регуляторів росту рослин.

Як видно з таблиці 2, основу посівних площ складають зернові та технічні культури, тоді як площі, зайняті під кормовими культурами, є досить незначними. Це свідчить про те, що в господарстві тваринництво розвинене обмежено або практично відсутнє, і основний акцент робиться на рослинництві.

Характеризуючи господарство в цілому, слід звернути увагу на ключові показники виробничої діяльності – урожайність та валовий збір основних культур, які є показниками ефективності використання посівних площ та

агротехнічних заходів.

Таблиця 2. – Структура посівних площ в СФГ «Шапошник», 2024 р.

Групи і с.-г. культури, що до них входять	Площа посіву	
	га	%
Всього землі в обробітку	1252	100
I. Зернові культури всього	694	55
В т.ч. 1) Озимі	366	29
з них: пшениця	230	18
ячмінь	136	11
2) Ярі зернові, всього	328	26
з них: кукурудза	148	12
ячмінь	51	4
горох	129	10
II. Технічні, всього	558	45
з них: соняшник	120	10
соя	221	18
озимий ріпак	217	17
III. Кормові, Багаторічні трави	20	-

Для збільшення виробництва продукції рослинництва існують два основні шляхи:

1. Розширення посівних площ, що дозволяє нарощувати валовий збір за рахунок збільшення площ під культурами.
2. Підвищення врожайності культур на одиницю площі, що є більш раціональним і економічно вигідним шляхом, особливо за обмежених земельних ресурсів.

У господарстві приріст виробництва досягається переважно шляхом підвищення урожайності зернових та технічних культур. Незважаючи на те, що несприятливі погодні умови осінньо-зимового періоду 2024 року ускладнили досягнення запланованого врожаю, завдяки своєчасним організаційно-господарським заходам втрати було значно зменшено.

У таблиці 3 наведені дані про врожайність основних культур за останні два роки, що дають змогу оцінити тенденції розвитку господарства та

ефективність застосованих агротехнічних заходів.

Таблиця 3. – Урожайність основних культур господарства.

Назва с.-г. культури	Урожайність, ц/га	
	2024 р.	2025 р.
Озима пшениця	58,1	80,0
Озимий ячмінь	47,8	41,7
Ярий ячмінь	45,0	47,0
Яра пшениця	55,0	-
Горох	37,0	41,4
Кукурудза на зерно	61,3	75,6
Соняшник	27,0	50,1
Соя	19,3	32,2
Озимий ріпак	23,5	23,7

Слід відзначити достатньо високу врожайність майже всіх сільськогосподарських культур, що вирощуються в господарстві, яка обумовлена науково обґрунтованим підходом до технології виробництва продукції рослинництва.

Хоча рівень урожайності деяких культур може змінюватися з року в рік, сприятливий температурний режим, достатня кількість опадів та порівняно рівномірний їх розподіл протягом вегетаційного періоду забезпечують оптимальні умови для росту і розвитку рослин.

У поєднанні з внесенням необхідної кількості органічних і мінеральних добрив, а також впровадженням раціональних агротехнічних заходів, це дозволяє досягати високих урожаїв зернових, зернобобових, кормових культур, овочів, картоплі та інших сільськогосподарських рослин. Такий комплексний підхід підвищує не тільки продуктивність культур, а й якість одержуваної продукції, що сприяє зміцненню економічних показників господарства.

2.3. Ґрунтово-кліматичні умови зони і місця проведення досліджень

Селянсько-фермерське господарство «Шапошник» розташоване в північно-західній частині агроґрунтового району зони центрального Лісостепу

України. Територія району являє собою хвилясту рівнину, розсічену численними ярами, балками та густою мережею річок і потоків, що створює різноманітний рельєф із локальними відмінностями вологості та родючості ґрунтів.

Ґрунтовий покрив господарства суцільно представлений типовими чорноземами легко- та середньосуглинковими, які характеризуються високим вмістом гумусу, доброю структурою та сприятливими фізико-хімічними властивостями, що забезпечує гарні умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур. Вміст гумусу у верхньому шарі ґрунту в середньому становить 3,18 %, а на глибині 40–50 см знижується до 2,41 %. Реакція ґрунтового розчину залишається нейтральною або близькою до нейтральної по всьому профілю, що сприяє оптимальному засвоєнню елементів живлення рослинами.

Клімат господарства помірно-континентальний. Середня річна температура повітря коливається від 5,5 до 7,7°C, причому весняний перехід середньодобової температури через +5°C настає в період 6–10 квітня, а осіннє зниження температури через +5°C – у середині жовтня або на початку листопада. Перші осінні приморозки на поверхні ґрунту спостерігаються зазвичай в кінці вересня, а останні весняні – у середині травня.

Річна сума атмосферних опадів у межах господарства складає 504–520 мм, з яких 349–405 мм випадає у вегетаційний період, що забезпечує помірну зволоженість рослин. Тривалість сонячного сьйва за даними Бобринецької метеостанції становить 1905 годин на рік, або приблизно 42 % від теоретично можливого, що створює сприятливі умови для фотосинтезу та росту культур. Відносна вологість повітря під час вегетації переважно підтримується на рівні 60–70 %, що дозволяє уникати надмірного випаровування вологи з ґрунту, хоча в окремі періоди спостерігаються посухи, коли потреба рослин у воді значно зростає.

Сніговий покрив на території господарства невисокий: середня декадна висота снігу за зиму не перевищує 8,7 см, а максимальна – 15–18 см, що не

забезпечує значного захисту ґрунту від морозів, але достатньо для часткового збереження вологи в орному шарі.

Таким чином, ґрунтово-кліматичні умови СФГ «Шапошник» є сприятливими для вирощування широкого спектру сільськогосподарських культур, зокрема зернових і технічних, за умови дотримання науково обґрунтованої агротехніки та оптимального використання добрив і регуляторів росту.

2.4. Метеорологічні умови в роки досліджень

Особливу роль у розвитку рослин відіграють гідротермічні умови, які визначають водний і тепловий баланс ґрунту, інтенсивність фізико-хімічних процесів, а також трансформацію органічних речовин, що є основним джерелом живлення рослин.

Дослідження проводились у 2024–2025 рр., коли кожний рік відзначався специфічними метеорологічними умовами, які по-різному впливали на вологий, тепловий та повітряний режими ґрунту, змінювали склад мікроорганізмів, окислювально-відновлювальні процеси та хімічний склад ґрунту, а відтак – і врожайність сільськогосподарських культур.

Згідно з багаторічними спостереженнями Бобринецької метеостанції, річна сума опадів у районі господарства становить близько 540 мм, причому весняно-літні опади (травень–липень) безпосередньо впливають на ефективність використання добрив.

У 2024 році, під час сівби ячменю в 3-й декаді квітня, спостерігався дефіцит опадів (всього 3 мм) та дещо низька температура повітря (на 2,3 °С нижче норми), що негативно вплинуло на зволоженість ґрунту. Проте завдяки опадам у 1-й декаді травня та сприятливому тепловому режиму сходи з'явилися вчасно, що забезпечило нормальний початковий розвиток рослин.

Таким чином, комплексний аналіз метеорологічних факторів дозволяє не лише оцінити потенціал врожайності, але й планувати оптимальні строки внесення добрив

та застосування агротехнічних заходів, що сприяє підвищенню продуктивності ячменю та інших сільськогосподарських культур.

Протягом всього вегетаційного періоду 2024 року спостерігався дефіцит опадів, який найбільш відчутно проявився у 1-й, 2-й та 3-й декадах червня, що збігалось з фазою цвітіння ячменю. Кількість опадів у цей період становила відповідно 0,0 мм, 17,0 мм та 8,3 мм, що на 37,5 мм менше від середньобагаторічної норми. Одночасно спостерігалися понижені температури повітря (на 5,2 °C нижче середніх багаторічних значень), що створило додатковий стрес для рослин. Такий поєднаний вплив нестачі вологи та знижених температур негативно позначився на формуванні врожаю, особливо на розвитку колосів та процесі наливу зерна.

Надлишок опадів у 3-й декаді липня (+27,4 мм) був зафіксований, проте він не мав істотного впливу на підвищення врожайності.

В цілому, за показниками вологозабезпеченості та температурного режиму, 2024 рік можна оцінювати як задовільний для росту і розвитку ячменю, хоча обмеження у водопостачанні в критичні фази вегетації зумовили певне зниження потенційного врожаю.

2025 рік характеризувався вологим весняним періодом, що перевищував середньобагаторічні показники. Так, у березні випало 37,5 мм опадів, у квітні – 61,0 мм, а в травні – 169,7 мм, що перевищує багаторічні норми на 3,3 мм, 24,7 мм та 119,4 мм відповідно. Така підвищена вологість значно сприяла формуванню дружних сходів і розвитку кореневої системи ячменю.

Середня температура в квітні піднялася до 12,3 °C, а в травні становила 14,4 °C, що практично відповідало середньобагаторічним показникам для цього регіону. У червні температура також залишалася на рівні багаторічних норм. При цьому опадів у червні випало 105,0 мм, що на 42,2 мм більше середньобагаторічного показника, що значно покращило водний режим ґрунту та сприяло інтенсивному росту та куццінню рослин.

Липень характеризувався сприятливими умовами для розвитку ячменю: середньодобова температура була близькою до середньобагаторічної, а кількість опадів перевищила норму на 10,2 мм, забезпечуючи достатню вологу для

формування колоса і наливу зерна. Серпень відзначався помірним зволоженням та підвищенням температур, що сприяло наливу зерна та завершенню вегетації.

У цілому, за показниками волого- та теплозабезпеченості, 2025 рік можна оцінювати як задовільний для росту і розвитку ячменю, забезпечивши оптимальні умови для формування врожаю та наливу зерна.

2.5. Матеріал та методика проведення досліджень

Експериментальна робота проводилась із застосуванням двохфакторного польового досліду та лабораторних аналізів, що дозволило оцінити вплив мінеральних добрив і регуляторів росту на врожайність і якість зерна ярого ячменю.

Схема польового досліду включала два фактори:

Фактор А – мінеральні добрива:

1. Без внесення добрив (контроль);
2. N₄₅P₃₀K₃₀;
3. N₄₅P₄₅K₄₅.

Фактор В – обробка рослин біостимулятором:

1. Без обробки (контроль);
2. Обробка рослин Агростимуліном.

Агростимулін – це комплексний біостимулятор, що містить N-оксид, ростові речовини-аналогі фітогормонів (ауксини, цитокініни та гібереліни), ненасичені жирні кислоти, амінокислоти та мікроелементи (розробка ІБОНХ НАН України). Препарат поєднує властивості Івіну та Емістиму С і рекомендований для озимої пшениці, ячменю, гороху, сої, люцерни та конюшини. Застосовується як при допосівній обробці насіння, так і під час обприскування посівів у фазі виходу в трубку, бутонізації та початку цвітіння. У цьому досліді Агростимулін вносили шляхом обприскування вегетуючих рослин на початку фази виходу в трубку на варіантах мінерального живлення з розрахунку 10 мл/га, витрата робочої рідини – 250 л/га.

Організація досліджу:

- Попередник: кукурудза на зерно.
- Мінеральні добрива вносили у вигляді нітроамофоски (16%) та аміачної селітри (34,7%), розкидом по поверхні ґрунту перед передпосівною культивацією.
- Дослід проводили у три повторення, ділянки розміщували систематично послідовно. Площа ділянки становила 225 м², з яких облікова – 150 м².

Програма досліджень включала:

- закладання польового досліджу з вивчення впливу добрив та біостимулятора на розвиток ячменю;
- спостереження за настанням основних фаз розвитку рослин;
- добір снопових зразків для визначення елементів структури врожаю;
- визначення показників продуктивності ярого ячменю в залежності від досліджуваних чинників;
- оцінку якості отриманого зерна.

Структурний аналіз врожаю включав:

- кількість рослин та продуктивних стебел на 1 м²;
- кількість зерен у колосі;
- масу 1000 зерен (за ГОСТ 10842-89).

Снопки відбирали з двох погонних метрів у двох ділянках кожного повторення. Облік врожаю проводили методом збирання зерна комбайном John Deere-7500, після чого здійснювали зважування та перерахунок на 100% чистоту та 14% вологість.

Оцінка якості зерна проводилась за вмістом білка (ГОСТ 10846-91) та крохмалю, який визначали на інфрачервоному аналізаторі МР-4500 з комп'ютерним забезпеченням.

Одержані результати обробляли методом дисперсійного аналізу для двофакторного досліджу із використанням спеціалізованого статистичного програмного забезпечення на ПК.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Елементи структури врожаю залежно від факторів, які вивчалися в досліді

Аналіз основних елементів структури врожаю дає змогу визначити, які саме компоненти найбільш чутливо реагують на застосований агрозахід. Це дозволяє встановити, за рахунок яких факторів формується підвищена врожайність та які параметри технології вирощування є ключовими для отримання максимальної продуктивності культури. Узагальнені показники елементів структури врожаю подано в таблиці 5, що створює основу для подальшої інтерпретації отриманих результатів та оцінки ефективності впроваджених агротехнічних рішень.

Таблиця 5. Показники елементів структури врожаю за використання мінеральних добрив і стимулятора росту рослин (середнє за 2024-2025 рр).

Варіанти досліді	Показники елементів структури врожаю			
	Продуктивне кущення, шт	Довжина колоса, см	Кількість зерен у колосі, шт	Маса 1000 зерен, г
Без обробки стимулятором росту				
Без добрив (контроль)	1,6	5,9	17,5	43,3
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,9	6,3	18,8	45,5
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	2,1	6,8	19,4	47,2
Обробка стимулятором росту				
Без добрив (контроль)	1,6	5,9	17,3	44,5
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	2,0	6,5	19,2	47,2
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	2,2	7,1	20,1	49,1

Слід підкреслити, що внесення мінеральних добрив під ячмінь ярий позитивно вплинуло на формування продуктивного кущання. З огляду на те, що впродовж періоду вегетації погодні умови були нестабільними – тепла й суха погода різко змінювалася на прохолодну та зятяжно дощову – рівень продуктивного кущання загалом залишався невисоким на всіх фонах удобрення.

Найвищі показники були зафіксовані у варіанті, де рослини обробляли стимулятором росту на фоні мінерального живлення $N_{45}P_{45}K_{45}$ – продуктивне кущання становило 2,2 шт. Це на 0,2 шт більше порівняно з варіантом $N_{45}P_{30}K_{30}$ та на 0,6 шт більше, ніж у контролі, де добрива не застосовувалися і значення становило лише 1,6 шт. Отже, внесення добрив сприяло покращенню показника продуктивного кущання у всіх дослідних варіантах.

Варто зазначити, що в умовах відсутності обробки рослин стимулятором росту спостерігалось зниження продуктивного кущання порівняно з варіантами, де застосовували Агростимулін. Якщо на контрольній ділянці обидва варіанти – з обробкою та без – демонстрували однаковий рівень кущання, то за внесення мінеральних добрив різниця становила 0,1 шт на користь варіантів із застосуванням стимулятора росту.

Отримані результати елементів структури врожаю свідчать, що використання мінеральних добрив у поєднанні з Агростимуліном позитивно впливало на ключові показники формування врожаю – кількість зерен у колосі та масу 1000 зерен. Відповідно, такі зміни сприяли створенню передумов для формування вищої продуктивності посівів.

Висота рослин також значно варіювала залежно від дослідних умов. Аналіз впливу мінерального живлення показав, що поступове збільшення дози добрив стимулювало ріст як оброблених, так і необроблених Агростимуліном рослин (Рис. 1).

За нашими спостереженнями, середня висота рослин без обробки стимулятором становила 65,9 см, що на 7% менше порівняно з варіантами із

застосуванням стимулятора, де середня висота досягала 71,2 см.

Підвищення рівня мінерального живлення супроводжувалося збільшенням висоти рослин у всіх варіантах досліді. Зокрема, у контролі, де добрива не вносилися, середня висота становила 62,2 та 66,6 см (у необроблених та оброблених стимулятором рослин відповідно). За внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ цей показник зріс на 7% і 8%, а за оптимального фону живлення $N_{45}P_{45}K_{45}$ – на 11% і 12% відповідно, порівняно з контролем.

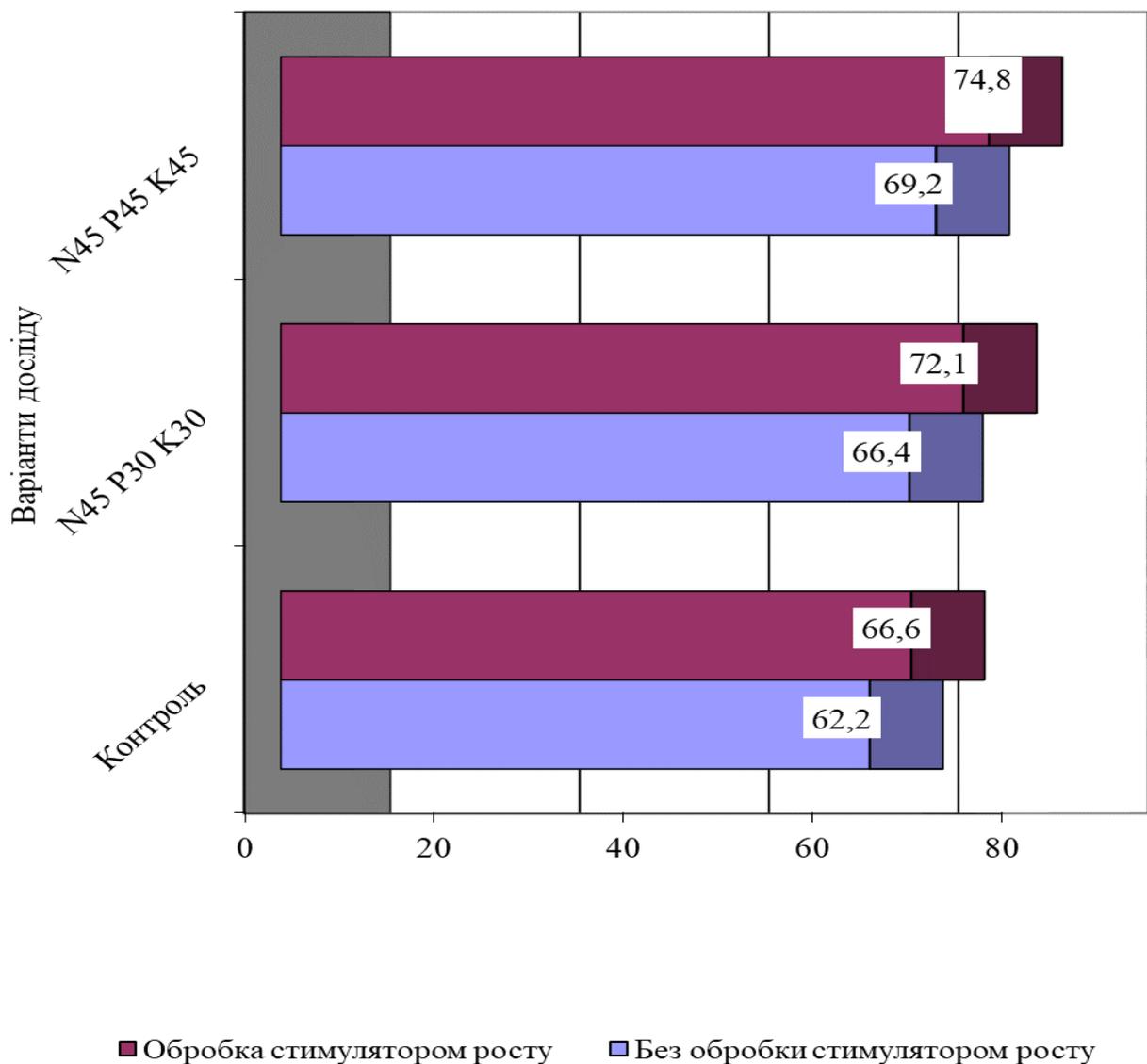


Рис.1. Висота рослин ячменю ярого залежно від добрив та стимулятора, см, середнє за 2024-2025 рр.

Загалом варто відзначити, що протягом усього періоду вегетації найбільш вирізнялися за зовнішніми морфологічними ознаками саме ті рослини ячменю, які обробляли стимулятором росту на фонах внесення мінеральних добрив. Це виражалося у дружних і вирівняних сходах навесні, прискорених темпах росту та розвитку, більш рівномірному колосінні, інтенсивнішому забарвленні листків та стебел, а також у формуванні крупнішого та краще виповненого зерна під час дозрівання.

Ймовірно, така позитивна динаміка пов'язана з тим, що рослини, які отримували комплексне живлення у поєднанні зі стимулятором росту, виявили підвищену стійкість до стресових і нестійких погодних умов, що спостерігалися протягом вегетації. Це забезпечило їм кращі умови для формування високопродуктивного стеблостою та більш ефективного використання поживних речовин.

3.2. Врожайність ячменю ярого залежно від мінеральних добрив і стимулятора росту рослин

Узагальнюючи результати багаторічних досліджень, можна стверджувати, що отримані дані дали змогу встановити основні закономірності впливу мінерального живлення та обробки рослин регулятором росту на формування врожайності досліджуваної культури. Проведений аналіз підтвердив, що поєднання оптимальних доз добрив і застосування стимулятора росту забезпечує більш ефективне використання потенціалу рослин, що, у свою чергу, сприяє зростанню продуктивності посівів.

Врожайні показники, отримані у 2024 році, наведено на рисунку 2, що наочно ілюструє вплив досліджуваних факторів на кінцевий результат.

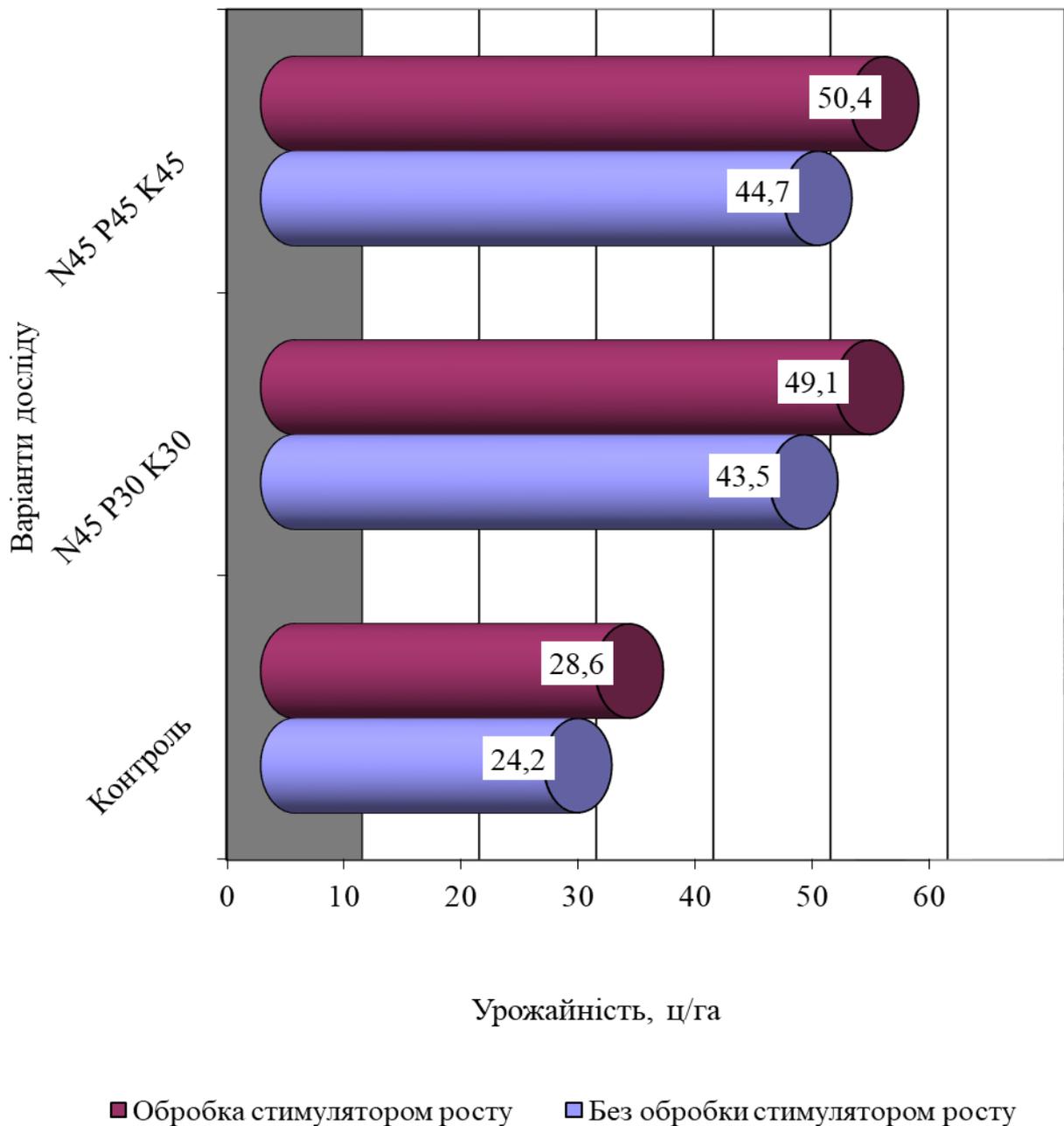


Рис. 2. Врожайність ячменю ярого за використання мінеральних добрив і стимулятора росту рослин (2024 рік), ц/га

Фактор (А): $HP_{05} = 1,00$ ц/га

Фактор (В): $HP_{05} = 0,82$ ц/га

Фактор (АВ): $HP_{05} = 1,42$ ц/га

Незважаючи на порівняно низьку врожайність у контрольному варіанті, внесення мінеральних добрив у дозах $N_{45}P_{30}K_{30}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ кг д. р./га

забезпечило суттєве зростання продуктивності культури. У середньому прибавка врожайності становила 19,8 і 21,1 ц/га відповідно. Подібна закономірність спостерігалася як у варіантах без обробки рослин стимулятором росту, так і в умовах його застосування: прирости становили 19,1 і 20,3 ц/га у необроблених рослин та 20,5 і 21,8 ц/га – у рослин, оброблених стимулятором, порівняно з відповідними контрольними значеннями.

Ефективність використання Агростимуліну в комплексі з мінеральним живленням також виявилася неоднаковою. На контрольному фоні застосування стимулятора забезпечило приріст урожайності 4,2 ц/га. За умов удобрення $N_{45}P_{30}K_{30}$ цей показник зріс до 5,6 ц/га, а за оптимального фону $N_{45}P_{45}K_{45}$ – до 5,7 ц/га. Згідно з результатами дисперсійного аналізу, у більшості варіантів на обох рівнях мінерального живлення отримані прибавки були статистично достовірними.

Узагальнюючи дані досліджень за 2024 рік, встановлено, що максимальна врожайність ячменю ярого – 50,4 ц/га – була отримана на фоні $N_{45}P_{45}K_{45}$ за обробки рослин Агростимуліном на початку фази виходу в трубку. Врожайні показники за 2025 рік наведені на рисунку 3.

Аналіз таблиці свідчить, що внесення мінеральних добрив у дозах $N_{45}P_{30}K_{30}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ сприяло підвищенню врожайності як у варіантах із застосуванням стимулятора росту, так і без нього. Приріст урожайності на необроблених рослинах становив 17,9–19,7 ц/га, тоді як із застосуванням Агростимуліну – 19,2–21,1 ц/га. Математична обробка врожайних даних підтверджує достовірність зазначених приростів.

Додаткова обробка вегетуючих рослин стимулятором росту у фазі виходу в трубку також сприяла збільшенню врожайності порівняно з необробленими варіантами: на контролі – на 4,1 ц/га; на фонах $N_{45}P_{30}K_{30}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ – на 5,8 і 5,9 ц/га відповідно. Отримані прибавки виявилися статистично значущими в усіх дослідних варіантах.

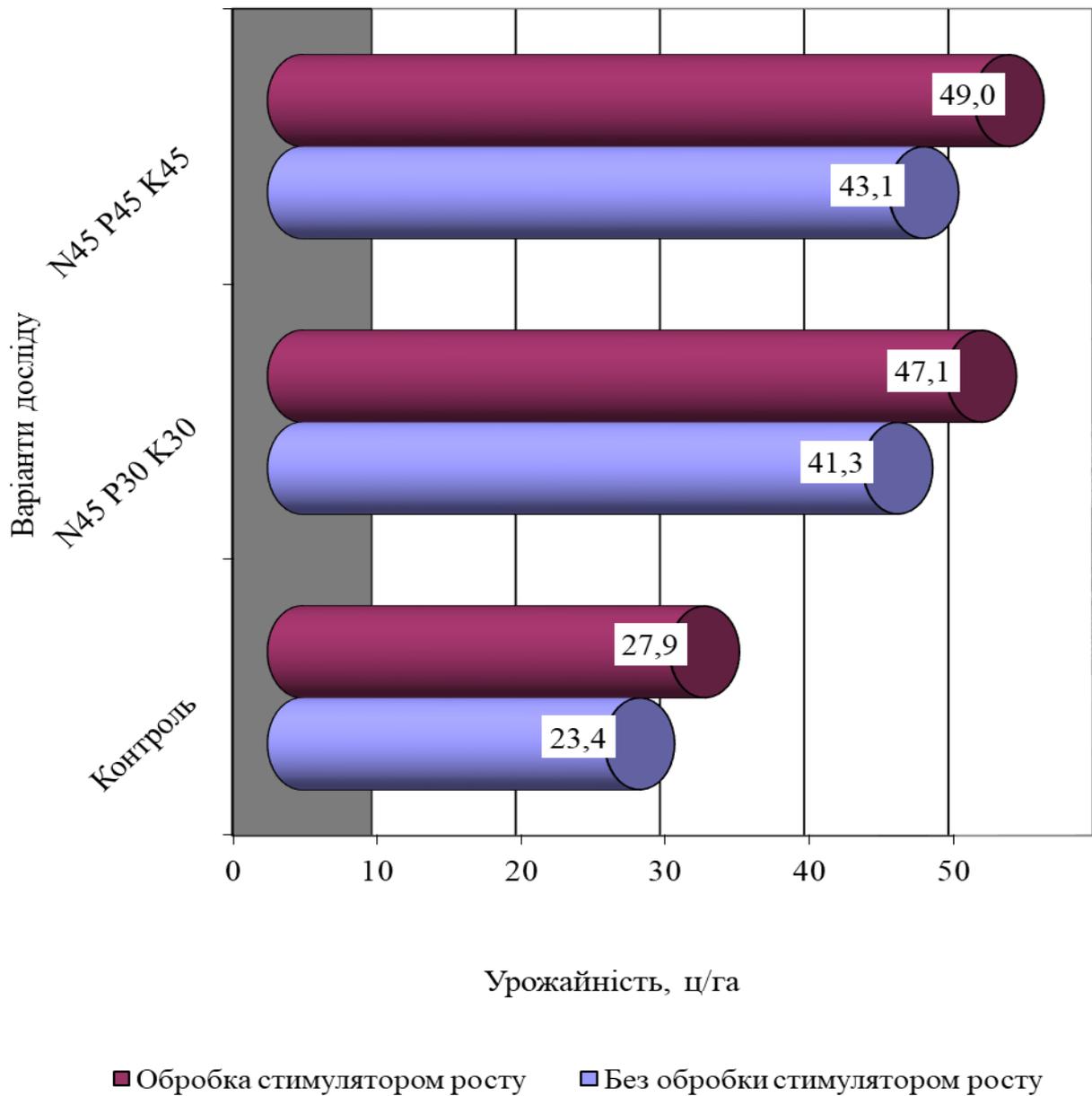


Рис 3. Врожайність ячменю ярого за використання мінеральних добрив і стимулятора росту рослин (2025 рік), ц/га

Фактор (А): $НІР_{05} = 0,64$ ц/га

Фактор (В): $НІР_{05} = 0,52$ ц/га

Фактор (АВ): $НІР_{05} = 0,90$ ц/га

Узагальнений порівняльний аналіз врожайних показників свідчить, що у

2025 році найвищу врожайність у досліді отримано за умови внесення мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{45}K_{45}$ у поєднанні з обробкою рослин стимулятором росту Агростимуліном – 49,0 ц/га. Цей варіант забезпечив найбільш сприятливі умови для реалізації продуктивного потенціалу культури.

Середні врожайні дані за всі роки досліджень наведено в наступній таблиці. Їх аналіз дозволяє сформулювати такі узагальнюючі висновки:

Таблиця 6. Урожайність ячменю ярого за використання мінеральних добрив і стимулятора росту рослин, ц/га

Варіанти дослідів	Варіанти дослідів									Середнє за фактором В		
	Без добрив (контроль)			$N_{45} P_{30} K_{30}$			$N_{45} P_{45} K_{45}$					
	2024 р	2025 р	середнє днє	2024 р	2025 р	середнє днє	2024 р	2025 р	середнє днє	2024 р	2025 р	середнє днє
Без обробки стимулятором росту	24,4	23,4	23,9	43,5	41,3	42,4	44,7	43,1	43,9	37,5	35,9	36,7
Обробка стимулятором росту	28,6	27,9	28,3	49,1	47,1	48,1	50,4	49,0	49,7	42,7	41,3	42,0
Середнє за фактором А	26,5	25,7	26,1	46,3	44,2	45,3	47,6	46,1	46,8			

Застосування мінеральних добрив сприяло суттєвому підвищенню врожайності ячменю ярого. Зокрема, на фоні внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ середній приріст урожайності порівняно з неудобреним контролем становив 19,2 ц/га. Подальше збільшення дози мінерального живлення до $N_{45}P_{45}K_{45}$ кг д. р./га забезпечило ще більший приріст – 20,7 ц/га, порівняно з контролем, у якого врожайність складала близько 26,1 ц/га. Це свідчить про значну ефективність

оптимізації мінерального живлення для формування високопродуктивних посівів ячменю.

Обробка вегетуючих рослин регулятором росту Агростимуліном на початку фази виходу в трубку також сприяла підвищенню врожайності. Хоч прирости в окремих варіантах могли бути незначними, дисперсійний аналіз підтвердив їхню статистичну достовірність. В обидва роки досліджень помітне і достовірне збільшення врожаю зерна від застосування Агростимуліну спостерігалось як на контрольних ділянках, так і на фонах мінерального живлення $N_{45}P_{30}K_{30}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$.

Максимальна середня врожайність за два роки досліджень була отримана у варіанті поєданого застосування мінерального живлення $N_{45}P_{45}K_{45}$ та обробки рослин Агростимуліном – 42,0 ц/га. Це підтверджує високу ефективність комплексного підходу, що поєднує оптимальні дози добрив і використання стимулятора росту для підвищення продуктивності ячменю ярого та забезпечення стабільного високого врожаю.

3.3. Ефективність використання мінеральних добрив

Показники, такі як кількість елементів живлення, витрачених на формування 1 ц продукції, та кількість зерна, отриманого на 1 кг д. р. мінеральних добрив, дозволяють оцінити ефективність застосування різних доз добрив у варіантах досліді (табл. 7). Ці дані є важливим інструментом для визначення оптимального співвідношення добрив і врожайності, що забезпечує раціональне використання ресурсів.

Найбільші витрати мінеральних добрив на формування 1 ц зерна ярого ячменю спостерігалися у варіанті, де рослини не обробляли стимулятором росту та вносили добрива у дозі $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 16,3 кг. При цьому отримали найменшу кількість зерна на 1 кг д. р. мінеральних добрив – лише 14,8 кг. Зменшення дози добрив у варіантах досліді сприяло покращенню цих показників, що свідчить про більш раціональне використання поживних

речовин.

Найменші витрати мінеральних добрив на створення 1 ц зерна зафіксовано у варіанті, де рослини обробляли регулятором росту Агростимуліном та застосовували добрива у дозі $N_{45}P_{30}K_{30}$ – 14,2 кг. У цьому ж варіанті отримано найбільшу кількість зерна на 1 кг д. р. мінеральних добрив – 18,8 кг, що свідчить про високу ефективність поєднання стимулятора росту та оптимальної дози мінеральних добрив.

Слід особливо відзначити, що обробка вегетуючих рослин Агростимуліном на початку фази виходу у трубку сприяла зниженню витрат мінеральних добрив на формування 1 ц зерна та підвищенню кількості зерна, отриманого на 1 кг д. р. добрив. Це підкреслює важливість комплексного підходу у технології вирощування ячменю ярого, поєднуючи оптимізацію живлення з використанням регуляторів росту для підвищення ефективності та економічної доцільності застосування добрив.

Таблиця 7. Ефективність використання мінеральних добрив на одиницю формування врожаю ярого ячменю, (середнє за 2024-2025 рр.)

Варіанти дослідів	Затрати мінеральних добрив на створення 1ц зерна, кг	Кількість зерна отриманого на 1 кг д.р. мінеральних добрив, кг
Без обробки стимулятором росту		
Без добрив (контроль)	-	-
$N_{45} P_{30} K_{30}$	15,2	17,6
$N_{45} P_{45} K_{45}$	16,3	14,8
Обробка стимулятором росту		
Без добрив (контроль)	-	-
$N_{45} P_{30} K_{30}$	14,2	18,8
$N_{45} P_{45} K_{45}$	15,2	15,8

Отже, внесення мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{30}K_{30}$ забезпечує оптимальне живлення рослин ярого ячменю сорту Вакула на всіх етапах органогенезу, що сприяє формуванню високої врожайності та стабільності

посівів. Водночас застосування більш високих доз добрив, зокрема $N_{45}P_{45}K_{45}$, не завжди є ефективним. У таких випадках спостерігається збільшення виносу елементів живлення з ґрунту, дещо знижується коефіцієнт їхнього використання рослинами, а також можливе вилягання посівів, що негативно впливає на продуктивність та якість зерна.

Разом із тим, у господарствах, де спостерігається дефіцит мінеральних добрив, застосування побічної продукції попередника на фоні післядії гною, внесеного під попередню культуру в сівозміні, дозволяє підвищити мінеральне живлення рослин ярого ячменю. Це не лише сприяє покращенню продуктивності культури, а й позитивно впливає на фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунту порівняно з контролем, що створює передумови для стабільного ведення сільськогосподарського виробництва.

3.4. Якість зерна пивоварного ячменю

При виробництві зерна пивоварного ячменю важливо пам'ятати, що для пивоварних цілей недостатньо просто отримати високий урожай — зерно повинно відповідати строгим стандартам якості, які визначають його придатність для переробки на солод і подальше виробництво пива. Лише після комплексного аналізу врожаю за біохімічними показниками можна робити обґрунтовані висновки щодо придатності конкретного сорту для пивоваріння.

Одним із ключових показників якості пивоварного ячменю є екстрактивність, що визначається відповідно до ДСТУ 3767-98. Екстрактивність характеризує кількість речовин, здатних переходити у водний розчин під дією ферментів ячмінного солоду при певному гідротермічному режимі. Чим більше в зерні екстрактивних речовин, тим вищі його пивоварні якості, оскільки використання такого зерна дозволяє отримати більший об'єм пива з тієї ж кількості сировини.

Головним чинником, що визначає екстрактивність, є вміст крохмалю — основного компонента ендосперму, який після гідролізу переходить у водний

розчин. Пивоварні сорти зазвичай містять 60–64 % крохмалю (за Еверсом), що відповідає екстрактивності на рівні 78–82 %. Вміст крохмалю прямо корелює з білковістю зерна: чим нижчий вміст білка, тим вища частка крохмалю.

Відповідно, зерно пивоварних сортів має містити 9–12 % білка від абсолютно сухої речовини. З одного боку, білок необхідний для забезпечення живлення дріжджів, формування стійкої піни, смаку та букета пива. З іншого — його надлишок небажаний, оскільки високобілкове зерно погано розрихлюється, сильніше нагрівається при пророщуванні на солод, а готове пиво стає менш прозорим і менш стабільним. Водночас вміст білка нижче 8 % також небажаний, оскільки це нижній мінімум, необхідний для повноцінного технологічного процесу виробництва пива.

У досліді проведено комплексний аналіз зерна пивоварного ячменю, а середні результати наведені в таблиці 8. Дані показують, що за такими параметрами, як вологість, вміст білка та процент плівчастості, усі варіанти відповідають стандартним вимогам пивоварного ячменю. Водночас на деяких варіантах зафіксовано трохи нижчий вміст крохмалю, ніж рекомендовано нормами.

Найбільше відповідали стандартам зразки зерна, отримані на фоні внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ кг д. р./га, як серед оброблених, так і серед необроблених Агростимуліном варіантів. Найвищі показники якості були зафіксовані у сорту пивоварного ячменю Вакула на варіантах з використанням стимулятора росту, що підкреслює ефективність поєднання оптимального мінерального живлення та регуляторів росту для виробництва високоякісного пивоварного зерна.

На ґрунтах із низьким і середнім рівнем родючості внесення підвищених доз азотних добрив не завжди сприяє покращенню якості зерна, однак підвищує врожайність. Це пояснюється тим, що на таких ґрунтах додатковий азот активно використовується рослинами для нарощування вегетативної маси, тоді як на формування білкової складової зерна його часто не вистачає.

Таблиця 8. Показники якості зерна пивоварного ячменю за використання мінеральних добрив і стимулятора росту рослин (середнє 2024-2025 рр).

Варіанти досліду	Вологість, %	Вміст крохмалю, %	Плівчастість, %
Без обробки стимулятором росту			
Без добрив (контр.)	12	70,1	8,3
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	12	65,4	8,7
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ .	12	61,5	9,6
Обробка стимулятором росту			
Без добрив (контр.)	12	67,0	8,2
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	12	63,3	8,5
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ .	12	59,1	9,0

Таблиця 9. Вміст білку та вихід його з гектара за використання мінеральних добрив і стимулятора росту рослин (середнє 2024-2025 рр).

Варіанти досліду	Білок		Екстрактивність, %
	Вміст, %	Збір, ц/га	
Без обробки стимулятором росту			
Без добрив (контр.)	8,6	2,06	72,6
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	10,0	4,24	79,2
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ .	11,6	5,09	80,0
Обробка стимулятором росту			
Без добрив (контр.)	7,7	2,18	70,8
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	9,4	4,52	77,2
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ .	11,0	5,47	78,2

Варто зазначити, що хоча процентний вміст білка на контрольному варіанті та на фоні N₄₅P₃₀K₃₀ порівняно високий, його валовий вихід з одиниці площі виявляється більшим у варіанті N₄₅P₄₅K₄₅. Це пояснюється значно вищою врожайністю ячменю ярого, завдяки чому загальна кількість білка з одиниці площі перевищує показники менш удобрених варіантів. Таким чином,

підвищені дози азоту сприяють не стільки збільшенню концентрації білка в зерні, скільки збільшенню його загального накопичення у врожаї.

3.5. Економічна ефективність вирощування ячменю ярого залежно від умов живлення.

Впровадження окремих заходів щодо підвищення родючості ґрунтів, вдосконалення систем землеробства, використання нових високопродуктивних сортів, сучасних технологій вирощування та оптимізації сівозмін має на меті забезпечити стійке зростання врожайності, збільшення валових зборів сільськогосподарських культур і підвищення загальної ефективності виробництва.

Основними показниками економічної оцінки ефективності впровадження результатів науково-дослідних робіт, нових технологічних рішень, техніки та агрозаходів є приріст виробництва продукції та річний економічний або господарський ефект на одиницю площі або на весь об'єкт впровадження. Річний економічний ефект відображає сумарну економію виробничих ресурсів, яку отримує сільськогосподарське підприємство внаслідок реалізації цих заходів.

Для забезпечення порівнянності даних та дотримання цінового паритету при оцінці витрат на ресурси, оплату праці та вартості валової продукції рекомендується використовувати реалізаційні ціни останнього року, незалежно від строків проведення дослідження.

Особливу увагу слід приділяти розрахунку виробничих витрат на виробництво продукції. У базовому варіанті вони визначаються за фактичними даними обліку підприємства з розподілом по елементах витрат: оплата праці, насіння, мінеральні добрива, нафтопродукти, електроенергія, ремонтні матеріали, амортизація основних засобів та інші витрати. У дослідних варіантах витрати визначаються розрахунковим шляхом з урахуванням прийнятих на підприємстві нормативів. При цьому враховуються не лише додаткові витрати

на матеріали (добрива, засоби захисту, насіння), а й витрати на їх застосування, зберігання, транспортування, доробку додаткового врожаю та накладні витрати, пропорційно розподілені між прямими витратами.

Показник окупності виробничих витрат розраховується шляхом ділення вартості валової продукції на суму виробничих витрат. У натуральному вираженні цей показник можна представити як приріст врожаю у центнерах на одиницю використаних органічних або мінеральних добрив.

Економічна ефективність вирощування пивоварного ячменю залежно від умов живлення наведена в таблиці 10, що дозволяє оцінити доцільність застосування конкретних доз добрив та технологічних прийомів для підвищення рентабельності виробництва.

Таблиця 10. Економічна ефективність вирощування ячменю ярого при використанні мінеральних добрив і стимулятора росту рослин
(середнє за 2024–2025 рік)

№	Варіанти дослідів	Урожайність, ц/га	Вартість валового продукту, грн/га.	Прямі витрати, грн./га.	Чистий прибуток, грн./га.	Собівартість 1 ц., грн.	Рівень рентабельності, %
Без обробки стимулятором росту							
1	Без добрив (контр.)	24	16800	10800	6000	450	56
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	42	29400	17300	12100	412	70
3	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ .	44	30800	18500	12300	420	66
Обробка стимулятором росту							
1	Без добрив (контр.)	28	19600	11000	8600	393	78
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	48	33600	17600	16000	367	91
3	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ .	50	35000	18800	16200	376	86

Аналіз даних, приведених у таблиці, показує, що застосування мінеральних добрив супроводжувалося збільшенням виробничих витрат. Водночас завдяки підвищенню врожайності зерна досліджуваної культури від проведених агротехнічних заходів спостерігалось зростання валового збору продукції з 1 га, що, у свою чергу, сприяло збільшенню показника чистого прибутку. Проте остаточні висновки про економічну ефективність слід робити на основі таких показників, як собівартість продукції та рівень рентабельності, які виявилися найвищими на варіантах із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{30}K_{30}$.

Зокрема, у необроблених рослин Агростимуліном собівартість та рентабельність становили 412 грн/ц та 70 % відповідно, а у оброблених рослин — 367 грн/ц та 91 %, незважаючи на те, що максимальна врожайність зафіксована на фоні внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ кг д. р./га. Використання стимулятора росту Агростимулін також підвищувало основні витрати на виробництво, однак за рахунок збільшення продуктивності зерна забезпечувало досягнення максимальної рентабельності.

Ячмінь ярий відноситься до високозатратних культур, оскільки формування високого врожаю потребує значної кількості як відновлювальної енергії (сонячної), так і антропогенної енергії – техніки, мастил, пального, мінеральних добрив, засобів захисту рослин від шкідників та хвороб тощо. Очевидно, що чим менші енергетичні витрати на одиницю продукції, тим ефективнішою та рентабельнішою є технологія вирощування. Рациональне використання енергії, зокрема мастил, пального та хімічних засобів, також сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Аналіз економічної ефективності за два роки дослідів свідчить, що реалізаційна ціна за 1 т врожаю ярого ячменю достатня для повної окупності витрат на його виробництво у всіх варіантах дослідів.

Отже, внесення мінеральних добрив та застосування стимулятора росту Агростимулін є економічно доцільним і вигідним заходом, який забезпечує підвищення продуктивності культури та оптимізацію витрат.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження показали, що застосування мінеральних добрив суттєво підвищувало врожайність ячменю ярого незалежно від обробки рослин стимулятором росту Агростимулін. Зокрема, на фоні внесення добрив у дозі $N_{45}P_{30}K_{30}$ приріст урожайності порівняно з неудобреними варіантами склав у середньому за роки досліджень 20 ц/га для оброблених рослин і 18,5 ц/га для необроблених. Подальше підвищення дози мінерального живлення до $N_{45}P_{45}K_{45}$ кг д. р./га забезпечило ще більший приріст урожайності – відповідно 21,4 ц/га та 20,0 ц/га. Це підтверджує високу ефективність мінерального живлення для реалізації продуктивного потенціалу культури.

2. Встановлено, що обробка вегетуючих рослин регулятором росту Агростимулін на початку фази виходу у трубку сприяла додатковому підвищенню врожайності. Хоч абсолютна величина приросту могла бути різною залежно від варіанту, математична обробка результатів методом дисперсійного аналізу показала, що всі прибавки були статистично достовірними. Протягом двох років досліджень істотне збільшення врожаю від застосування Агростимуліну спостерігалось на обох фонах мінерального живлення – $N_{45}P_{30}K_{30}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ кг д. р./га.

3. Максимальну врожайність зерна у досліді зафіксовано на фоні внесення мінерального добрива $N_{45}P_{45}K_{45}$ кг д. р./га у поєднанні з обробкою рослин Агростимуліном – 49,7 ц/га. Це підтверджує, що комплексне застосування оптимальної дози добрив і стимулятора росту забезпечує найвищий рівень продуктивності культури.

4. Аналіз економічної ефективності вирощування зерна ячменю ярого показав, що найбільш вигідним за економічними показниками є варіант із внесенням мінерального живлення $N_{45}P_{30}K_{30}$ у поєднанні з обробкою рослин Агростимуліном. Саме цей варіант забезпечував найнижчу собівартість і найвищу рентабельність виробництва зерна, рівень рентабельності у якому досягав 91 %.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

У підсумку, на основі проведених досліджень та отриманих результатів, можна рекомендувати виробничим господарствам вирощування сорту ячменю ярого Вакула на фоні внесення мінерального добрива в дозі $N_{45}P_{30}K_{30}$ кг д. р./га у поєднанні з обробкою вегетуючих рослин стимулятором росту Агростимулін. Така технологія забезпечує оптимальне живлення рослин, підвищує врожайність, покращує якість зерна та забезпечує високу економічну ефективність виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Базалій В.В. Зінченко О.І. Лавриненко Ю.О. Рослинництво: підручник. – «Університетська книга», 2024. 520 с.
2. Манько К. М., Музафаров Н. М. Ячмінь ярий: сучасні технології вирощування. *Агробізнес сьогодні*. Київ, 2012. № 9. С. 33–37.
3. Городній Н.М. Агрохімія. Київ: Вища школа, 1994. 288 с.
4. Гирка А. Д. Агробіологічні основи формування продуктивності озимих та ярих зернових культур у північному Степу України : дис. ... доктора с.-г. наук : 06.01.09 / ДУ ІЗК НААН. Дніпропетровськ, 2015. 353 с.
5. Свидинюк 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*. Київ, 2002. № 47. С. 50–57.
6. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник.- 5-те вид., виправ., допов., додатковий випуск. – Львів: НВФ "Українські технології", 2022. 808 с.
7. Гораш О. С. Вплив норм висіву, мінерального удобрення на ріст і розвиток ячменю. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 9. С. 32–35.
8. Лень О. І. Продуктивність ячменю ярого залежно від технології вирощування. Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату : *Міжнародна наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів*. Дніпро, 2017. С. 117–119.
9. Балан В.М., Присяжнюк О.І., Балагура О.В., Карпук Л.М. Рослинництво основних культур: монографія. Вінниця, ТОВ «ТВОРИ», 2018. 384 с.
10. Лень О. І. Ефективність технології вирощування ячменю ярого в умовах східного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2008. № 1. С. 159–161.
11. Качура Є. В. Комплексний вплив норм висіву насіння та добрив на продуктивність пивоварних сортів ячменю ярого. *Збірник наукових праць*

Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН». Київ, 2007. Вип. 1. С. 80–84.

12. Диченко О. Ю. Урожайність та якість зерна ячменю ярого залежно від норм добрив за беззмінного вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2008. № 1. С. 165–167.

13. Яценко Л. А., Терещенко А. В. Вплив оптимізації живлення ячменю ярого на його продуктивність в умовах Лісостепу України: *матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених*. Умань, 2010. С. 186–188.

14. Каталог сортів та гібридів ДУ Інститут сільського господарства степової зони / Черенков А. В. та ін. Дніпропетровськ, 2014. 104 с.

15. Артем'єва К. С. Застосування КАС та рідких органо-мінеральних добрив на її основі для підживлення ячменю ярого на чорноземі типовому. Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату : *Міжнародна наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів*. Дніпро, 2017. С. 72–74.

16. Чабан В. І., Крамарьов С. М., Подобед О. Ю. Урожай і якість зерна ячменю ярого при використанні мікродобрив у Північному Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. Дніпропетровськ, 2013. № 2 (32). С. 32–36.

17. Мельник С. І., Жилкін В. А., Гаврилюк М. М. Рекомендації з ефективного застосування мікробних препаратів у технології вирощування сільськогосподарських культур. Київ, 2007. 52 с.

18. Анішин Л. А. Вітчизняні біологічно активні препарати просяться на поле України. *Пропозиція*. Київ, 2004. № 10. С. 48–50.

19. Білітюк А. П., Скуратівська О. В., Писаренко П. В. Біологізація технології – засіб підвищення урожаїв і якості зерна. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2007. № 3. С. 92–98.

20. Гирка А. Д., Кулик І. О., Вінюков О. О., Андрейченко О. Г. Вплив біопрепаратів і регуляторів росту на продуктивність рослин ячменю ярого голозерного та півчастого в умовах Північного Степу. *Бюлетень Інституту*

сільського господарства степової зони НААН України. Дніпропетровськ, 2012. № 3. С. 65–68.

21.Городній М.М., Бикін А.В., Нагаєвська Л.М. Агрохімія. Київ, Амфа, 2003. С. 448–450.

22.Анкудинов А.А. Регулятори росту – ефективний засіб підвищення продуктивності картоплі на півдні України. *Картопляр*. 2003. № 1. С. 2–6.

23.Федорук Ю.В., Деригуз Р.О. Особливості використання регуляторів росту у процесі вирощування картоплі / Аграрна наука – виробництво: *Матеріали VI Державної науково-практичної конференції*. Біла Церква, 2007. С. 11.

24.Вакал А. П., Литвиненко Ю.І. Рослинництво: навчальний посібник. Суми : ФОП Цьома С.П., 2021. 128 с.

25.Ревунова Л.Г., Куценко В.С. Продуктивність картоплі в умовах Полісся України залежно від комплексного застосування добрив і регуляторів росту. *Картоплярство*. Київ, 2006. Вип.. 34–35. С. 109–118.

26.Горщар В. І. Вплив біологічно активних речовин на врожайність ярого ячменю в північному Степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ, 2010. № 9. С. 77–79

27.Григор'єва Т. М. Ефективність біопрепаратів при вирощуванні ярого ячменю в північній підзоні Степу України. *Вісник Степу*. Кіровоградський інститут агропромислового виробництва УААН, 2009. Вип. 6. С. 22–25.

28.Власенко М.Ю., Вельямінова-Зернова Л.Д., Мацкевич В.В. Фізіологія рослин з основами біотехнології. Біла Церква. БДАУ, 2006. С. 462–466.

29.Рекомендації по застосуванню біостимуляторів росту і розвитку рослин вермистим при вирощуванні картоплі – "Укровочкартоплепром"/ Укл.: В.В. Кононученко, І.С. Брошак, І.П. Мельник та ін.. Київ : "Відродження", 2004. 8 с.

30.Патика В. П., Копилов Е. П., Надкерничний С. П. Мікробіологічні препарати у технології вирощування ячменю ярого. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2001. № 5. С. 22–24.

31.Мазур В. А., Поліщук І. С., Телекало Н. В., Мордванюк М. О.

Рослинництво : навч. посібник (I частина). Вінниця, ВНАУ, 2020. 349 с.

32.Бочевар О. В. Біологічні та технологічні заходи підвищення продуктивності рослин і якості зерна ярого ячменю в південно-західній частині Степу України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Дніпропетровськ, 2007. 167 с.

33.Селекція, насінництво і технологія вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України / За ред. В.Т. Колючого, В.А. Власенка, Г.Ю. Борсука. Київ : Аграрна наука УААН. 2007. 794 с.

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

35.Каленська С. М., Дмитришак М. Я. Мокрієнко В. А. Зернові та зернобобові культури. Навчальний посібник. Вінниця: ТОВ "ТВОРИ". 2020. 366 с

36.Васько Н. І. та ін. Технологія та ефективність вирощування ячменю ярого, придатного для пивоваріння. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. Харків, 2014. Вип. 16. С. 26–38.

37.Біологічно активні речовини в рослинництві / Грицаєнко З.М. та ін. Київ : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008 352 с.

38.Мікробні препарати у землеробстві /Волкогон В.В. та ін. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.

39.Долежал Я., Бовсуновський О. Сучасні ячмені та технологія їх вирощування. *Пропозиція*. Київ, 2003. № 2. С. 47–52.

40.Грицаєнко З.М., Карпенко В.П. Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах ярого ячменю і продуктивність посівів за дії гербіциду Гранстару й Емістиму С // *Міжн. конф. "Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти"*. Львів, 2007. С.127.

41.Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В.. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: навч. посібн. -4е виправ., допов. Львів: НВФ "Українські технології", 2014. 1040 с.

42.Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерно- виробництво. Львів: НВФ “Українські технології”, 2008. 624 с.

43.Енергетичні та сировинні рослині ресурси : навчальний посібник / С. М. Каленська [та ін.]. К. : НУБіП України, 2022. 273 с.

44.Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: навч. посіб. для студ. вищ. аграр. закл. освіти I-IV рівнів акредитації/ В. В. Лихочвор та ін.. Львів, 2010. 1088 с.

45.Системи технологій в рослинництві : навч. посіб. / Г. М. Господаренко та ін.. Умань : 2008. 368 с.

46.Григор’єва Т. М. Ефективність застосування мінеральних добрив у комбінації з мікробними препаратами при вирощуванні ячменю. *Сільськогосподарська мікробіологія*: Чернігів, 2014. Вип. 19. С. 21-26.

47.Демідов О. Ячмінь Ярій: реалізація потенціалу продуктивності. *Пропозиція*. 2017. №2. С. 66-69.

48.Технологія виробництва продукції рослинництва: Підручник / С.П. Танчик та ін.. Київ: Видавничий Дім “Слово”, 2008. 1000 с.

49.Рослинництво з основами кормовиробництва та агрометеорології : підручник. Ч. 1. Рослинництво / С. М. Каленська та ін.. Київ : Прінтеко, 2023. 611 с.

50.Рослинництво з основами технології переробки. Практикум: навчальний посібник / А.В. Мельник та ін. ; Суми: ВДТ «Університецька книга», 2024. 384 с.