ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
КАФЕДРА ЗЕМЛЕРОБСТВА ГРУНТОЗНАВСТВА ТА ЗАХИСТУ РОСЛИН

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

«Вплив оптимізації системи удобрення на зернову продуктивність ячменю ярого в умовах агрохолдингу «Астарта-Київ» Кам'янець-Подільського району Хмельницької області»

Виконав:
студент освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми
«Агрономія»
спеціальності 201 «Агрономія»
денної форми навчання
РАЙСЬКИЙ Олексій Микитович

Керівник:
доктор с.-г. наук, професор
ГОРАШ Олександр Савич

Оцінка захисту:
Національна шкала _____
Кількість балів ____Шкала ECTS____
«____»_____ 2025 р.

Допускається до захисту
«____»_____ 2025 р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агрономія»
спеціальності № 201 «Агрономія»
кандидат с.-г. наук, доцент
_____ ВІЛЬЧИНСЬКА Людмила Аліковна

м. Кам'янець–Подільський, 2025

АНОТАЦІЯ

РАЙСЬКИЙ Олексій Микитович. «Вплив оптимізації системи удобрення на зернову продуктивність ячменю ярого в умовах агрохолдингу «Астарта-Київ» Кам'янець-Подільського району Хмельницької області».

У кваліфікаційній роботі викладено результати досліджень з вивчення особливостей росту, розвитку та формування зернової продуктивності ячменю ярого залежно від впливу доз мінеральних добрив та мікродобрив за листкового підживлення в умовах Лісостепу правобережного. Удосконалено технологію вирощування ячменю ярого, яка передбачає внесення повного мінерального добрива у дозі $N_{90}P_{45}K_{45}$.та листкове підживлення посівів мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові у фазу початок виходу у трубку

Встановлено, що збільшення доз мінеральних добрив дозволило продовжити вегетаційний період росту і розвитку рослин ячменю ярого на 4–5 діб, тоді як листкове підживлення рослин на 2–3 доби.

Позитивний вплив азотних добрив на висоту рослин ячменю ярого сорту Геліос спостерігали на протязі всього вегетаційного періоду. Зокрема в фазі виходу в трубку ячменю ярого різниця за внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$ становила 1,1 см, $N_{60}P_{45}K_{45}$ – 2,8 см, $N_{90}P_{45}K_{45}$ – 4,6 см, у фазі колосіння – 2,6, 5,1, 5,9 см відповідно За підживлення Мікро–Мінераліс Зернові – 1,5 л/га у фазу виходу в трубку отримано приріст ячменю ярого на 2,0–3,3 см.

Максимальна урожайність ячменю ярого Геліос отримана на варіанті $N_{90}P_{45}K_{45}$ та листкового підживлення мікродобрива Мікро–Мінераліс Зернові – 5,59 т/га.

Максимальний чистий доход на рівні 21612,00 грн/га був одержаний за внесення максимальної дози мінеральних добрив $N_{90}P_{45}K_{45}$. та листкового підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові.

Ключові слова: ячмінь ярий, добрива, дози, мікродобрива, листкове підживлення, урожайність.

ЗМІСТ

ст

ВСТУП **5**

РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ МАКРО ТА МІКРОДОБРИВ НА РІСТ, РОЗВИТОК ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ) **8**

1.1. Мінеральне живлення ячменю ярого мікроелементами 9

1.2. Мікроелементи у живленні ячменю ярого 16

РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ **25**

2.1. Місце та природно-кліматичні умови проведення досліджень 22

2.2. Методика досліджень 29

2.3. Характеристика сорту та мікродобрива 31

РОЗДІЛ 3. РІСТ ТА РОЗВИТОК ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ (РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ) **34**

3.1. Польова схожість насіння і густота стояння рослин залежно макро та мікродобрив 34

3.2. Тривалість міжфазних і вегетаційного періодів рослин 36

3.3. Ріст і розвиток рослин ячменю ярого у висоту, наростання надземної біомаси залежно від досліджувних факторів 38

3.4. Формування елементів структури врожайності та урожайність ячменю ярого залежно від застосування добрив та листкового підживлення 40

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ТА ЛИСТКОВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО **49**

РОЗДІЛ 5. ОСОБЛИВОСТІ АГРОЦЕНОЗУ ЯК ЕКОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ (ЕКОЛОГІЯ) **51**

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ **54**

6.1. Виробничий травматизм у сільськогосподарському виробництві 56

6.2. Проблематика пожежної безпеки 55

ВИСНОВКИ **56**

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ **57**

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ **58**

ДОДАТКИ **65**

ВСТУП

Виробництво зерна в Україні залишається провідною галуззю сільського господарства, ячмінь ярий посідає третє місце серед зернових культур після пшениці та кукурудзи та має велике значення для вирішення зернової проблеми, оскільки виступає є цінною продовольчою, кормовою і технічною культурою [1, 2].

Популярність ячменю ярого серед аграріїв пов'язана зі збалансованим амінокислотним складом, високою поживністю та легким засвоєнням. Його зерно в середньому містить 12–15% білка, 75% вуглеводів, 2% жиру, 11% пентазонів та до 3% мінеральних речовин. Також зерно є поживним кормом – у 1 кілограмі міститься 1,2 кормових одиниці та 100 грамів перетравного протеїну. Цінність білка ячменю особливо висока завдяки значному вмісту таких амінокислот, як лізин (5,5 г/кг), триптофан (1,7 г/кг), метіонін (2 г/кг) і цистин (1,9 г/кг), що перевершує показники інших злакових культур [3].

У харчовій промисловості ячмінь використовують для виготовлення перлової та ячмінної крупи, сурогатів кави, а також солодового екстракту, який широко застосовують у кондитерській, спиртовій, пивоварній та фармацевтичній галузях.

З точки зору агротехніки, ячмінь є важливою покривною культурою, добрим попередником для багаторічних бобових трав і страховою культурою для озимих зернових [4].

В останні роки спостерігається зменшення площ посівів ячменю ярого. Це обумовлено зміною пріоритетів на ринку – збільшенням вирощування кукурудзи, соняшнику, пшениці та сої. Крім того, через недотримання технології вирощування культури урожайність ячменю ярого залишається низькою[8, 9].

Актуальність досліджень. Для досягнення максимальної продуктивності сортів ячменю ярого важливо удосконалювати технологію вирощування, що забезпечить максимальну реалізацію генетичного потенціалу сортів цієї культури.

Вдосконалення технології вирощування ярого ячменю має базуватися на оптимальному поєднанні факторів інтенсифікації. Серед них – застосування збалансованих доз мінеральних добрив, використання мікродобрив при листковому внесенні, врахування генетичного потенціалу сортів та ефективне використання біокліматичних ресурсів конкретного регіону.

З огляду на це, в умовах південної частини Лісостепу західного вивчення досліджуваних елементів технології вирощування ярого ячменю стануть основою для підвищення ефективності виробництва цієї культури.

Мета досліджень – визначити вплив доз мінеральних добрив і мікродобрив за листкового підживлення на формування врожайності зерна ячменю ярого в умовах південної частини Лісостепу західного.

Завдання досліджень:

- встановити вплив азотних добрив та мікродобрив на польову схожість та густоту стояння рослин ячменю ярого;
- дослідити особливості росту, розвитку та формування щільності стеблостою рослин залежно від досліджуваних факторів;
- визначити динаміку наростання надземної маси рослин під впливом азотних добрив та мікродобрив;
- провести аналіз структури колоса та врожайності під впливом агротехнічних факторів;
- провести оцінку економічної ефективності вирощування ячменю ярого при застосуванні різних доз азотних добрив та мікродобрив.

Об’єктом дослідження є процеси росту, розвитку, формування врожайності та якості зерна ячменю ярого залежно від доз мінеральних добрив і використання мікродобрив.

Предметом дослідження є ячмінь ярий і його реакція на різні дози азотних добрив і мікродобрив за листкового підживлення.

Методи дослідження:візуальний – для спостереження за фенологією розвитку рослин; кількісний – для оцінки густоти стояння, польової схожості та виживаності рослин; вимірювальний – для визначення висоти

стеблостою; фізіологічний – для вивчення фотосинтетичної активності рослин в онтогенезі; метод пробного снопа – для встановлення індивідуальної продуктивності рослин; метод суцільного збирання – для обчислення врожайності зерна; біохімічний – для аналізу якості зерна; – статистичні методи, зокрема дисперсійний аналіз (для перевірки достовірності отриманих результатів), кореляційний та регресійний аналіз (для виявлення взаємозалежностей між досліджуваними факторами і продуктивністю); порівняльно-розрахунковий метод – для оцінки економічної ефективності вдосконалених технологій вирощування.

Наукова новизна роботи полягає у виявленні закономірностей впливу доз мінеральних добрив і мікродобрив за листкового внесення на процеси росту, розвитку, формування врожайності ячменю ярого в умовах південної частини Лісостепу західного.

Практичне значення одержаних результатів. Для умов південної частини Лісостепу західного України удосконалено систему удобрення ячменю ярого, яка передбачає застосування добрив при основному внесенні та листкове підживлення мікродобривом Мікро-Мінераліс (Зернові)**,** що може бути використане сільськогосподарськими господарствами різної форми власності для підвищення продуктивності культури.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем опрацьовано та узагальнено наукові дані іноземних та вітчизняних науковців за темою роботи, закладено польові досліди проведено фенологічні спостереження, виконані польові та лабораторні аналізи та узагальнено результати отриманих даних.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається з анотації, вступу, 6 розділів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел,додатків. Загальний обсяг роботи становить 70 сторінок, вона містить 11 таблиць та 8 рисунків. Список використаної літератури налічує 97 найменувань, з яких 16 латиницею.

РОЗДІЛ 1
ВПЛИВ МАКРО ТА МІКРОДОБРИВ НА РІСТ, РОЗВИТОК ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Ячмінь посідає одне з провідних місць серед зернових культур за посівною площею і урожайністю як у світовому землеробстві, так і в Україні. Загальна площа його посівів у світі становить близько 75 мільйонів гектарів, причому культура вирощується у широкому географічному діапазоні – від північних регіонів до субтропічних зон. В Україні під ячмінь відведено близько 2,5 мільйона гектарів. Зерно цієї культури використовується не лише для кормових і харчових потреб, але й є важливою сировиною для пивоварної промисловості [6].

Зважаючи на велике народногосподарське значення ячменю та його широку поширеність, низка науково-дослідних установ як в Україні, так і за кордоном працює над створенням високоврожайних сортів та удосконаленням технології його вирощування [7].

В Україні ярий ячмінь належить до ключових зернових колосових культур, поступаючись за обсягами посівних площ лише озимій пшениці та кукурудзі. Проте, упродовж останніх років спостерігається тенденція до скорочення посівних площ цієї культури. До 2005 року площі для сівби цієї культури щорічно складали від 2,7 до 5,8 млн га. У період з 2005 по 2010 роки площі під цією культурою скоротилися у 1,4 раза: якщо під сівбу ячменю у 2005 році було виділено 4,200 тис. га, то у 2010 році ця цифра зменшилась до 2,978 млн. га [8]. За останні десятиліття площі посіву ярого ячменю зазнали певних коливань із переважною тенденцією до зменшення, що в останні роки значною мірою пов’язано з кризою, спричиненою військовою агресією. За даними Державної служби статистики України, у 2014 році площа посівів ярого ячменю становила близько 1979,8 тис. га, тоді як у 2024 році цей показник знизився до 839,3 тис. га. [9, 10].

В Україні створено багато цінних сортів ячменю ярого, повністю

здатних забезпечити виробництво продовольчим і фуражним зерном та пивоварною сировиною [11]. У Державному реєстрі сортів рослин [12], придатних для поширення в Україні у 2025 р. нараховується 138 сортів. Це створює можливість добирати їх для різних агрокліматичних зон, рівнів господарювання за ступенем інтенсивності і реакцією на умови вирощування.

Сучасні сорти здатні забезпечувати середню врожайність зерна на рівні 4,0–6,0 т/га, а за умови високого рівня землеробства та застосування інтенсивних технологій урожайність може досягати 8,0–10,0 т/га. Однак через порушення технологічних вимог вирощування та несприятливі кліматичні умови потенціал урожайності сортів ячменю ярого реалізується лише на 30–50 %, а в окремі роки знижується до 24 %.[13, 14].

Для забезпечення повної реалізації потенціалу сортів ярого ячменю необхідно створити оптимальні умови для його росту та розвитку, що передбачає використання сучасних інтенсивних агротехнологій, зокрема планування сівозмін з підбором кращих попередників, оптимальне забезпечення поживними речовинами відповідно до вмісту елементів у ґрунті, поетапне застосування азотних добрив з урахуванням фаз розвитку та органогенезу, забезпечення інтегрованого захисту від бур’янів, шкідників і хвороб, контроль росту рослин за допомогою регуляторів, листкове підживлення мікродобривами в період вегетації шляхом а також точне і своєчасне виконання всіх агротехнічних заходів.

1.1.Мінеральне живлення ячменю ярого макроелементами

Ярий ячмінь вирізняється високими вимогами до рівня живлення, що зумовлено його коротким вегетаційним періодом і швидким засвоєнням поживних речовин.

За показниками виносу поживних речовин ярий ячмінь подібний до озимих культур. Для формування 100 кг зерна разом із соломою він поглинає: N – 2,5–3,0 кг; P_2O_5 – 1,0–1,5 кг; K_2O – 2,0–2,5 кг. Поглинання

основних елементів живлення яровим ячменем відбувається нерівномірно впродовж вегетації. Найбільша потреба в поживних речовинах спостерігається в два ключові періоди: на етапі кущіння та початку стеблоутворення і під час закладання, формування й наливу зерна [15, 16].

Згідно з дослідженнями Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН було встановлено, що на ділянках без внесення добрив сорти ярого ячменю формують урожайність у межах 1,94–2,75 т/га залежно від впливу попередників завдяки лише сівозміні. Вирощування ячменю на ділянках із залишками органічного добрива (гній 30 т/га) сприяло збільшенню врожайності на 0,66–0,92 т/га. Використання мінеральних добрив у базовій дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечувало приріст урожаю на 0,92–1,55 т/га, а застосування дози $N_{60}P_{60}K_{60}$ підвищувало цей показник до 1,20–1,77 т/га порівняно з результатами дослідів без внесення мінеральних добрив [17, 18].

Дослідженнями М. І. Давидчук, та ін. [19]. доведено, що використання мінеральних добрив у посівах ячменю ярого позитивно впливає на його врожайність. Зокрема, внесення помірних доз $N_{30}P_{30}$ і $N_{45}P_{30}$ забезпечує збільшення врожайності залежно від способу обробітку ґрунту: на 37,3 і 38,5 % за полицевого обробітку грунту та на 39,9 і 43,1 % при безполицевому відповідно. Крім того, добрива суттєво покращували масу 1000 зерен, фізичні й хімічні властивості зерна.

Згідно з даними Інституту зернових культур, ярі зернові культури активно засвоюють легкорозчинні поживні речовини на початкових стадіях вегетації. У період від сходів до завершення кущіння вони поглинають від 20 до 50 %, а до завершення стадії виходу в трубку – від 40 до 75 % загальної кількості поживних речовин, яку рослини споживають протягом всього вегетаційного періоду. Щоб досягти високої ефективності вирощування ярого ячменю, рекомендується застосовувати комплексні мінеральні добрива, такі як нітроамофоска, нітрофоска, нітрофос та амофос. Їх слід вносити локально помірними дозами (30–40 кг/га діючої речовини) восени або весною на глибину 8–10 см у вологий шар ґрунту. Це забезпечує приріст

урожаю зерна на 0,1–0,2 т/га порівняно із засобами, які містять тільки прості добрива. Для стимуляції ростових процесів рослин, формування і розвитку вузлових коренів, збільшення стійкості до засухи та підвищення продуктивності обов’язковим є внесення комплексних мінеральних добрив у рядки під час посівної з дозою 10 кг/га фосфору. За використання повного комплексу добрив (NPK) для ярого ячменю знижує витрати вологи ґрунту на виробництво одиниці зерна на 20–30 %. Це сприяє одночасному підвищенню врожайності культури та покращенню якості зерна [20, 21, 22].

Найвища врожайність ячменю ярого досягається завдяки внесенню повного комплексу мінеральних добрив. Так у Прибалтиці, Нечорноземній та Центрально-Чорноземній зонах, а також у Лісостеповій зоні України рекомендовано дози наступних поживних речовин: азоту – 35–45 кг/га, фосфору – 45–60 кг/га, калію – 25–40 кг/га. У південних та південно-східних районах переважно застосовуються лише фосфорні добрива в дозуванні близько 45 кг P_2O_5 на гектар [23, 24, 25].

Ячмінь ярий найбільше реагує на внесення добрив в умовах достатнього зволоження. Використання мінеральних добрив може забезпечити приріст урожаю до 1,5–2,0 т/га. Щоб уникнути вилягання рослин, необхідно підтримувати оптимальний баланс поживних елементів: азоту, фосфору та калію [26, 27].

Найбільше зростання врожайності зерна ячменю ярого спостерігається при внесенні повного мінерального добрива під цю культуру. Проте з підвищенням вмісту рухомих форм NPK у ґрунті ефективність добрив знижується. Завдяки впливу мінеральних добрив покращуються продуктивна кущистість, кількість зерен у колосі, їх виповненість і маса 1000 зерен. Однак надмірні дози добрив можуть негативно позначатися на озереності та масі 1000 зерен. Водночас вміст білка в зерні зазвичай збільшується, якщо в складі ґрунту азот переважає над калієм і фосфором. Застосування комплексних добрив сприяє підвищенню врожайності та вмісту білка в зерні. Дослідження також показали, що внесення мінеральних добрив зменшує

кількість бур’янів у посівах, проте збільшує їх загальну масу. Ефективність таких добрив помітно зростає у роки з достатнім рівнем зволоження, оскільки вони стимулюють водоспоживання рослин [28].

Найвищий рівень реалізації потенціалу продуктивності ячменю ярого забезпечила технологія, яка передбачала внесення мінеральних добрив у дозі $N_{68}P_{68}K_{45}$ і застосування інтегрованої системи захисту. При цьому, в середньому за роки досліджень, урожайність культури становила 5,27 т/га, що на 2,56 т/га більше, ніж на контролі. Проте варто зазначити, що окупність зерном 1 кг діючої речовини мінеральних добрив за такої дози була однією з найнижчих [29].

Внесення фосфорних добрив сприяє збільшенню кущистості рослин, зменшує ризик вилягання, прискорює процес дозрівання та покращує якість зерна, рекомендована норма фосфору – від 40 до 100 кг/га [30].

Калійні добрива підвищують виповненість зерна, стійкість стебел проти вилягання, а також стійкість рослин до посухи та ураження хворобами. Норма внесення калію від 60–120 кг/га. В зоні Степу, Лісостепу і Полісся повну норму фосфорних і калійних добрив зазвичай вносять під основний обробіток ґрунту [31].

Азот є одним із найбільш важливих елементів для життєдіяльності рослин, та є основною умовою отримання високих врожаїв за оптимального ним забезпечення. Він впливає на інтенсивність синтезу білків та азотистих сполук, прямо визначаючи урожайність. У складі сухої речовини ячменю рівень азоту сягає від 1 до 3 %, а в білках – 16-18 % [32].

Під впливом азотних добрив значно збільшується площа листкової поверхні та продовжується період асиміляції в процесах функціонування рослин ячменю. Це сприяє зростанню фотосинтетичного потенціалу, кількості продуктивних стебел, накопиченню біомаси та підвищенню врожайності ярого ячменю. Однак внесення надмірних доз азотних добрив може негативно позначитися на густоті освітлення посівів через інтенсивний ріст рослин. Це призводить до зниження ефективності фотосинтезу та

погіршення поглинання поживних речовин, особливо азоту, що часто викликає вилягання посівів [33].

Недостатнє забезпечення рослин азотом на ранніх етапах розвитку викликає суттєве уповільнення їхнього росту, знижує коефіцієнт засвоєння світлової енергії, затримує формування асимілюючої поверхні та скорочує період активного функціонування листків. [28, 34, 35].

Ефективність мінеральних добрив визначається біологічними особливостями сорту, родючістю ґрунту та погодними умовами. Сучасні сорти ячменю, стійкі до вилягання, ефективно використовують високі дози азотних добрив, зокрема на бідних цією речовиною ґрунтах, значно збільшуючи урожайність. Утім, використання понад 60 кг/га азоту на чорноземах може призводити до втрати врожаю через передчасне вилягання рослин. На сірих лісових та підзолистих чорноземах позитивний ефект дають азотні і фосфорні добрива, натомість на супіщаних і болотних ґрунтах ефективнішими є калійні добрива. На дерново-підзолистих ґрунтах до 55 % врожаю формується за рахунок добрив, на лісових ґрунтах – до 28 % в той час як на чорноземах – до 20 % [36].

Ефективність добрив на території України суттєво варіюється, збільшуючись у напрямках від Півдня до Півночі та зі Сходу на Захід. Це пояснюється переходом від багатих на родючість чорноземів до менш продуктивних сірих лісових і дерново-підзолистих ґрунтів, а також більш сприятливими умовами зволоження у північних і західних регіонах порівняно з південними та східними.

Важливим чинником високої ефективності мінеральних добрив є правильний вибір строків їх внесення. Зокрема, результативність азотних добрив залежить від активності ростових процесів, надходження азоту в рослину, характеру переміщення асимілянтів з вегетативних органів і ефективного перенесення азоту до зерна. Азот, засвоєний рослинами під час формування зерна, більш ефективно використовується для накопичення білка в колосі, ніж той, що надходить із вегетативних частин рослини[37].

Подібні висновки зроблені C. Chresten [38], який зазначив, що значна частина азоту під час підживлення потрапляє безпосередньо в зерно. Така інформація підтверджує важливість азотного підживлення ячменю в період накопичення білку.

Проте серед науковців досі існують розбіжності щодо оптимального часу внесення азотних добрив. Деякі автори рекомендують весняне внесення азоту під ярий ячмінь, тоді як інші пропонують застосовувати добрива частково під зяблевий обробіток ґрунту та частково навесні. Результати досліджень Д. П. Томашевського та И. Ф. Лященка [39] свідчать на користь одночасного внесення через зниження врожайності при дробному застосуванні азоту. Окремі дослідники також зауважують, що дієвість весняного внесення залежить від погодних умов [40].

У степовій зоні азотні добрива рекомендується вносити одноразово, оскільки поділ на частини не дав значних переваг. У роки з тривалою посухою, зокрема в першій половині вегетації, додаткове внесення азоту не сприяє підвищенню врожайності. Осіннє внесення азоту на важких ґрунтах степу є ефективним, адже азот залишається в ґрунті до весняно-літнього періоду. У Лісостепу та Поліссі азотні добрива вносять під час передпосівної культивації і використовують для підживлення на різних етапах росту рослин. [41].

Ярий ячмінь добре реагує на додаткове підживлення. Дані трирічних досліджень Йєгеваської селекційної станції в Естонії свідчать про те, що підживлення сходів азотними добривами (8–10 кг азоту) збільшувало врожайність на 0,28 т/га; при дозуванні 16–20 кг приріст становив 0,42 т/га; а при внесенні 24–30 кг — досягав 0,55 т/га. [42–43].

В умовах західного Лісостепу максимальний приріст урожайності ячменю ярого до 0,73–0,75 т/га (25%) на варіантах $N_{30}P_{40}K_{60}$ і $N_{60}P_{80}K_{120}$, де N_{30} вносили перед передпосіву культивацією, а наступні 30 кг азоту – на IV етапі органогенезу [44].

Також, строки внесення азотних добрив впливають на вміст білків у

зерні ячменю, терміни їх застосування більше позначаються на білковій складовій зерна, ніж на загальній врожайності [45]. Проведення позакореневого підживлення не під час кущення та виходу стебла в трубку, а у періоди колосіння і наливу зерна значно підвищило рівень білка в ньому. Дослідження також довели, що азотне підживлення в процесі формування зерна не тільки збільшує білковість ячменю, але й знижує рівень ураження рослин борошнистою росою.

1.2. Мікроелементи у живленні ячменю ярого

Ячмінь ярий має короткий період поглинання поживних елементів з ґрунту, що робить його більш вимогливим до забезпечення якісного живлення на початкових стадіях вегетації. При низьких показниках урожайності зерна (2–3 т/га) на більшості видів ґрунтів ключовим фактором, який обмежує продуктивність, виступає недостатнє забезпечення макроелементами. Для отримання високих врожаїв за умов інтенсивної технології виробництва використовуються значно більші норми мінеральних добрив, що дозволяє усунути цей обмежувальний фактор. Проте подальше нарощування урожайності залежить від забезпечення елементів живлення, які перебувають у мінімальному обсязі. Зокрема, навіть незначний дефіцит кількох грамів одного з необхідних мікроелементів на гектар може порушити засвоєння інших поживних речовин і зупинити збільшення врожайності, навіть за високо забезпеченого рівня мікроелементів [25].

Одним із основних факторів, що впливає на формування врожайності та якість зерна, є забезпечення рослин мікроелементами. Поряд із основними елементами живлення, такими як азот, фосфор і калій, важливу роль у забезпеченні життєдіяльності рослин відіграють мікроелементи, зокрема цинк (Zn), марганець (Mn), мідь (Cu), кобальт (Co), молібден (Mo) та бор (B). Ці елементи беруть участь у важливих фізіологічних процесах, виступаючи компонентами ферментів, вітамінів, гормонів та інших

біологічно активних речовин. Вони також відіграють значну роль в окислювально-відновних реакціях, в обмінах вуглеводів і азоту, що підвищує ефективність засвоєння води та поживних речовин із ґрунту [46].

Більшість мікроелементів виконують функцію каталізаторів біохімічних процесів, що сприяє пришвидшенню реакцій, підвищенню стійкості рослин до впливу несприятливих умов зовнішнього середовища, таких як низька або висока температура повітря чи посуха. Вони також сприяють збільшенню вмісту хлорофілу, покращенню фотосинтезу та посиленню асиміляційної активності всієї рослини [47, 48].

Дослідження показали, що внесення мікродобрив сприяє підвищенню врожайності ярого ячменю. Проте ефективність їх застосування залежить від попередників. Наприклад, обробка насіння перед посівом за умов вирощування ячменю після озимої пшениці збільшувала врожайність на 0,13 т/га. Значні прирости врожайності спостерігались також після кукурудзи та соняшника порівняно з контрольними ділянками. Застосування мікродобрив перед сівбою покращувало енергію проростання насіння, підвищувало польову схожість та збільшувало масу рослин, особливо на початкових етапах органогенезу [48].

Найкращим способом використання мікродобрив є застосування їх у складі звичайних і комбінованих добрив. Мікродобрива відіграють важливу роль у покращенні якісних показників зерна, зокрема в підвищенні вмісту білків. У сучасному землеробстві значна увага приділяється виробництву рослинного білка високої біологічної цінності за рахунок балансу незамінних амінокислот. Ячмінь вирізняється високою кормовою цінністю серед зернофуражних культур завдяки багатому білковому комплексу, що містить більше лізину – однієї з найважливіших незамінних амінокислот – порівняно з іншими культурами [49, 50].

Для підвищення ефективності удобрення ґрунтів мікроелементами на чорноземах рекомендується застосовувати добрива, які містять мідь, бор та марганець. Найважливішими мікроелементами для росту і розвитку

ячменю є марганець, мідь та цинк а також бор, молібден та кобальт) [51].

Найефективнішим методом забезпечення зернових культур мікроелементами є позакореневе підживлення. Цей спосіб дозволяє уникати небажаних процесів у ґрунті й навколишньому середовищі, не потребує значних витрат і легко комбінується із застосуванням засобів захисту рослин. Найголовніше – цей метод дає змогу контролювати процес і вносити мікроелементи саме тоді, коли рослини найбільше їх потребують [52, 53, 54].

Марганець відіграє важливу роль у низці біохімічних і фізіологічних процесів рослин, зокрема в окисно-відновних реакціях, фотосинтезі, диханні, синтезі білків та вуглеводів, а також у транспортуванні речовин між органами рослин [55]. Він сприяє регуляції синтезу ростових гормонів і засвоєнню заліза, що є важливим для формування хлорофілу.

Позакореневе підживлення марганцем здатне збільшити інтенсивність фотосинтезу на 24–30%, поліпшити використання амонійного та нітратного азоту рослинами, а також прискорити їхній ріст і розвиток [55]. Від рівня забезпеченості рослин марганцем суттєво залежить формування загальної рослинної маси.

Ячмінь це культура, високочутлива до дефіциту марганцю, при цьому потреба в елементі виникає на ранніх етапах росту та розвитку. Зі збільшенням рівня азотного живлення потреба у марганці посилюється, особливо у фазі коренеутворення та цвітіння. Невід'ємне значення марганцю у рослинному метаболізмі підтверджується загибеллю ячмінних рослин у ранньому віці (2–4 тижні) при повному виключенні цього елемента із поживного середовища. Дефіцит марганцю призводить до значних порушень метаболічних процесів, проявляючись затримкою росту, міжжилковим хлорозом та появою некротичних плям на листках [55]. Марганець характеризується обмеженою рухливістю у тканинах рослини: доведено лише часткову можливість його транспортування з більш старих листків до молодих або від молодих листків до генеративних органів [56].

Його поглинання та переміщення може значною мірою залежати від взаємодії з іншими макро- і мікроелементами. Наприклад, антагоністична взаємодія між марганцем і залізом проявляється тим, що внесення хелатованих форм заліза знижує засвоєння марганцю, особливо на карбонатних ґрунтах. Дослідження вказують на оптимальне співвідношення заліза до марганцю в живленні рослин у межах 1,5–2,5; недотримання цих меж може призводити до дефіциту заліза або марганцю залежно від напрямку відхилення балансу. Високий вміст кальцію чи магнію в ґрунті також гальмує поглинання марганцю [55].

Зокрема, ефективними є марганцеві шлами (норма внесення 0,2–0,3 т/га під зяблеву оранку) та марганізований гранульований суперфосфат, який вносять у рядки під час сівби ярого ячменю дозою близько 50 кг/га. Для кислих ґрунтів обов’язковим є вапнування, особливо при вирощуванні пивоварного ячменю, що сприяє збільшенню маси 1000 зерен і підвищує вміст крохмалю в зерні. У вологі роки в період кущіння доцільно додатково проводити азотне підживлення з розрахунку 20–30 кг/га азоту [57, 58, 59].

Фізіологічна роль цинку є багатогранною і надзвичайно важливою. Сучасні наукові джерела містять значний обсяг емпіричних даних, що демонструють вагу цинку у живленні рослин. Передусім, він забезпечує участь у процесах метаболізму регуляторів росту, як стимуляторів, так і інгібіторів, а також сприяє обміну нуклеїнових кислот і білків. Встановлено, що цинк виступає незамінним кофактором для 40 ферментів, а також неспецифічно активує або інгібує приблизно 50 ферментів. На основі сучасних досліджень відомо, що більше 300 ферментів є залежними від наявності цинку . Зокрема, цей мікроелемент виконує каталітичну, кокаталітичну та структурну функції у складі цих ферментів [60]. Більше того, цинк сприяє синтезу фітогормону ауксину, який є ключовим для росту міжвузлів рослин. У іонній формі він також впливає на фізико-хімічні властивості цитоплазми, зокрема на її в'язкість [61].

Згідно з даними різних джерел, ячмінь вважається середньочутливою

культурою до нестачі цинку [61]. Однак на ґрунтах із низьким рівнем рухомих сполук цинку високу ефективність демонструє використання цинкових добрив для посівів ячменю ярого [62, 63]. Крім того, цинк відіграє ключову роль у процесі накопичення крохмалю зернівками, що має важливе значення для пивоварних сортів ячменю [64]. Ознаки дефіциту цинку найбільш виражені на ранніх етапах розвитку рослин. Зростання інтенсивності сільськогосподарського виробництва може посилювати нестачу цього елемента в ґрунтах, оскільки він більше накопичується у зерні, ніж у листках та стеблах рослин. У зв’язку з цим перспективними є дослідження впливу внесення цинку на врожайність ярого ячменю в конкретних природно-кліматичних умовах України.

Мідь відіграє важливу роль у багатьох фізіологічних процесах рослин: фотосинтезі, диханні, перерозподілі вуглеводів, синтезі та перетворенні азотистих сполук, метаболізмі білків [65]. Вона сприяє формуванню генеративних органів, продукуванню лігніну, а також підвищує стійкість рослин до грибкових та бактеріальних захворювань.

Дослідженнями Гамаюнової В. В. [66] встановлено, що у процесах росту проростаючого насіння роль міді полягає у забезпеченні достатньої кількості триптофану, ймовірно, у вигляді сполуки з міддю, яка не входить до складу білкових молекул. Така сполука може брати участь у біосинтезі ауксинів у проростаючому насінні. Зазначено, що насіння з високим вмістом міді відзначається кращою схожістю та енергією проростання. Її сприятливий вплив особливо помітний на початкових етапах росту рослини, а також у більш пізніх фазах розвитку аж до формування насіння. При цьому підвищений вміст міді в насінні може пригнічувати поглинання цинку коренями внаслідок вибіркового зниження їхньої активності щодо цього мікроелемента. Ячмінь належить до культур, які перебувають у середньому рівні чутливості до недостатньої кількості міді в ґрунті. Найвища потреба рослин у цьому мікроелементі спостерігається на ранніх етапах росту; до початку цвітіння її поглинання практично завершується.

Використання високих доз азотних добрив зумовлює підвищення потреби рослин у міді, водночас посилюючи прояви дефіциту [67].

Нестача міді часто спричиняється внесенням великих доз мінеральних добрив, вапнуванням ґрунту, підвищенням температури повітря і ґрунту. Симптоми такого дефіциту найчастіше виникають на ранніх стадіях розвитку рослини: спостерігається побіління і засихання кінчиків молодих листків, виникає світло-зелене забарвлення рослин. У разі значної нестачі міді можливе навіть висихання стебел, що суттєво знижує врожайність. Недостатнє забезпечення ячменю міддю порівняно з оптимальним рівнем призводить до посиленого кущіння, гальмування формування зернівок, появи зернин-пустоцвітів у колосках, а також до зменшення розміру зерна [68].

Питання щодо методів використання мікродобрив залишається актуальним, оскільки рослина потребує в невеликій проте в різній кількості кожного елемента. Мікродобрива особливо рекомендується вносити на ґрунтах з низьким і середнім вмістом рухомих форм мікроелементів [25, 3].. Їхнє внесення забезпечує позитивний вплив як на врожайність, так і на якість зернових культур. Більш того, ефективність мікродобрив посилюється за умов належного мінерального живлення мікродобривами. Проте, надлишок мікроелементів може порушити баланс поживних речовин у ґрунті. Тому їхнє застосування повинно бути обґрунтованим, базуючись на ретельному аналізі складу ґрунту та біологічних потреб культур.

У порівнянні з макроелементами, коефіцієнт використання мікродобрив, внесених у ґрунт, суттєво нижчий – він становить лише 5–10% або навіть менше. Через ні та цинкові, рекомендується вносити з розрахунком наперед на декілька років під найбільш чутливі до них культури сівозміни. Низька ефективність використання мікродобрив пояснюється декількома факторами: нерівномірним розподілом через малі дози внесення; низькою мобільністю у ґрунті (особливо катіонів міді, заліза, марганцю, цинку); швидкою реакцією з компонентами ґрунту, що

призводить до утворення важкорозчинних сполук; а також вимиванням за межі кореневмісного шару [68]. Окрема проблема полягає у доступності неорганічних солей мікроелементів, зокрема у кислих ґрунтах (pH до 6) вони більш доступні. Проте у ґрунтах з нейтральним або лужним середовищем їхня ефективність різко падає – на карбонатних і лужних ґрунтах доступність практично дорівнює нулю [69]. Щоб уникнути швидкого поглинання мікроелементів ґрунтом, їх комбінують з азотними, фосфорними або комплексними добривами за умови грануляції останніх. Завдяки гранульованій формі мікроелементи довше залишаються у доступному для рослин стані, не піддаючись дії поглинального комплексу ґрунту. Проте взаємодія мікроелементів із іншими компонентами може мати негативні наслідки. Наприклад, мідь при внесенні у складі комплексних добрив здатна утворювати важкорозчинні сполуки у контакті з фосфором, які рослини не засвоюють. Дослідження також показують, що зі всього вмісту міді та цинку в нітрофосці лише менша частина переходить у водну витяжку, що свідчить про низьку ефективність внесення мікродобрив у ґрунт. Особливо це стосується нейтральних та лужних ґрунтів [69].

Останніми роками досягнуто значних успіхів у селекції трансгенних сортів сільськогосподарських культур, здатних ефективніше засвоювати необхідні елементи живлення навіть з ґрунтів із низьким вмістом рухомих сполук мікроелементів [70]. Інноваційні технології, основані на процесах окиснення та розкладу мінералів ґрунту, наразі розглядаються науковцями як перспективний біологічний підхід до вирішення глобальної проблеми дефіциту мікроелементів у харчуванні рослин, тварин і людей [71]. Проте ці методи потребують більш ретельного та глибокого дослідження, а також всебічного аналізу перед впровадженням у практику агровиробництва.

Серед доступних методів внесення добрив найбільш раціональними та економічно вигідними визнаються передпосівна обробка насіння і позакореневе підживлення рослин упродовж вегетаційного періоду, що забезпечують засвоєння від 40 до 100 % мікроелементів із внесених

препаратів. Передпосівна обробка насіння мікроелементами технологічно добре поєднується з процесами інкрустації та протруювання, що застосовуються при підготовці насіннєвого матеріалу зернових культур. Позакореневе підживлення, своєю чергою, є сумісним із заходами захисту рослин та азотним удобренням. Відомо, що передпосівна обробка насіння шляхом збагачення мікроелементами активізує фізіологічні й біохімічні процеси в насіннєвому матеріалі, сприяючи підвищенню життєздатності, польової схожості, росту надземної біомаси і розвитку кореневої системи. Окрім того, вона підвищує стійкість молодих рослин до інфекційних хвороб і несприятливих умов довкілля у перші етапи їх онтогенезу. Експериментальні дослідження показують, що на сірих лісових опідзолених ґрунтах, чорноземах вилужених і опідзолених зон Лісостепу найефективнішими є препарати на основі сульфату цинку, сульфату марганцю, борної кислоти та молібдату амонію для обробки насіння зернових [70].

Використання таких мікродобрив не лише покращує структуру майбутнього врожаю ячменю, але й позитивно впливає на початкові фазиси росту рослин і фотосинтетичну діяльність, що загалом сприяє підвищенню його врожайності. За сприятливих погодних умов поєднання елементів живлення у процедурах передпосівної обробки насіння дозволяє досягти приросту врожайності ячменю на рівні 5,8–9,4 ц/га [71].

Водночас в умовах недостатнього зволоження значно зростає ефективність використання добрив із вмістом міді, застосування яких сприяє підвищенню врожаю на 1,2–1,5 ц/га (або 10–13 %). Такі результати науковці пояснюють суттєвим зниженням рухомості сполук міді в ґрунті разом із проявом її фунгіцидних властивостей [72].

Позакореневе підживлення є більш надійним способом усунення дефіциту мікроелементів у зернових, ніж внесення їх безпосередньо у ґрунт [73]. За умов гострого дефіциту міді або марганцю підживлення позакореневим методом (наприклад, 0,5 кг/га міді або 1 кг/га марганцю на

початку формування трубки в рослин) може запобігти значному зниженню врожайності зернових культур [73]. Проте іншими дослідженнями відмічено, що дефіцит мікроелементів часто виявляється лише тоді, коли рослина вже втратила значну частину врожаю й його якості, що неможливо відновити. Наприклад, у вегетаційних дослідах спостерігалося зменшення маси вегетативної частини ячменю ярого на 50%, ще до прояву ознак марганцевого голодування [21]. Окрім цього, важливо зазначити, що зернові формують кількість зерен у майбутньому колосі ще на стадії кущіння. Якщо на цьому етапі рослина відчуває навіть незначний дефіцит мікроелементів без видимих ознак, виправити таку ситуацію протягом вегетації неможливо і відновити втрачений потенціал вже не вдасться [66]. У багатьох випадках дефіцит мікроелементів має прихований характер, обмежуючи врожайність навіть за високих показників наявності інших елементів у ґрунті [22].

Навіть у разі оптимального вмісту макро- та мікроелементів окремі фази вегетації, наприклад фаза кущіння або період між появою прапорцевого листа і виходом колосу, супроводжуються обмеженим доступом до цих елементів. Різні фактори, такі як низькі температури, посушливі умови, надмірна вологість ґрунту, підвищена кислотність, високий вміст глини або піску та кореневі захворювання, можуть знижувати доступність добрив і, зокрема, мікроелементів [73]. Наприклад, дослідження D. J. Reuter [74] засвідчили прояв симптомів дефіциту марганцю в рослин ячменю під час фази виходу в трубку незалежно від внесеної кількості марганцю у ґрунт. У цьому випадку позакореневе підживлення сульфатом марганцю уповільнювало прояв дефіциту і сприяло підвищенню врожайності.

Дослідження Господаренка Г. М., Машинник О. О. [67] також підтверджують ефективність позакореневого внесення мікроелементів на початку виходу ячменю ярого в трубку порівняно з підживленням у фазу колосіння. Схожі результати отримані в Туреччині: проведення позакореневого підживлення ячменю ярого у фазу виходу в трубку за умов

посухи сприяло значному підвищенню вмісту макро- і мікроелементів (N, P, Na, K, Zn, Fe) у пагонах. Натомість підживлення у фазу молочної стиглості показало неістотне збільшення цих показників [76].

Дослідження Г. А. Голік і М. О. Черниш [77] демонструють позитивний вплив позакореневого підживлення мікроелементами на початку вегетації ячменю ярого: поліпшувалися розвиток кореневої системи, ріст рослин, їхнє кущіння (до 17 продуктивних стебел), потовщувався стебло, збільшувалась асиміляційна поверхня та підвищувалася стійкість до несприятливих умов

Дослідження польових умов за останні роки, проведені підприємствами із використанням мікродобрива Сизам у порівнянні з традиційними технологіями, продемонстрували значні переваги. Було зафіксовано зростання врожайності культур на 20–50 %, розширення мікробного різноманіття та покращення родючості ґрунтів. Крім того, спостерігалося підвищення вмісту гумусу в ґрунті на 0,14 %, що є вагомим результатом, враховуючи, що природний приріст гумусу становить лише до 1 % за 100 років [78].

Вплив позакореневих підживлень мікродобривами, в яких елементи живлення представлені у хелатній формі, на процеси формування врожаю та якісні характеристики ячменю ярого в умовах південної частини Лісостепу західного залишається недостатньо вивченим. Це обумовлює як теоретичний, так і практичний інтерес до вивчення даної проблематики з метою забезпечення отримання високих і стабільних урожаїв зерна із гармонійно збалансованим елементним складом.

РОЗДІЛ 2
МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце та природно-кліматичні умови проведення досліджень

Дослідження проводилися у 2024–2025 роках в умовах «Астарта-Київ» Кам’янець-Подільського району Хмельницької області

Територія «Астарта-Київ» знаходиться в Південній частині Лісостепу західного України, що вирізняється сприятливими умовами для вирощування зернових та зернобобових культур, зокрема ячменю ярого.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом опідзоленим середньосуглинковим, сформованим на лесовидних суглинках. Цей тип ґрунту є найпоширенішим у Лісостепу та характеризується доброю структурністю, високою водоутримувальною здатністю і достатньою кількістю поживних елементів. Ці ґрунти характеризуються зернистою або грудочковатою структурою, доброю повітропроникністю і збалансованим водним та повітряним режимами. Завдяки значній кількості гумусу вони відзначаються високою ємністю поглинання та здатністю постачати рослини ключовими поживними речовинами. Рівень забезпечення основними елементами живлення – азотом, фосфором і калієм – варіюється переважно від середнього до підвищеного. Реакція ґрунтового розчину має значення pH у межах 5,5–6,5, що є оптимальним для росту й розвитку ячменю ярого, а також для формування мікробіологічної активності ґрунту.

Основні агрохімічні властивості ґрунтів місця проведення дослідження наведені нижче в (табл. 2.1).

Рівень рухомого фосфору (126 мг/кг) та обмінного калію (110 мг/кг) свідчить про хорошу забезпеченість ґрунту макроелементами.

Висока ємність катіонного обміну (25,4 мг–екв/100 г) свідчить про добру буферну здатність ґрунту, що забезпечує ефективне утримання поживних катіонів (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}) із поступовим їх віддаванням рослинам.

Таблиця 2.1

Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту (0–30 см) дослідної ділянки в«Астарта-Київ»

Показник	**Одиниця виміру**	**Значення**	**Характеристика**
Вміст гумусу (за Тюріним)	%	3,1	Середній рівень забезпечення органічною речовиною
pH сольової витяжки (pH_kCl)	-	5,6	Слабокисла реакція ґрунтового розчину
Легкогідролізований азот (N_h)	мг/кг ґрунту	88	Середня забезпеченість азотом
Рухомий фосфор (P_2O_5)	мг/кг ґрунту	126	Добра забезпеченість фосфором
Обмінний калій (K_2O)	мг/кг ґрунту	110	Добра забезпеченість калієм
Ємність катіонного обміну (ЄКО)	мг-екв/100 г ґрунту	25,4	Висока катіонообмінна здатність
Глибина орного шару	см	28	Оптимальна для польових культур
Щільність складання ґрунту	г/см³	1,25	Сприятлива для росту кореневої системи

Клімат району є помірно континентальним, з теплим і достатньо вологим літом, а також відносно м’якою зимою. Для цього регіону характерний тривалий безморозний період (160–170 діб), що дозволяє завершити повний цикл розвитку гречки. Середньорічна температура коливається в межах +7–8 °C, а вегетаційний період проходить за середньодобових температур, сприятливих для формування генеративних органів культури. Весною спостерігається поступове підвищення температури, що створює необхідні умови для вчасного висіву та рівномірних сходів.

З аналізу даних (рис. 2.1, 2.2) видно, що гідротермічні умови вегетаційного періоду протягом 2024–2025 років суттєво відрізнялися як за рівнем опадів, так і за температурним режимом. У 2025 році погодні умови виявилися надмірно вологими для вирощування ячменю ярого, зі значною кількістю опадів та прохолодною погодою, за винятком березня та липня. У

період від сівби (27 березня) до кінця квітня випало 128,2 мм опадів, тоді як середня багаторічна норма для квітня становить лише 41,2 мм. Такі умови сприяли отриманню дружніх сходів рослин. У свою чергу, 2016 рік був теплішим та більш вологим порівняно з попереднім роком, з поступовим зростанням температури. Розподіл опадів по вегетаційному періоду був рівномірним, що захистило рослини від нестачі вологи у критичні періоди їх росту та розвитку. Аналіз температурних показників протягом двох років спостереження свідчить про значні відхилення від середньобагаторічної норми впродовж усього вегетаційного періоду культури.

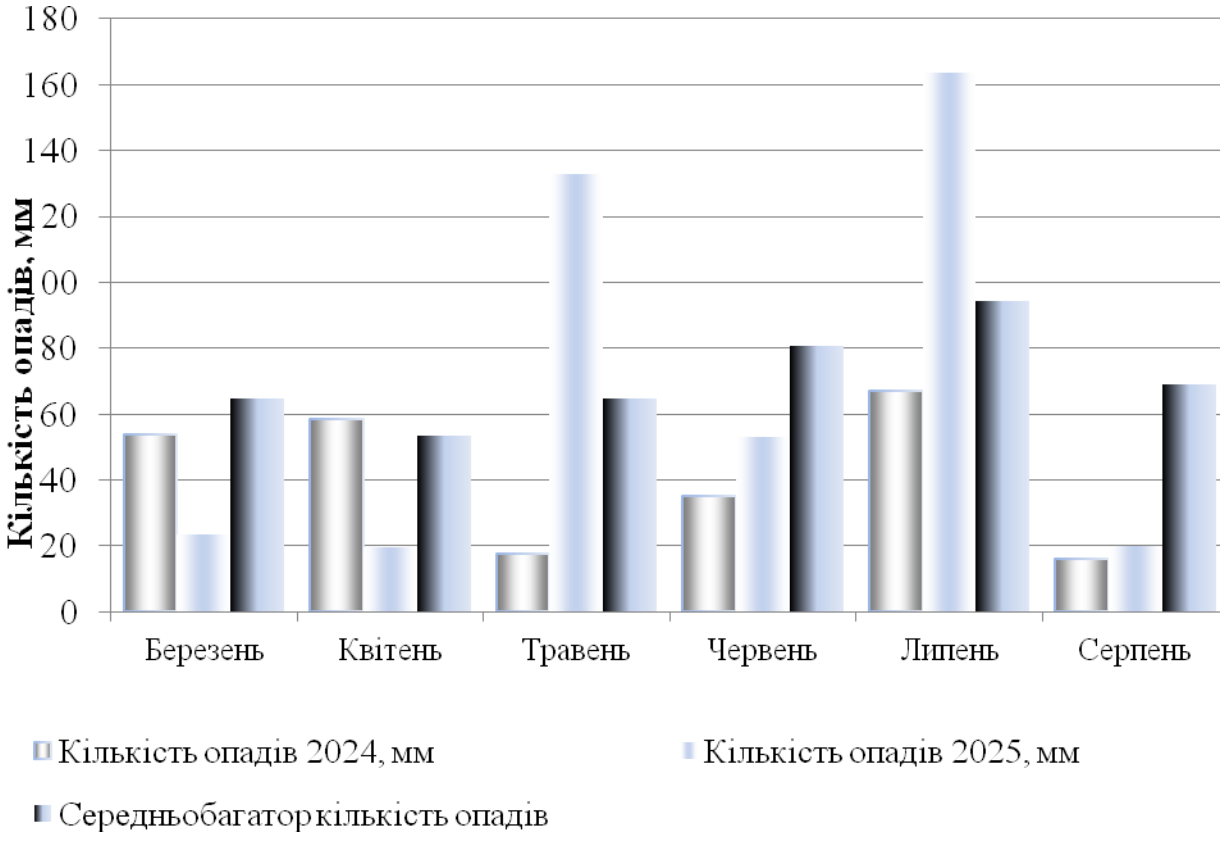

Рис 2.1. Кількість опадів за 2024–2025 рр., порівняно з середніми багаторічними значеннями, мм

У 2024 році відзначався підвищений температурний фон протягом усієї вегетації (+2,1 °C від норми), що призводило до пришвидшеного зростання ячменю ярого.

Натомість 2025 рік, із температурою нижчою за норму (–0,58 °C),

уповільнював початкові стадії розвитку культури,

У квітні випало 48,1 мм опадів, що на 6,9 мм перевищує середню багаторічну норму. Це забезпечило сприятливі умови для росту та розвитку рослин ярих культур. Однак погодні умови 2017 року були менш сприятливими порівняно з попередніми роками — спостерігалася посуха в березні, травні та червні. Весняний період перед сівбою ячменю ярого (березень) відзначився недостатньою кількістю опадів, які склали лише 11 мм, або 26,7 % від багаторічної норми. Середня температура повітря у березні варіювалася від 5,3 до 5,8 ºС, а ґрунт на глибині 10 см у третій декаді місяця прогрівався до показників від 5,1 до 9,0 ºС. Вегетаційний рік 2015 був холодним і вологим до середини травня у порівнянні з багаторічними спостереженнями. У період "сівба–сходи", знижені нічні температури повітря до –2 °С і ґрунту до –3,2 °С затримали появу сходів, які зафіксували лише на шістнадцяту добу після сівби.

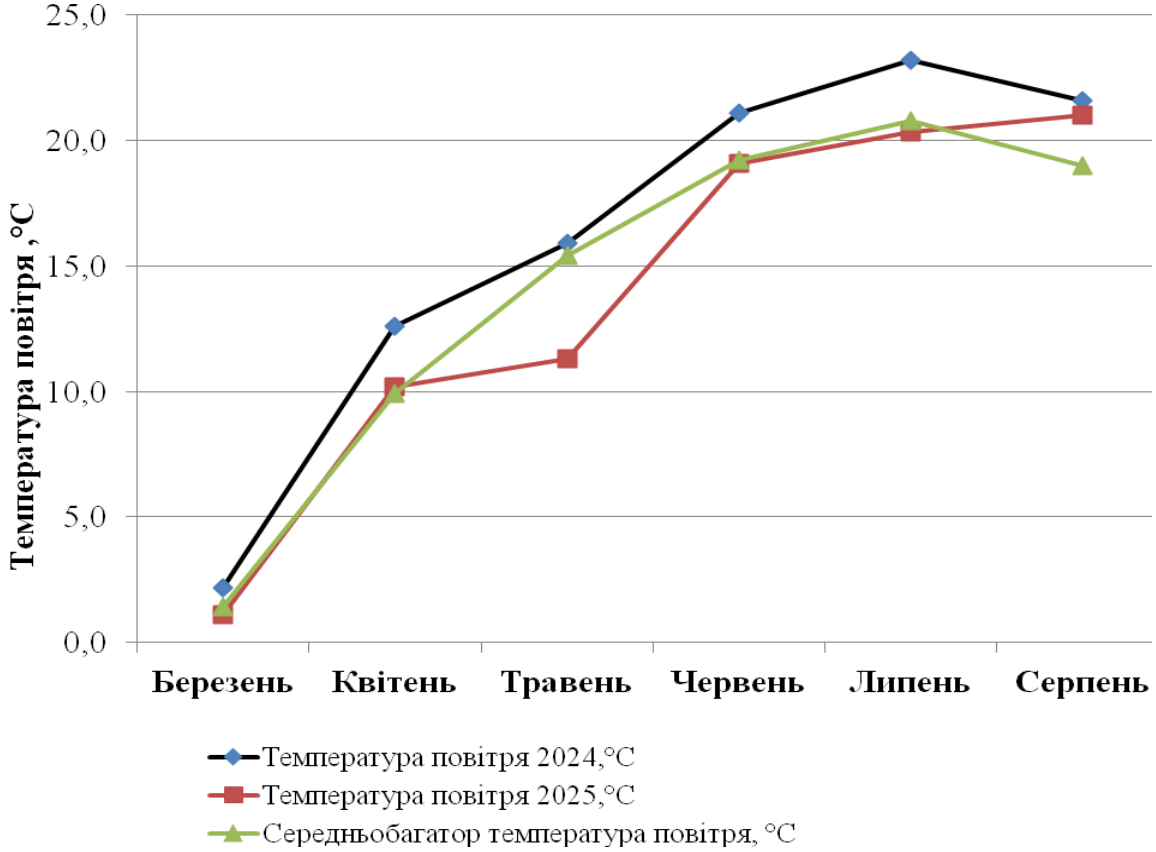

Рис 2.2. Температура 2024–2025 рр., порівняно з середніми багаторічними значеннями, мм

У квітні кількість опадів становила 128 мм, що втричі перевищує середній багаторічний показник у 41,2 мм. Ця сприятлива ситуація позитивно вплинула на ріст і розвиток рослин ячменю ярого. Середньомісячна відносна вологість повітря досягла оптимального рівня 69,8 %. Проте під впливом зростання температур запаси продуктивної вологи в посівах ячменю ярого почали зменшуватись, а ґрунтова поверхня пересохла, утворивши глибокі тріщини. До кінця травня дощі покращили стан посівів; за цей період випало 49,5 мм опадів, що на 2 мм більше за багаторічну норму. Середньомісячна відносна вологість повітря становила 67,9 %. Протягом першої декади червня температурний режим залишався досить посушливим. У цей період у посівах ячменю ярого спостерігалась фаза молочної стиглості. Зниження температури до позначки 15–16 °С у поєднанні з наявністю продуктивної вологи в орному шарі позитивно вплинуло на процес наливу зерна. Достигання зерна відбувалось за сприятливих умов, проте повна стиглість настала на 8–10 діб пізніше у порівнянні з 2014 роком. Загальний період вегетації ячменю ярого склав 91 добу.

У цілому, погодні умови в роки проведення досліджень (2024–2017) характеризувалися значними коливаннями гідротермічних показників, проте загалом були сприятливими для росту, розвитку та формування врожайності ярого ячменю в зоні південної частини Лісостепу західного.

2.2. Методика досліджень

Під час проведення спостережень і досліджень дотримувалися спеціалізованих методичних рекомендацій ДУ Інститут зернових культур НААН [79, 80, 81]. Основним підходом до проведення досліджень слугували польові та лабораторно-польові експерименти. Агротехніка вирощування ячменю ярого у досліді здійснювався згідно із зональними рекомендаціями. Усі технологічні заходи на дослідних ділянках виконували своєчасно, що забезпечило отримання достовірних результатів досліджень [82–83].

Закладали двох факторний польовий дослід:

Дози мінеральних добрив	Листкове підживлення
$P_{45}K_{45}$	Контроль
$N_{30}P_{45}K_{45}$	
$N_{60}P_{45}K_{45}$	
$N_{90}P_{45}K_{45}$	
$P_{45}K_{45}$	Мікро–Мінераліс Зернові – 1,5 л/га
$N_{30}P_{45}K_{45}$	
$N_{60}P_{45}K_{45}$	
$N_{90}P_{45}K_{45}$	

У польових дослідженнях розміщення варіантів здійснювалося систематично, із триразовою повторністю. Розмір дослідних ділянок становив 40 м², облікова площа – 25 м².

З метою об'єктивного аналізу процесів росту, розвитку й формування продуктивності рослин ярого ячменю виконувалися наступні спостереження та дослідження:

1. Проводили фенологічні спостереження за основними фазами росту та розвитку рослин (сходи, кущіння, вихід у трубку, колосіння, цвітіння, молочна, воскова та повна стиглість зерна). Початок кожної фази визначали за настаннями її у 10-15% рослин, а повну фазу – у 75% і більше.
2. Візуально оцінювали стан посівів протягом вегетаційного періоду, звертаючи увагу на загальний стан рослин та вплив різних факторів.
3. Визначення польової схожості та густоти рослин виконували після появи повних сходів за пробами на діагональних майданчиках у двох повтореннях.

Польову схожість розраховували за формулою:

В% = (а * 100) / с,

де а – кількість сходів на м²;

с – кількість фактично висіяного насіння на м².

Облік густоти стояння і виживаність виконували через чотириразові вимірювання в постійно визначених площах (0,25 м²) у фазах кущіння, виходу у трубку, колосіння та повної стиглості зерна.

4. Динаміку накопичення сухої речовини досліджували за фенологічними фазами. Зразки брали з площі 0,25 м² у чотирьох місцях ділянок. Зібрані рослини сушили при температурі 105°С і розраховували їх на абсолютно суху масу.
5. Збиральну густоту стояння й структурні елементи урожаю оцінювали через лабораторний аналіз снопових зразків з двох повторень кожної ділянки у фазі повної стиглості.
6. Урожайність враховували шляхом суцільного скошування та обмолоту зерна з облікової площі комбайном Sampo-500. Отримані дані коригували на стандартну вологість.
7. Масу 1000 зерен визначали шляхом зважування двох наважок по 500 зерен, використовуючи ваги з точністю до 0,1 г. Отримані результати перераховували на масу 1000 зерен і розраховували середнє значення. Після цього середню масу 1000 зерен адаптували до стандартної вологості 14 % згідно з вимогами ДСТУ 4138-2002.
8. Економічну ефективність вирощування ячменю ярого оцінювали на основі технологічних карт та спеціальної методики. При аналізі враховували актуальні рекомендації, беручи до уваги ціни маркетингового року 2025.
9. Статистичний аналіз, узагальнення та оцінку отриманих даних експериментальних польових і лабораторних досліджень виконували за допомогою сучасних методів дисперсійного аналізу, використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення на персональному комп'ютері.

2.3. Характеристика сорту та мікродобрива

Шестирядний сорт ярого ячменю Геліос.

Призначений для інтенсивних технологій вирощування.

Рекомендований для вирощування в зоні Степу, Лісостепу та Полісся.

Середній урожай 50,8-55,1 ц/га, потенційна врожайність сорту – 89 ц/га.

Висока посухостійкість обумовлена генетично контрольованим показником СОД-з2 сухо-, соле – і кислотостійкості.

Забезпечує стабільний урожай за різних строків настання весни і в різних широтних зонах.

Загальна характеристика сорту –посівний ярий ячмінь Геліос:

- кущ прямостоячий, висота рослин 70-80 см, лист неопушеный, зелений;
- початок колосіння – ранній;
- колос має більше 2-х рядів (шестирядний), 8-10 см, неламкий, зерно велике, видовжено-овальної форми, жовте, уровненное;
- маса 1000 насінин – 47,8-49,9 гр.

Агрономічна характеристика.

Сорт інтенсивного типу, середньостиглий — 90-93 дня. Напрям використання – зерновий.

Сорт характеризується: (по 10 бальній системі)

– високою продуктивністю (7-9 балів)

– посухостійкістю (7-9 балів)

– стійкість до вилягання (7-9 балів)

– високою стійкістю до осипання (9 балів)

– груповою стійкістю до летючої та кам'яної сажкам, карликової іржі, борошнистої роси, гельмінтоспоріозу

– чуйністю на внесення добрив (внесення аміачної селітри 180-200 кг/га збільшує врожайність на 10-15 ц/га).

Норма висіву: ≈ 180-200 кг/га (100% схожих насінин 4,0-4,5 млн/га).

Агротехніка звичайна для зони вирощування.

Мікро-Мінераліс (Зернові) – це рідке комплексне мікродобриво, вироблене за новітніми нанотехнологіями, яке містить мікро- та

макроелементи в легкодоступній формі необхідні для росту і розвитку зернових культур.

СКЛАД мікродобрива Мікро-Мінераліс (Зернові), амонійно-карбоксилатних комплексонів, %

Mo	Mg	Mn	Cu	Co	Fe	Zn	B	N
0,08	4,2	2,2	0,4	0,017	1,8	2,1	0,2	4,0

Переваги

Завдяки новітній технології виробництва, мікро- та макро- елементи, які входять до складу **Мікро-Мінераліс (Зернові)**, суттєво прискорюють ферментні реакції, пожвавлюють обмін речовин, покращують інтенсивність дихання та біо- і фотосинтез;

Поверхневий електричний заряд активних частинок металів забезпечує відмінне прилипання до поверхонь і швидке проникнення їх у клітини рослин;

Позакоренева обробка мікродобривом Мікро-Мінераліс (Зернові) підвищує морозостійкість та зимостійкість рослин, стимулює їх ріст та розвиток, посилює резистентність та стресостійкість, збільшує урожайність та якість отриманої продукції.

Застосування. Позакореневе підживлення. Мікро-Мінераліс (Зернові) краще проводити заздалегідь, ще до появи симптомів дефіциту елементів мінерального живлення та в критичні фази росту та розвитку рослин, коли дефіцит елементів живлення може призвести до найбільших втрат врожаю та погіршення показників його якості.

Норми витрат препарату Мікро-Мінераліс (Зернові)

Культура, що обробляється	Норма витрат препарату	Фаза розвитку культури	Максимальна кількість обробок
Пшениця, ячмінь, жито, овес, інші	1,0-1,5 л/га	фаза кущення, фаза виходу в трубку, початок молочної стиглості зерна	3

РОЗДІЛ 3
РІСТ ТА РОЗВИТОК ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ (РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ)

3.1. Польова схожість насіння і густота стояння рослин залежно макро та мікродобрив

Варто звернути увагу, що висока лабораторна схожість насіння (96–98 %) не завжди гарантує дружніх і повноцінних сходів у польових умовах. Низька польова схожість насіння спричиняє не лише зрідження посівів, а й ослаблення сходів, що, своєю чергою, негативно впливає на врожайність. Зниження польової схожості на 1 % зменшує врожайність зерна на 0,15–0,20 т/га [84].

Польову схожість насіння визначали безпосередньо в польових умовах, і вона залежала від комплексу агротехнічних та екологічних чинників. Результати досліджень свідчать, що суттєвий вплив на цей показник мають ґрунтові й погодні умови в період проростання насіння (табл. 3.1). Умови, які допомагають забезпечити належний рівень доступу до вологи для посіяного насіння, сприяють підвищенню його польової схожості на 10–20 %, що у свою чергу збільшує врожайність зернових культур на 0,3–0,5 т/га [85].

Таблиця 3.1

Польова схожість насіння ячменю ярого залежно від мінеральних добрив та мікродобрив, % (середнє 2024–2025 рр.)

Дози мінеральних добрив	Польова схожість, %			
	2024 рік	2025 рік	середнє	
			%	±d
$P_{45}K_{45}$	82,8	86,4	84,6	
$N_{30}P_{45}K_{45}$	83,5	86,9	85,2	0,6
$N_{60}P_{45}K_{45}$	84,5	87,7	86,1	1,5
$N_{90}P_{45}K_{45}$	84,8	88,4	86,6	2,0

За результатами дослідів було встановлено, що під впливом погодних

умов і добрив польова схожість ячменю ярого змінювалася в межах 82,8–88,4% залежно від обраного варіанту. У варіанті $N_{30}P_{30}K_{30}$, в середньому за досліджувані роки схожість підвищувалася на 0,6 %. Подальше збільшення азотних доз добрив N_{60} та N_{90} призвело до зростання даного показника на 1,5% та 2 %, відповідно.

Протягом вегетаційного періоду було зафіксовано поступове зменшення густоти рослин ячменю ярого внаслідок природного випадання рослин, що можна пояснити впливом як біотичних, так і абіотичних факторів навколишнього середовища. На стадії дозрівання густота посівів знижувалася, і залежно від умов досліду вона становила 264-294 шт./м² (Табл. 3.2.).

Таблиця 3.2

Вплив мінеральних добрив та мікродобрив за листкового внесення на виживаність рослин ячменю ярого (середнє за 2024-2025 рр.)

Дози мінеральних добрив	Густота рослин, шт/м^2				Виживаність на період збирання, %		
	до сівби		на період збирання				
	1*	2*	1	2	1	2	±d
$P_{45}K_{45}$	329	334	264	277	80,3	83,0	2,6
$N_{30}P_{45}K_{45}$	333	335	273	283	82,0	84,4	2,4
$N_{60}P_{45}K_{45}$	336	340	281	290	83,6	85,3	1,8
$N_{90}P_{45}K_{45}$	339	336	291	294	85,8	87,4	1,7

Дослідженнями встановлено, що застосування мінеральних добрив позитивно впливало на їх виживаність протягом вегетаційного періоду. Так за внесення добрив в дозі $N_{30}P_{45}K_{45}$ виживання рослин було на 1,7 % вищим за контроль, при $N_{60}P_{45}K_{45}$ на 3,3 %, та при максимальній дозі перевищило на 5,5 %. Збільшення виживання зумовлено тим, що рослини ячменю ярого, які отримують достатню кількість елементів живлення, здатні розвивати більш потужну кореневу систему, накопичують значну вегетативну масу і підвищують стійкість до несприятливих умов середовища.

За листкового підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові виживання рослин ячменю ярого зросло на 1,7–2,6 %.

Таким чином, найкращі умови для забезпечення високого рівня збереження рослин, які досягають господарської стиглості, спостерігалися у варіантах досліду, де застосовували мінеральні добрива в дозі $N_{90}P_{45}K_{45}$ та проводили листкове підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові на початку фази виходу в трубку.

3.2. Тривалість міжфазних і вегетаційного періодів рослин

У процесі вегетації рослина проходить різні етапи органогенезу, під час яких змінюються її розміри, зовнішній вигляд, а також формуються нові органи, що збільшуються у процесі росту рослини [86].

Проміжок часу між двома послідовними фазами розвитку рослин називається міжфазним періодом. Встановлено, що міжфазний період від виходу в трубку до колосіння є одним із найважливіших у житті зернових культур. У цей період у рослин відбувається найбільший приріст вегетативної маси, що викликає підвищену потребу у воді. За результатами досліджень, оптимальні умови для росту і розвитку рослин забезпечуються за наявності таких запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту: на легких ґрунтах це 70 мм, а на важких – 150 мм. При цьому перевищення запасів вологи понад 150 мм спричиняє посилений розвиток хвороб і вилягання рослин. Задовільним рівнем продуктивної вологи для цього етапу є 50–70 мм, а недостатніми запасами – 30–50 мм [87–88].

Проведені нами фенологічні спостереження показали, що на тривалість вегетаційного періоду розвитку ячменю ярого впливали досліджувані елементи технології (дози мінеральних добрив та листкове підживлення мікродобривами). Найбільш тривалим вегетаційний період був на варіантах досліду $N_{90}P_{45}K_{45}$ та листкового підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові на початку фази виходу в трубку і становив 95 діб (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Тривалість основних міжфазних періодів розвитку рослин ячменю ярого (діб) залежно від доз мінеральних добрив та листкового підживлення мікродобривами (середнє 2024–2025 рр.)

Дози мінеральних добрив	Листкове підживлення	Період вегетації					
		сівба – повні сходи	сходи-кущіння	кущіння-вихід в трубку	вихід в трубку-колосіння	колосіння-повна стиглість	повні сходи – повна стиглість
$P_{45}K_{45}$	Контроль	12	13	19	25	30	86
$N_{30}P_{45}K_{45}$		11	14	20	26	31	90
$N_{60}P_{45}K_{45}$		11	14	20	26	31	90
$N_{90}P_{45}K_{45}$		11	14	20	27	31	91
$P_{45}K_{45}$	Мікро–Мінераліс Зернові – 1,5 л/га	12	13	19	27	30	89
$N_{30}P_{45}K_{45}$		11	14	20	27	31	92
$N_{60}P_{45}K_{45}$		11	14	20	28	32	93
$N_{90}P_{45}K_{45}$		11	14	20	28	32	93

При збільшенні доз азотних добрив спостерігалось збільшення тривалості вегетаційного періоду на 4–5 діб та на 2–3 доби при внесенні Мінералес зернові.

Проведені дослідження показали, що тривалість міжфазних періодів розвитку рослин ячменю ярого змінювалася залежно від року проведення досліджень і були обумовлені сумою активних температур, рівнем вологості ґрунту та інтенсивністю сонячної радіації. У середньому за період 2024–2025 років сходи з'являлися на 11–12 діб після сівби.

Рослини починали кущитися через 13–14 днів після повних сходів, а до виходу в трубку з моменту початку кущіння проходило ще 19–20 діб.

Період від виходу в трубку до колосіння тривав 25–28 діб. Ячмінь ярий починав значно більш активно реагувати на досліджувані фактори, починаючи з фази виходу в трубку. Зокрема, на варіантах досліду де застосовували мінеральні добрива у дозах $N_{30\text{-}90}P_{45}K_{45}$ та обприскували

рослини Мінералес зернові, період від виходу в трубку до колосіння тривав на 1–2 доби довше порівняно з варіантом без внесення мікродобрива. Водночас, у варіанті з внесенням тих самих доз добрив, але без обприскувань, цей період подовжувався теж на 1-2 доби відповідно.

Таким чином, збільшення доз мінеральних добрив дозволило продовжити вегетаційний період росту і розвитку рослин ячменю ярого на 4–5 діб, тоді як листкове підживлення рослин на 2–3 доби.

3.3. Ріст і розвиток рослин ячменю ярого у висоту, наростання надземної біомаси залежно від досліджувних факторів

Формування високого врожаю сільськогосподарських культур значною мірою залежить від здатності рослин накопичувати надземну вегетативну масу. Багаторічні дослідження науковців показали, що висота рослин зернових культур відіграє ключову роль у забезпеченні важливих господарських і біологічних функцій протягом їхнього онтогенезу. Крім того, цей показник тісно пов’язаний з низкою інших характеристик, зокрема здатністю рослин засвоювати поживні елементи, стійкістю до вилягання, а також рівнем урожайності й якістю зерна [89].

Визначення параметрів висоти рослин на окремих етапах їхнього росту та розвитку дозволяє оцінити вплив досліджуваних факторів на життєдіяльність культури. Одним із ключових елементів, який впливає на збільшення висоти рослин, є забезпечення їх відповідним живленням протягом вегетаційного періоду [90].

Проведені нами фенологічні спостереження та біометричні вимірювання продемонстрували, що застосування різних доз азотних добрив по-різному позначилося на збільшення висоти ячменю ярого. Окрім того, значний вплив на висоту рослин спричинили погодні умови у роки досліджень. У посушливі періоди з недостатньою кількістю опадів 2024 року, у фазі повної стиглості ячмінь формував меншу висоту порівняно зі сприятливими за рівнем вологозабезпечення 2025 роком. Проте прохолодний

період травня 2025 року також мав негативний вплив на ростові процеси ячменю ярого.

У середньому за два роки спостережень, на контрольному варіанті, де без внесення азотних добрив, сорт Геліос формував висоту 73,6 см, що стало найнижчим показником серед усіх варіантів досліджень (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Динаміка висоти рослин ячменю ярого залежно від мінерального живлення (середнє за 2024-2025 рр.), см

№п/п	Дози мінеральних добрив	Фаза розвитку рослин ячменю ярого					
		кущіння		вихід у трубку		колосіння	
		1*	2*	1	2	1	2
1	$P_{45}K_{45}$	29,2	29,3	47,8	48,1	72,3	73,6
2	$N_{30}P_{45}K_{45}$	30,1	30,8	48	49,6	74,1	75,9
3	$N_{60}P_{45}K_{45}$	30,7	31,4	50,6	51	77,4	78,1
4	$N_{90}P_{45}K_{45}$	31,4	32,3	52,4	52,1	78,2	78,6

1* – контроль (без внесення мікродобрив); 2** – листкове підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові – 1,5 л/га.

При внесенні азотних добрив спостерігається тенденція до збільшення висоти рослин упродовж всієї вегетації ячменю ярого. Так у фазі кущення висота на варіанті $N_{30}P_{45}K_{45}$ переважала контроль на 0,9 см, $N_{60}P_{45}K_{45}$ – 1,5 см, $N_{90}P_{45}K_{45}$ – 2,2 см.

Збільшення висоти рослин залежно від доз добрив зберігалась і в послідуючі періоди вегетації культури. Зокрема в фазі виходу в трубку ячменю ярого різниця за внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$ становила 1,1 см, $N_{60}P_{45}K_{45}$ – 2,8 см, $N_{90}P_{45}K_{45}$ – 4,6 см, у фазі колосіння – 2,6, 5,1, 5,9 см відповідно.

Листкове підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові – 1,5 л/га вносили в фазі виходу в трубку, тому вплив даного агроприйому можна простежити в фазі колосіння. У всіх варіантах відмічалось збільшення висоти рослин на 2,0–3,3 см. Найбільший приріст був на варіанті де азотні добрива

не вносились (3,3 см), на варіанті $N_{30}P_{45}K_{45}$ – 3 см, $N_{90}P_{45}K_{45}$ – 2,1 см.

Таким чином, позитивний вплив азотних добрив при вирощуванні ячменю ярого сорту Геліос спостерігали на протязі всього вегетаційного періоду. За підживлення Мікро–Мінераліс Зернові – 1,5 л/га у фазу виходу в трубку отримано приріст ячменю ярого на 2,0–3,3 см.

У процесі життєдіяльності рослинного організму на різних етапах його росту і розвитку, формується і накопичується суха речовина, що є важливим результатом біологічної активності та формується під впливом конкретних умов навколишнього середовища. Особливістю цього процесу є те, що інтенсивність утворення сухої речовини має характерну специфіку для кожного окремого виду або сорту рослин [91, 92].

Накопичення органічної речовини рослинами протягом вегетаційного періоду є важливим показником їх продуктивності. Особливу роль у цей час відіграє процес трансформації продуктів фотосинтезу та темпи накопичення органічних сполук, що набувають особливого значення під час формування зернівок і наливу зерна. У цей період підсистеми, відповідальні за формування і запасання речовин, перебувають у тісній взаємодії, а врожайність зерна стає результатом злагодженої роботи зернівок та фотосинтезуючого апарату [93, 94].

Порушення мінерального живлення призводить до зменшення інтенсивності накопичення органічних речовин як усією рослиною, так і окремими її органами. При цьому один із ключових факторів, який значною мірою впливає на кількісну і якісну складову накопичення сухої речовини в рослинних тканинах, – це рівень мінерального живлення, та листкове підживлення мікродобривами. Такий комплекс умов створює оптимальні можливості для підвищення продуктивності ростових процесів і забезпечення необхідного балансу органічних накопичень.

Встановлено, що в рослин ячменю ярого інтенсивне накопичення органічної речовини відбувається синхронно зі збільшенням листкової

поверхні до фази колосіння. Процес накопичення органічних речовин тривав до стадії молочно-воскової стиглості зерна.

Мінеральні добрива сприяли активному накопиченню органічної речовини в рослинах ячменю. На фоні $N_{30}P_{45}K_{45}$ суха маса рослин вже у фазі кущення збільшилася на 20,3 – 20,5 г/м^2, $N_{60}P_{45}K_{45}$ – 34,5 – 35,4 г/м^2 та на фоні $N_{60}P_{60}K_{45}$ на 44,0–44,5 г/м² порівняно з контролем (Табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Динаміка накопичення органічної речовини посівами ячменю ярого залежно від доз мінеральних добрив та листкового внесення мікродобрив, г/м^2 (середньому за 2024-2025 рр.)

№п/п	Дози мінеральних добрив	Фаза розвитку рослин ячменю ярого					
		кущіння		вихід у трубку		колосіння	
		1*	2**	1	2	1	2
1	$P_{45}K_{45}$	71,2	71,5	86,7	86,6	584,2	639,2
2	$N_{30}P_{45}K_{45}$	91,4	91,7	117,7	116,9	785,0	831,6
3	$N_{60}P_{45}K_{45}$	106,6	105,7	130,1	130,9	807,8	844,2
4	$N_{90}P_{45}K_{45}$	115,2	115,6	137,3	140,8	843,1	880,6

1* – контроль (без внесення мікродобрив); 2** – листкове підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові – 1,5 л/га.

В фазу вихід у трубку при збільшенні дози азоту N_{30} накопичення органічної речовини зросло: на 35,7–36,5 г/м², при збільшенні N_{60} на 49,3 – 49,7 г/м², при N_{90} на 50,6 – 54,2 г/м².

Дослідженнями також відмічено збільшення сухої маси органічної речовини ячменю ярого при листковому підживленні мікродобривом Мінералес зернові. У фазі колосіння накопичення органічної речовини порівняно з варіантами без внесення перевищували на 37,5–55 г/м² залежно від варіанту удобрення.

Максимальні показники накопичення органічної речовини у сорту Геліос були отримані у фазі молочно–воскової стиглості та становили 604,4–1051,7 г/м² (рис. 3.1).

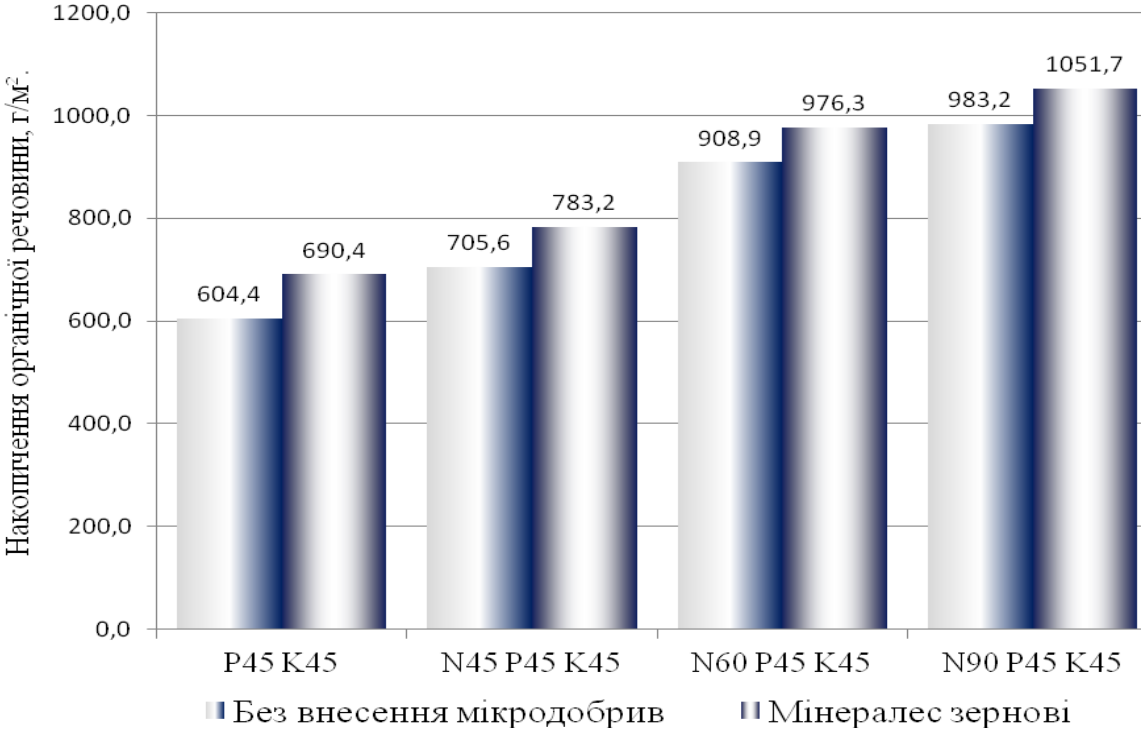

Рис. 3.1. Накопичення органічної речовини посівами ячменю ярого залежно від доз мінеральних добрив та листкового підживлення мікродобривами, фаза молочно–воскової стиглості, г/м^2 (середнє 2024-2025 рр.)

Внесення мікродобрива Мікро–Мінераліс Зернові сприяло більшому накопиченню органічної речовини у фазі молочної стиглості від 68 до 86 г/м. Максимальний показник 1051,7 г/м² відмічено на варіанті $N_{90}P_{45}K_{45}$ та листковим підживленням мікродобривом.

3.4. Формування елементів структури врожайності та урожайність ячменю ярого залежно від застосування добрив та листкового підживлення.

Підвищення врожайності агрофітоценозів ячменю ярого, тобто досягнення оптимального числа продуктивних стебел, визначається раціональним використанням ґрунтово-кліматичного потенціалу регіону, впровадженням селекційних інновацій та застосуванням інтенсивних

технологій вирощування. Деякі дослідники зазначають, що параметри оптимальної щільності продуктивного стеблостою не є фіксованими величинами для кожного сорту або культури.

Кількість продуктивних стебел на одиницю площі залежить від кількості висіяних рослин і рівня їх кущення. Забезпечення оптимальної щільності продуктивного стеблостою до моменту збору врожаю є ключовою умовою інтенсивного ведення зернових культур.

Щільність продуктивного стеблостою визначає до 50-60 % і більше рівня загальної врожайності. Дослідженнями [28], проведених на темно-сірих лісових ґрунтах, встановлено, що максимальна врожайність ячменю ярого сорту Дружба – 6,93 т/га – була досягнута у сприятливі за погодними умовами роки при щільності продуктивного стеблостою 968 шт./м^2. Для сорту Роланд врожайність склала 8,24 т/га при щільності 962 шт./м^2. Таким чином, процес формування врожайності ячменю має динамічний характер, суттєво зумовлений специфікою сорту, його потребами у технології вирощування та вимагає творчого й гнучкого підходу до визначення густоти посівів.

Результатами наших досліджень встановлено, що такі агротехнічні заходи як, рівень мінерального живлення та листкове підживлення мікродобривами мають помітний вплив на кущіння (табл. 3.6.).

Застосування мінеральних добрив суттєво впливало на інтенсивність кущіння ячменю ярого. У варіантах з удобренням показники загальної та продуктивної кущистості виявилися вищими в порівнянні з необробленими контрольними рослинами. Так на контрольному варіанті загальна кущистість становила 2,7, тоді як внесення добрив у дозах $N_{30}P_{45}K_{45}$ і $N_{60}P_{45}K_{45}$ призводило до її збільшення до 3,1 і 3,4 відповідно, що дорівнює приросту на 15–23 %. Найвища інтенсивність кущіння спостерігалася на рослинах, удобрених мінеральними добривами у дозі $N_{90}P_{45}K_{45}$. У цьому випадку коефіцієнт загального та продуктивного кущіння зростав до 3,6.

Таблиця 3.6

Вплив доз мінеральних добрив та мікродобрив за листкового внесення на загальну та продуктивну кущистість рослин ячменю ярого (середнє 2024–2025рр.)

Дози мінеральних добрив	коефіцієнт загального кущення			коефіцієнт продуктивного кущення		
	1*	2**	±d	1	2	±d
$P_{45}K_{45}$	2,7	2,9	0,2	1,6	1,8	0,2
$N_{30}P_{45}K_{45}$	3,1	3,3	0,2	2	2,1	0,1
$N_{60}P_{45}K_{45}$	3,4	3,5	0,1	2,1	2,3	0,2
$N_{90}P_{45}K_{45}$	3,6	3,7	0,1	2,3	2,4	0,1

1* – контроль (без внесення мікродобрив); 2** – листкове підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові – 1,5 л/га.

Листкове підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові забезпечило підвищення коефіцієнту загального та продуктивного кущення на 0,2, причому більш ефективна дія спостерігалась на варіантах з низчими дозами внесення добрив.

Структура врожайності відображає кількісні та якісні характеристики життєдіяльності елементів і органів рослини, які визначають обсяг врожаю та демонструють взаємодію організму зі середовищем на різних етапах росту і розвитку. При аналізі даного показника можливо зрозуміти складові кількості врожаю, а при синтезі – визначити, завдяки яким елементам та їхньому внеску формується високий врожай. Структура врожайності також дає змогу встановити закономірності формування врожаю та простежити залежність від різноманітних факторів зовнішнього середовища, впливу несприятливих погодних умов, а також таких чинників, як хвороби, бур'яни, шкідники тощо [95, 96].

Ключовими складовими структури врожайності зерна ячменю ярого є довжина колоса, кількість зерен у колосі, маса тисячі зерен та маса зерна з одного колоса. Збільшення врожайності ячменю ярого можна досягти

шляхом підвищення продуктивності колоса за рахунок регулювання процесів органогенезу конуса наростання за допомогою застосування добрив [72].

Результати наших досліджень показали, що довжина колосу закономірно збільшується зі зростанням рівня добрив. Видовження колоса відбувалося завдяки утворенню більшої кількості колосків, що стало наслідком покращення умов росту, особливо завдяки поглинанню азоту рослинами на третьому етапі органогенезу. Так на контрольному варіанті ($P_{45}K_{45}$), довжина колосу досягала відповідно 7,6 см. Збільшення внесення мінеральних добрив підвищувало вказаний показник до 7,9 – 9,4 см залежно від дози добрив (Табл. 3.7)..

Таблиця 3.7

Показники структури врожайності ячменю ярого сорту Геліос залежно від застосування добрив і листкового підживлення (середнє за 2024–2025 рр.)

Дози мінеральних добрив	Листкове підживлення	Коеф. прод. кущіння	Довжина колоса, см	К-ть зерен у колосі, шт	Маса 1000 зерен, г	Маса зерна з колоса, г
$P_{45}K_{45}$	Контроль	574,0	7,6	19,4	0,77	39,7
$N_{30}P_{45}K_{45}$		585,0	7,9	21,2	0,86	40,6
$N_{60}P_{45}K_{45}$		591,0	9,3	22,1	0,89	40,3
$N_{90}P_{45}K_{45}$		597,0	9,4	22,5	0,93	41,3
$P_{45}K_{45}$	Мікро–Мінераліс Зернові 1,5 л/га	582,0	8,2	20,5	0,83	40,5
$N_{30}P_{45}K_{45}$		593,0	8,6	22,2	0,93	41,9
$N_{60}P_{45}K_{45}$		603,0	9,6	23,7	0,98	40,7
$N_{90}P_{45}K_{45}$		613,0	9,7	24,2	1,00	41,4

За внесення мікродобрива Мікро–Мінераліс Зернові спостерігалось зростання довжини колоса на 0,3–0,7 см, причому більша ефективність була за менших доз внесення добрив. Найвищу довжину колоса (9,7 см) було

відмічено на фоні внесення $N_{90}P_{45}K_{45}$ та листкового підживлення Мікро–Мінераліс Зернові

Слід зазначити, що довжина колосу здебільшого не має прямого впливу на загальну врожайність. Продуктивність колоса більше залежала від структурних елементів, таких як кількість колосків та квіток у них, а також озерненість.

Одним із важливих показників структури врожаю є маса зерна з одного колоса, що залежить від маси зернівки. На цей показник впливають передусім умови росту і терміни переходу рослин у більш пізні фази вегетації. Важливу роль у формуванні врожаю відіграє внесення азотних добрив. Літературні джерела також підтверджують, що мінеральні добрива забезпечують кращу реалізацію потенціалу продуктивності колоса за кількістю зерен і масою зернівки [64, 97].

Результати наших досліджень показали, що в контрольному варіанті кількість зерен у колосі та маса зерна залишалися найнижчими – 19,4, та 20,5 шт за листкового підживлення. Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{45}K_{45}$ підвищувало дані показники відповідно на 1,8, 2,7, 3,1 шт., та при листковому підживленню на 1,7, 3,2 та 3,7 шт, порівняно з ділянками контрольного варіанту

Біометричний аналіз показав, що у рослин ячменю ярого найбільшу кількість зерен у колосі (24,2 шт) та масу зерна з колосу (1,0 г) отримали на варіантах досліду, за внесення мінерального добрива у дозі $N_{-90}P_{45}K_{45}$ та листкового підживлення мікродобривом Мінералес зернові.

За даними двохрічних досліджень, найменша маса 1000 зерен була зафіксована на контрольному варіанті – 39,7 г. Найвищі показники маси 1000 зерен були отримані при внесенні добрив у дозі $N_{90}P_{45}K_{45}$ та листкового підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові і сановили 41,3 г.

Водночас було встановлено, що поєднання підвищених доз мінеральних добрив ($N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{45}K_{45}$) із листковим підживленням

мікродобривами спричиняло незначне зниження маси 1000 зерен порівняно з добривами без їхнього застосування.

Урожайність зерна ярого ячменю є ключовим критерієм для оцінки ефективності агротехнічних заходів. Даний показник найбільш чітко демонструє вплив умов вирощування на зростання та розвиток рослин протягом онтогенезу.

Результати дослідів показали, що вирощування сортів ячменю ярого Геліос без застосування мінеральних добрив та позакореневого підживлення рослин забезпечувало їх урожайність на рівні 3,92–4,05 т/га. Зі збільшенням дози мінеральних добрив урожайність зерна ячменю поступово зростала: за внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$ вона додатково збільшувалася на 0,92 та 1,07 т/га, за $N_{60}P_{45}K_{45}$ – на 1,06 та 1,24 т/га, а за $N_{90}P_{45}K_{45}$ – на 1,33–1,54 т/га.

Таблиця 3.8

Урожайність зерна ячменю ярого залежно від доз мінеральних добрив та листкового підживлення рослин, т/га, (2024–2025 рр.)

Дози мінеральних добрив	Листкове підживлення	Урожайність, т/га				
		2024	2025	середня	±d (A)	±d (B)
$P_{45}K_{45}$	Контроль	4,16	3,68	3,92		
$N_{30}P_{45}K_{45}$		4,92	4,75	4,84	0,92	
$N_{60}P_{45}K_{45}$		5,18	4,78	4,98	1,06	
$N_{90}P_{45}K_{45}$		5,31	5,18	5,25	1,33	
$P_{45}K_{45}$	Мінералес зернові 1,5 л/га	4,41	3,7	4,05		0,13
$N_{30}P_{45}K_{45}$		5,32	4,91	5,12	1,07	0,28
$N_{60}P_{45}K_{45}$		5,46	5,11	5,29	1,24	0,31
$N_{90}P_{45}K_{45}$		5,79	5,38	5,59	1,54	0,34
$НІР_{05}$ фактор А		0,16	0,12			
$НІР_{05}$ фактор В		0,16	0,12			
Взаємодії А В		0,27	0,2			

Додатково до цього значний вплив на підвищення врожайності зерна здійснювало застосування мікродобрива Мікро–Мінераліс Зернові за

листкового підживлення. Технологія вирощування, яка включала листкове підживлення дозволила отримати урожайність зерна ячменю ярого у межах 4,05–5,59 т/га.

Аналіз частки впливу факторів, проведений на основі дисперсійного аналізу (Додаток Д), показав значимість підживлення азотними добривами (фактор А) – 40 %, частка впливу листкового підживлення (фактор В) значно менша– 14,38 % (рис.3.2).

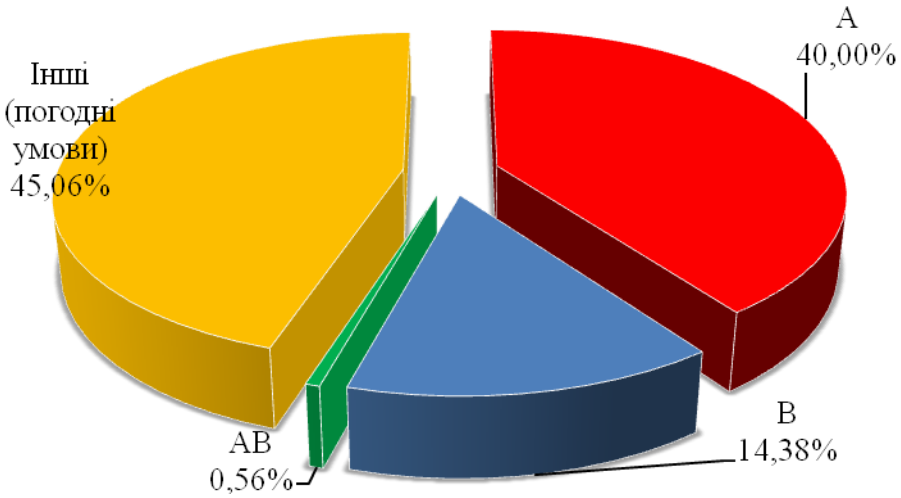

Рис. 3.2. Частка впливу факторів на біологічну урожайність ячменю ярого, 2024 –2025 рр.

Слід відмітити значний вплив «інших» факторів (45,06 %) на формування продуктивності ячменю ярого, що в першу чергу пов’язано з контрастністю погодних умов у роки досліджень.

РОЗДІЛ 4
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

Ярий ячмінь є однією з ключових зернофуражних культур в Україні. Попри потенційно високу врожайність сучасних сортів (до 6-8 т/га), середній рівень продуктивності залишається невисоким і коливається залежно від впливу різних факторів, іноді навіть до 40% і більше.

Зернове виробництво є стратегічно важливою галуззю для розвитку як сільського господарства, так і всього агропромислового комплексу України. Проте останніми роками спостерігається тенденція до зниження продуктивності ярого ячменю, що негативно позначається на економічних результатах: збільшується собівартість, зменшується умовно-чистий прибуток і рівень рентабельності виробництва культури. Це робить проблему конкурентоспроможності ячменю ярого особливо актуальною, адже вона посилюється на фоні загального зниження агротехнологічного забезпечення в сільському господарстві.

Для оптимізації витрат і підвищення ефективності виробництва були проведені розрахунки нормативних витрат. Головними економічними показниками при оцінці ефективності вирощування є: витрати на гектар, собівартість тонни продукції, прибуток з гектару і рівень рентабельності. Важливо відзначити добрив та мікродобрив, які впливають на формування продуктивності та економічної доцільності виробництва. Спільне їхнє застосування демонструє високий економічний ефект завдяки збільшенню врожайності.

Проведення детального аналізу рентабельності дозволяє виявити резерви для подальшого вдосконалення виробничих процесів. Загальні виробничі витрати становили 25715–30375 грн./га.

Рентабельність у цьому випадку сягала від 38,2 до 72,1 %. У сучасних умовах управління прибутковістю сільськогосподарського виробництва

вимагає ретельного аналізу рентабельності кожного агрозаходу. Особливо актуальним є оцінювання ефективності застосування мінеральних добрив та мікродобрив у контексті ринкової економіки в аграрному секторі. Такий аналіз допомагає підвищувати загальний рівень ефективного управління ресурсами в агровиробництві.

Таблиця 4.1

Економічна оцінка елементів технології вирощування ячменю ярого

Дози мінеральних добрив	Листкове підживлення	Урожайність, т,/га	Затрати на вирощування 1 га пшениці озимої, грн./га	Вартість урожаю, грн./га	Додатковий умовно чистий доход, грн./га	Рівень рентабельності систем захисту, %
$P_{45}K_{45}$	Контроль	3,82	25715	35526	9811,0	38,2
$N_{30}P_{45}K_{45}$		4,84	27065	45012	17947,0	66,3
$N_{60}P_{45}K_{45}$		4,98	28415	46314	17899,0	63,0
$N_{90}P_{45}K_{45}$		5,25	29765	48825	19060,0	64,0
$P_{45}K_{45}$	Мінералес зернові 1,5 л/га	4,15	26325	38595	12270,0	46,6
$N_{30}P_{45}K_{45}$		5,12	27675	47616	19941,0	72,1
$N_{60}P_{45}K_{45}$		5,29	29025	49197	20172,0	69,5
$N_{90}P_{45}K_{45}$		5,59	30375	51987	21612,0	71,2

Найбільша питома вага витрат при виробництві зерна пшениці на рівні 30% припадає на мінеральні добрива, що пояснюється істотним зростанням витрат на придбання та внесення азоту, фосфору і калію. Згідно цін на 25 листопада вартість 1 кг діючої речовини азоту (аміачна селітра) становила 45 грн., фосфору (амофос) – 75 грн. та калію (калій хлористий) – 52 грн. внесення мікродобрива Мікро–Мінераліс Зернові становила 610 грн/га.

Максимальний чистий доход на рівні 21612,00 грн/га був одержаний за внесення максимальної дози мінеральних добрив $N_{90}P_{45}K_{45}$.

РОЗДІЛ 5.
ЕКОЛОГІЯ

Особливості агроценозу як екологічної системи

Особливості агроценозу як екологічної системи Екосистема є базовою функціональною одиницею у біоекології, а поняття «екосистема» було вперше введено в науковий обіг англійським біологом А. Тенслі у 1935 році.

Систему можна визначити як упорядковану сукупність взаємопов'язаних компонентів, які утворюють цілісну єдність.

Екосистема представляє собою складний ієрархічний організм, в якому взаємодія частин призводить до формування нових якостей, що відсутні на нижчих рівнях. Це стійкий комплекс живих організмів та середовища їхнього існування, що функціонує як відкрита термодинамічна система. Вона підтримує своє існування завдяки постійному енергетичному обміну з навколишнім світом, здібна до саморозвитку і саморегуляції.

Сучасна екологічна наука виокремлює кілька типів екосистем відповідно до ступеня втручання людини:

1. Природні екосистеми, які нині залишилися переважно лише в заповідниках у країнах із високим рівнем індустріального розвитку.

2. Антропогенно-природні, які включають луки, ліси та поля. Хоча ці екосистеми складаються з природних компонентів, вони створені або регулюються людиною.

3. Антропогенні екосистеми, де домінують штучно створені об’єкти (такі як міста, промислові зони або кораблі), і яких можуть населяти лише окремі види організмів, пристосовані до специфічних умов.

Біогеоценоз є особливим гармонійно організованим утворенням, що поєднує в собі живі організми та їхнє середовище існування. Він здатний до саморегуляції та самовідновлення. Людська діяльність спричинила появу штучних біогеоценозів – агроценозів (поля, пасовища, фруктові сади тощо).

Основна відмінність агроценозів від природних біогеоценозів полягає в спрощеному видовому складі і слабкій здатності до саморегуляції.

Розміри біогеоценозів і агроценозів можуть варіювати від дуже малих (наприклад, пень або калюжа) до значних за площею територій (ліси, озера чи поля). Кожен із них має свій цикл обміну речовин, розподіл енергії сонця та рівень біомасної продуктивності. Поняття біогеоценозу в українській науці було запроваджено В. М. Сукачовим у 1940 році. У зарубіжній літературі частіше використовується термін «екосистема» із подібним значенням.

Організми всередині біогеоценозів розподіляються на три групи: продуценти (автотрофи, що синтезують органічну речовину), консументи (споживачі живої матерії) і редуценти (організми, що розкладають залишки до простих сполук). Між ними існують харчові ланцюги. Ці зв'язки забезпечують підтримку природної рівноваги – кількість хижаків і їхніх жертв стабілізується завдяки компенсації втрат через розмноження. Біогеоценози формують циклічний обіг речовин та енергії між рослинами, тваринами та середовищем. Зелені рослини переробляють сонячну енергію і мінерали з ґрунту в біомасу через фотосинтез, таким чином підтримуючи баланс кисню й вуглекислого газу в атмосфері та забезпечуючи круговорот води через транспірацію

Поїдання одних організмів іншими зазвичай не порушує сформованих історичних взаємозв’язків у екосистемах. Це зумовлено тим, що втрата членів угруповання компенсується їх розмноженням, завдяки чому між хижаками і жертвами встановлюється певний баланс. Якби такого балансу не існувало, хижаки знищили б усі свої жертви і самі загинули б через відсутність їжі.

Біогеоценоз визначається як особлива гармонійна система, що об’єднує організми та середовище існування в єдине ціле, де здійснюється постійний обмін речовин і енергії. Зелені рослини використовують енергію сонця та поживні речовини з ґрунту для фотосинтезу, утворюючи біомасу. Завдяки цьому процесу підтримується баланс вуглекислого газу та кисню в

атмосфері, а транспірація рослин сприяє кругообігу води. Енергія біомаси, створеної автотрофними організмами, є основою для існування гетеротрофів. Відмерлі організми та їхні залишки розкладаються сапрофітними тваринами і мікроорганізмами, такими як гриби та бактерії. Ці процеси забезпечують біогенну міграцію важливих елементів, як-от азоту, фосфору, калію та кальцію, які знову поглинаються рослинами з ґрунту.

На відміну від природних біогеоценозів, агроценози складаються з невеликої кількості видів, тому саморегуляція в них слабка. Це вимагає постійного втручання людини, яка для боротьби з бур'янами і шкідниками застосовує хімічні засоби, такі як гербіциди та інсектициди. Проте хімікати впливають не лише на шкідливі організми, а й на корисні види, а також можуть шкодити здоров'ю людини. Інтенсивне оброблення ґрунту руйнує його структуру. У природних біогеоценозах відмерлі організми повертають мінеральні й органічні речовини назад у ґрунт, а в агроценозах урожай збирають, що призводить до виснаження ґрунту.

Для відновлення родючості застосовують добрива, але це може спричинити забруднення довкілля. Наприклад, дощові опади вимивають добрива в водойми, що викликає інтенсивне розмноження синьо-зелених водоростей. Їх масове відмирання і гниття отруює воду, роблячи її непридатною для життя інших організмів. Щоб зменшити негативний вплив господарської діяльності, впроваджуються різні заходи: сівозміни, вирощування багаторічних кормових трав, застосування передових методів оброблення ґрунту, вирощування стійких до шкідників і хвороб сортів культур, а також використання біологічних методів боротьби з бур'янами і шкідниками. Комплексний підхід дає змогу отримувати високі врожаї без шкоди для природи.

РОЗДІЛ 6.
ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1. Виробничий травматизм у сільськогосподарському виробництві

На засіданні Національної ради з питань безпечної життєдіяльності населення було зазначено, що рівень охорони праці на підприємствах агропромислового комплексу залишається незадовільним. Щорічно в галузі сільського господарства гине понад 100 осіб. Лише за перше півріччя 2016 року загальний травматизм склав 757 постраждалих, тоді як за 8 місяців 2008 року у сфері АПК загинуло 94 особи.

Близько половини нещасних випадків спричинені неякісною організацією праці, порушенням норм безпеки, неправильною експлуатацією техніки та відсутністю профілактичних заходів щодо охорони праці.

Серед інших причин – відсутність необхідної нормативної літератури з питань охорони праці на виробництві, низький рівень кваліфікації персоналу служб охорони праці, часта ротація кадрів, а також ліквідація таких служб у районних управліннях агропромислового комплексу. Ці та інші фактори ускладнюють вирішення проблем щодо забезпечення безпеки працівників.

У звітності Державної інспекції в агропромисловому комплексі Хмельницької області наголошується на недотриманні вимог Закону України "Про охорону праці", особливо в аспекті впровадження системи управління і організації служби охорони праці та належного контролю за безпекою виробничих процесів на більшості підприємств. Зокрема, велика кількість нещасних випадків викликана недостатньою організацією навчання і проведенням інструктажів (11,5%), неналежною організацією робіт (10,6%), порушенням правил безпеки (21,7%), а також експлуатацією несправного обладнання і техніки (11,8%). Останнім часом зросла кількість випадків ураження електричним струмом та травмування осіб у стані алкогольного сп'яніння.

6.2. Проблематика пожежної безпеки Щороку в Україні виникає близько 50 тисяч пожеж, внаслідок яких гине і травмується понад 4 тисячі людей. Згідно зі статистикою, рівень смертності від пожеж становить 0,3 особи на 10 тисяч населення. Для порівняння: якщо у країнах Європи, таких як Велика Британія, Норвегія, Швеція, Австрія, Франція, Нідерланди та Швейцарія разом узятих унаслідок пожеж щороку гине близько 1700 людей, то в Україні цей показник складає 2000 осіб. За кількістю загиблих на 1000 пожеж ми маємо близько 50 осіб, що значно перевищує показники Німеччини чи США (у 20 і 30 разів менше відповідно).

Річні економічні збитки від пожеж в Україні сягають 2 мільярдів гривень, що в середньому становить близько 40 тисяч гривень на кожне займання. На сільській місцевості відбувається 56% усіх пожеж, які спричиняють 62% від загальних матеріальних втрат. Вогонь завдає великої шкоди сільському господарству, знищуючи або пошкоджуючи виробниче обладнання, техніку, врожаї сільськогосподарських культур, склади продукції і насіння, корми; трапляються також випадки загибелі худоби і птиці. Безпосередньо в межах сільськогосподарських об'єктів щорічно виникає понад 5 тисяч пожеж. Водночас значна частка займань, близько 70–80%, припадає на житловий

ВИСНОВКИ

1. Найкращі умови для забезпечення високого рівня збереження рослин, які досягають господарської стиглості, спостерігалися у варіантах досліду, де застосовували мінеральні добрива в дозі $N_{90}P_{45}K_{45}$ та проводили листкове підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові на початку фази виходу в трубку.
2. Збільшення доз мінеральних добрив дозволило продовжити вегетаційний період росту і розвитку рослин ячменю ярого на 4–5 діб, тоді як листкове підживлення рослин на 2–3 доби.
3. Позитивний вплив азотних добрив на висоту рослин ячменю ярого сорту Геліос спостерігали на протязі всього вегетаційного періоду. Зокрема в фазі виходу в трубку ячменю ярого різниця за внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$ становила 1,1 см, $N_{60}P_{45}K_{45}$ – 2,8 см, $N_{90}P_{45}K_{45}$ – 4,6 см, у фазі колосіння – 2,6, 5,1, 5,9 см відповідно За підживлення Мікро–Мінераліс Зернові – 1,5 л/га у фазу виходу в трубку отримано приріст ячменю ярого на 2,0–3,3 см.
4. Внесення мікродобрива Мікро–Мінераліс Зернові сприяло більшому накопиченню органічної речовини у фазі молочної стиглості від 68 до 86 г/м. Максимальний показник 1051,7 г/м² відмічено на варіанті $N_{90}P_{45}K_{45}$ та листковим підживленням мікродобривом.
5. Найбільшу кількість зерен у колосі (24,2 шт) та масу зерна з колосу (1,0 г) отримали на варіантах досліду, за внесення мінерального добрива у дозі $N_{-90}P_{45}K_{45}$ та листкового підживлення мікродобривом Мінералес зернові.
6. Максимальна урожайність ячменю ярого Геліос отримана на варіанті $N_{90}P_{45}K_{45}$ та листкового підживлення мікродобрива Мікро–Мінераліс Зернові – 5,59 т/га.
7. Максимальний чистий доход на рівні 21612,00 грн/га був одержаний за внесення максимальної дози мінеральних добрив $N_{90}P_{45}K_{45}$. та листкового підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На основі отриманих результатів досліджень, та їх економічного аналізу пропонується:

для отримання максимальної урожайності зерна ячменю ярого сорту Геліос вносити мінеральні добрива у дозі $N_{90}P_{45}K_{45}$ та проводити листкове підживлення мікродобривом Мікро–Мінераліс Зернові у фазу початок виходу у трубку у дозі 1,5 л/га.

Для обмеження розвитку борошнистої роси та плямистостей ячменю ярого проводити обприскування посівів в фазі початку виходу в трубку фунгіцидом Авіатор® Xpro у нормі 0,7 л/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Петриченко В. Ф., Корнійчук О. В. Стратегії інноваційного розвитку кормовиробництва України в умовах сучасних викликів. *Вісник аграрної науки*. 2018. №1. С. 11-17.
2. Артеменко С. Ярий та озимий ячмінь: порівняння продуктивності. *Пропозиція*. №11(266). 2017. С. 94-98.
3. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.
4. Клопота Т. В. Вплив норм мінеральних добрив на урожайність ячменю ярого :*Матеріали студентської наукової конференції*. Полтава, 2012. С. 42–44.
5. Бельдій Н., Загинайло М., Носуля А. Ячмінь – культура прибуткова. *Пропозиція.* 2012. С. 12–14.
6. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / під ред. М. В. Зубця. К.: Логос, 2004. 776 с.
7. Блажевський В. К. Агротехніка ярого ячменю у правобережному Лісостепу *Зернові культури.* К.: Урожай, 1989. С. 237–252.
8. Захарченко Е., Ручкіна О., Хуан Ч. Тенденції щодо змін посівних площ і урожайності ячменю ярого в Україні та Сумській області за 2014-2023 роки. Collection of Scientific Papers «SCIENTIA», (March 8, 2024; Zagreb, Croatia), 33-35. Retrieved from URL: https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/view/1677. (дата звернення:05.10.2024).
9. Державна служба статистики в Україні. Економічна статистика. Економічна діяльність. Сільське, лісове та рибне господарство. Рослинництво. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/ (дата звернення:05.10.2024).
10. Засядько І.О. Оцінка сортових ресурсів ячменю ярого в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2024. Випуск 98 С. 100 – 109.
11. Грицай А. Д., Свидинюк И. Н., Цехмейстпрук Н. Г. Вплив технологій

вирощування на продуктивність ярих ранніх. *Зернові культури*. 1997. № 1. С. 11–13.

12. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2025 рік. Київ https://me.gov.ua/view/b4e076f2-95f5-4dc9-9d9c-2f66cf157b32 (дата звернення: 25.11.2025).
13. Голохоринська М., Пастух А., Черномиз А., Вихристюк М. Яким сортам віддати перевагу. *Насінництво.* 2004. № 10. С.31.
14. Гайденко О. М., Іщенко В. А. та. Козелець Г. М Ефективне вирощування ячменю ярого: наукове дослідження. URL: http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni.html (дата звернення: 25.11.2025).
15. Елементи удобрення ячменю ярого. Авраменко С. В. та ін. *Пропозиція*. 2016. № 3. С. 82–87.
16. Лісовал А. П., Макаренко В. М., Кравченко С. М. Система застосування добрив : підручник. Київ : Вища школа, 2002. 317 с.
17. Манько К. М., Музафаров Н. М. Ячмінь ярий: сучасні технології вирощування. *Агробізнес сьогодні.* Київ, 2012. № 9. С. 33–37.
18. Duke G. V. Comparative Experiments with Field Crops. London, 1974. 211 p.
19. Давидчук М. І., Кравченко О. В., Вороний О. О. Вплив мінеральних добрив на продуктивність і якість ячменю. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу "Києво-Могилянська академія".* (Серія : Екологія). Київ, 2012. Т. 179, Вип. 167. С. 76–77.
20. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України. Зубець М. В. та ін. Київ : Аграрна наука, 2010. 986 с.
21. Семяшкіна А. О. Оптимізація прийомів технології вирощування вівса в північному Степу України : дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Дніпропетровськ, 2012. 217 с.
22. Гирка А. Д. Агробіологічні основи формування продуктивності озимих та ярих зернових культур у північному Степу України : дис. …

доктора с.-г. наук : 06.01.09. Дніпропетровськ, 2015. 353 с.

23. Бомба М. Я., Періг Г. Т., Рижук С. М. Землеробство з основами ґрунтознавства, агрохімії та агроекології : навч. посіб. Київ : Урожай, 2003. 400 с.
24. 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.
25. Господаренко Г. М. Система застосування добрив : навч. посіб. Київ, 2015. 332 с.
26. Шевченко М. С., Десятник Л. М., Шапка В. П., Кохан А. В. Вплив елементів біологізації на продуктивність сівозмін та родючість ґрунту в Степу. *Бюлетень сільського господарства НААН України*. Дніпро, 2016. № 11. С. 88–96.
27. Рослинництво : лабораторно-практичні заняття. Алімов Д. М. та ін. Київ : Урожай, 2001. 390 с.
28. Чабан В. І. Незамінні елементи «меню» для зернових. *Пропозиція*. Київ, 2014. № 7–8. С. 62–65.
29. 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.
30. Пальчук Н. С. Формування зернової продуктивності пшениці озимої залежно від сорту, попередника та мінерального живлення в північному Степу України: дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09 / Інститут сільського господарства степової зони НААН. Дніпропетровськ, 2015. 181 с.
31. Система удобрення сільськогосподарських культур в землеробстві початку XXI століття : моногр. / за ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошниченка. Київ, 2016. 400 с.

32. Марчук І. У. Макаренко В. М., Розтальний В. Є. Добрива та їх використання: довідник. Київ; 2002. 246 с.
33. Гораш О. С. Вплив норм висіву, мінерального удобрення на ріст і розвиток ячменю. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2006. № 9. С. 32–35.
34. Друмова О. М. Азотні добрива при вирощуванні пшениці озимої. *Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату :* Міжнародна наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. Дніпро, 2017. С. 92–94.
35. Секун М. П. Зернові колосові культури: довідник. Київ : Урожай, 1999. С. 176– 177.
36. Пліщенко В. М. Швидкий В. В. Ефективно використовувати мінеральні добрива при вирощувані ярого ячменю. Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур в современных условиях. Юбилейный сборник научных трудов / Ставроп. Гос. С.х. акад. Ставрополь, 2002. С. 135 – 234.
37. Herrmann H. Dynamik der Stickstoffeinlagerung wahrend der Kornfullungsperiode der Wintergerste in Abhangigkeit von der Stickstoff-dungung. Tagungsber. Akad. Landwirtschaftswiss. DDR, 1977. № 158. S. 243n- 249.
38. Chersten S. Urea spray on barley with various nitrogen dres-sings, absorption, yield, structure,composition. – ln: Miner. Nutr. Plants . Proc. Int. Symp. Plant Nutr.,varna, 1979. Sofia, 1979, v. 1, p. 313–333
39. Томашевський Д. П., Лященко І. Ф. Вплив добрив на врожай і якість зерна ячменю. *Вісник с.-г. науки*. № 4. 1976.
40. Kopecky M., Natr L., Pesik J., Zemanek M., Zenisceva L. Fiziologika characteristika a odrudova technologie pestovani vysoce vynosnych odrud jarnigo jecmene a ozime pcenice. Roslinna vyroba (Praha), 1975. 21(8).
41. Система ведення сільського господарства Дніпропетровської області. Любович О. А. та ін. Інститут зернового господарства УААН, Дніпропетровськ, 2005. 432 с.

42. Бомба М. Я., Періг Г. Т., Рижук С. М. Землеробство з основами ґрунтознавства, агрохімії та агроекології : навч. посіб. Київ : Урожай, 2003. 400 с.
43. 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.
44. Кириєнко Г. С. Ефективність удобрення у технології вирощування пивоварного ячменю в умовах західного Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2013. Вип. 83. С. 70-74.
45. Kopecky M. Reakce novych odrud jarniho jecmene na nektere intenzifikacne factory v reparskem vyrobnim tupu. – Rostl. vyroba, 1980, r.26, c. 4, S. 407 – 417.
46. Моргун В. В., Швартау В. В., Кірізій Д. А. Фізіологічні основи отримання високої продуктивності зернових злаків. *Фізіологія рослин : Проблеми та перспективи розвитку*. Київ : Логос, 2009. Т. 1. С. 11–42.
47. Лихочвор В. В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів, 2008. 311 с.
48. Гирка А. Д., Кулик І. О., Андрейченко О. Г. Урожайність вівса і ячменю ярого залежно від попередника та застосування мікродобрив у Північному Степу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2013. № 2. С. 40–42.
49. The fertilizer. Vasant Gowarike V. N. [et al.]. New Jersey, 2009. 861 p.
50. Адаменко С., Машинник С., Машинник О. Мікроелементи для зернових культур. *Агроексперт*. Український журнал з питань агробізнесу. Київ : ТОВ Компанія Юнівест Маркетинг, 2011. № 4. С. 24–26.
51. Алвін А. Зернові та олійні культури: вагомий аргумент підвищення рентабельності *Зерно.* 2010. № 3. С. 80–81.
52. Гирка А. Д., Бокун О. І., Мамєдова Е. І. Вплив попередників,

мінеральних добрив і біопрепаратів на формування елементів структури врожайності ячменю ярого в Північному Степу України. *Зернові культури.* Дніпро, 2017. Т. 1. № 1. С. 51–55.

53. Мамєдова Е. І. Вплив гідротермічних умов та агротехнологічних заходів вирощування на особливості росту й розвитку рослин ячменю ярого в Північному Степу. *Зернові культури.* Дніпро, 2017. Т. 1. № 2. С. 300–306.
54. Мамєдова Е. І. Реакція рослин ячменю ярого на мікродобриво Сизам. *Новітні технології – шлях до сталого розвитку АПК України* : Всеукраїнська наукова інтернет-конференція. Полтава, 2017. С. 21–23.
55. Якуба І. П. Марганець у живленні рослин *Хімія. Агрономія. Сервіс. 2009*. №11. С. 18–22.
56. Hussein M. M. Abd El-Kader, Soliman A. M. Mineral status of plant shoots and grains of barley under foliar fertilization and water stress *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 2009. № 5 (2). P. 108–115.
57. 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.
58. Корсун С. Г., Свидинюк І. М., Клименко І. І. Баланс мікроелементів та важких металів у грунті залежно від системи удобрення. *Збірник наукових праць Національного наукового центру "Інститут землеробства УААН"*. Київ : ВД ЕКМО, 2009. Вип. 4. С. 30–35.
59. Luwe M. Antioxidants in the apoplast and symplast of beech (Fagus sylvatica L.) leaves : seasonal variations and responses to changing ozone concentrations in air. *Plant Cell and Environment*. 1996. Vol. 19. P. 321–328.
60. Ківерський Л. В. Місце мікроелементів в технології вирощування с.-г. культур на прикладі цинку *«Хелатні мікродобрива – 2010»:* Тези доповідей II всеукраїнської науково-практичної конференції (Київ, 3

лютого 2010.). Київ: 2010. С. 8.

61. Лихочвор В. В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ “Українські технології”, 2008. 312 с
62. Alloway B. J. Micronutrient deficiencies in global crop production / B. J. Alloway. – Springer: Dordrecht, 2008. – 139 p.
63. Ruszkowska M. Sykut St., Kusio M. Stan zaopatrzenia roslin w mikroelementy w warunkach zroznicowanego nawozenia w wieloletnim doswiadczeniu lizymetrycznym Zeszity problemow postepow nauka rolniczej. 1996. Vol. 434. P. 43–47.
64. Гораш О. С. Управління продуційним процессом пивоварного ячменю: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук: спец. 06.01.09 Київ 2008. 44 с.
65. Сидоренко О. Вирощування пивоварного ячменю нових сортів. *Зерно.* 2006. № 3. С. 35–37.
66. Гамаюнова В. В., Дворецький В. Ф. Підвищення продуктивності ярих зернових культур шляхом оптимізації живлення рослин в умовах Степу України. *Вісник ЖНАЕУ*. 2016. №1 (53). Т. 1. С. 74-80.
67. Корбут Г. О., Вискушенко А. П., Памірський М. С. Розподіл бору, марганцю, цинку, молібдену і міді по генетичних горизонтах в ґрунтах Житомирського Лісостепу *Агрохімія і грунтознавство: Міжвід. наук. тем. зб.* 2010. Кн. 2С. 39–40.
68. Mortvedt J. J. Needs for controlled availability micronutrient fertilizers *Fertilizer research*. 1994. Vol. 38. № 3. P. 213–221.
69. Алвін А. Зернові та олійні культури: вагомий аргумент підвищення рентабельності *Зерно.* 2010. № 3. С. 80–81.
70. Rengel Z. Genotyopic differences in micronutrient use efficiency in crops *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 2001. Vol. 32. P. 1163–1186.
71. Pulshen L. Application of micronutrient: pros and cons of the different application strategies *IFA International symposium of micronutrients, 23–25 February, 2004, New Delhi, India*. 2004. P. 54–59.

72. Циков В. С., Дудка М. І., Шевченко О. М., Носов С. С. Ефективність позакореневого підживлення кукурудзи мікроелементними препаратами сумісно з азотним мінеральним добривом. *Бюлетень сільського господарства степової зони НААН України.* Дніпро, 2016. № 11. С. 23–27.

73. Машинник О. О., Господаренко Г. М. Формування структурних елементів урожаю ячменю ярого за позакореневих підживлень мікродобривами. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва.* Умань, 2011. Ч. 1. Вип. 77. С. 7-14.

74. Reuter D. J., Heard T. G., Alston A. M. Correction of manganese deficiency in barley crops on calcareous soils. 1. Manganese sulphate applied at sowing and as foliar sprays *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry.* 1998. № 13(63). P. 434–439.

75. Господаренко Г. М., Машинник О. О. Вплив позакореневих підживлень мікроелементами на динаміку вмісту їх рухомих сполук у ґрунті та рослинах ячменю ярого. *Вісник Львівського національного аграрного університету.* 2011. № 15 (2). С. 31–35.

76. Kinaci G., Kinaci E. Effect of zinc application on quality traits of barley in semi arid zones of Turkey *Plant Soil Environment*. 2005. Vol. 51. № 7. P. 328–334.

77. Голік Г. А., Черниш М. О. Мікродобрива – якісно новий підхід у живленні рослин *Агровісник України.* 2007. № 2. С. 26–27.

78. Гораш О. С. Оцінка якості зерна сортів пивоварного ячменю на основі технологічного сортування. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 9. С. 24–27.

79. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. За ред. В.О. Єщенка Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. — 332 с.

80. Мазур В. А., Липовий В. Г., Мордванюк М. О. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. Вінниця : ВЦ ТОВ «ТВОРИ», 2020. 204 с.
81. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навч. посіб. Херсон : Айлант, 2008. 272 с.
82. Каталог сортів та гібридів ДУ Інститут зернових культур НААН України : науково-методичні рекомендації. Черенков А. В. та ін. Дніпро, 2017. 124 с.
83. Бука А. Я., Лісовий М. В., Дружченко А. В. Оптимізація доз застосування азотних добрив на основі рослинної і ґрунтової діагностики живлення рослин: методичні рекомендації. Харків, 2000. 30 с.
84. Польова схожість та урожайність пшениці твердої ярої та м'якої при застосуванні мінеральних добрив в умовах Лісостепу України. Антал Т. В. та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2016. № 4. С. 36–39.
85. Шикула М. К. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. Київ : Оранта, 1998. 662 с.
86. McIntosh Robert P. The Background of Ecology : Concept and Theory. Cambridge University Press. 1985. 383 p.
87. Синицький М. П. Агротехнологічні основи формування продуктивності сучасних сортів ярого ячменю в північній підзоні Степу України : дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09 Дніпропетровськ, 2005. 288 с.
88. Польовий А. М., Гуцал А. І., Дронова О. О. Грунтознавство : підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса: Екологія, 2013. 668 с.
89. Панфілова А.В., Гамаюнова В.В. Вплив оптимізації живлення на висоту рослин та врожайність зерна сортів ячменю ярого в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор`я*. 2018. Вип.4. С.

42-47.

90. 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.
91. Мамєдова Е. І. Вплив агротехнологічних заходів вирощування на формування надземної маси рослин ячменю ярого в умовах Північного Степу України. *Зернові культури*. Дніпро, 2018. Т. 2. № 1. С. 61–66.
92. Мамєдова Е. І. Ефективність застосування біопрепаратів та мінеральних добрив при вирощуванні ячменю ярого після різних попередників. *Стан і перспективи впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур*: ІІ міжнародна наук.-практ. конф. Дніпро, 2017. С. 74–75.
93. Лень О. І. Формування асимілюючої поверхні та її вплив на продуктивність ячменю ярого за різних технологій вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2009. № 1. 119–121 с.
94. Свидинюк І. М., Дмитришак М. Я., Шморгун О. В. Формування асимілюючої поверхні та її вплив на продуктивність інтенсивних сортів ярого ячменю залежно від технології вирощування. *Науковий вісник НАУ*. К., 2000. № 24. С. 74-77.
95. Продуктивність ячменю озимого–дворучки за осінньої та весняної сівби залежно від обробки насіння та фону живлення. Ткаліч І. Д., Мамєдова Е. І. та ін. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України.* Дніпро, 2016. № 11. С. 31–35.
96. Мамєдова Е. І. Реакція рослин ячменю ярого на мікродобриво Сизам. *Новітні технології – шлях до сталого розвитку АПК України: Всеукраїнська наукова інтернет-конференція*. Полтава, 2017. С. 21–23.
97. Гораш О. С., Климишена Р. І. Реалізація потенціалу продуктивності елементів структури врожайності ячменю озимого. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 7. С. 27-30.