

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітнього ступеня – **Магістр**

на тему: **«Ефективність макроелементного та мікроелементного
удобрення за вирощування ячменю озимого в умовах Західного
Лісостепу»**

Виконав студент VI-го курсу, групи Аг-63
спеціальності 201 «Агрономія»

ДОРЧАК Іван Миколайович

Керівник:

Н.І. ВЕГА

Рецензент:

Дубляни, 2025

УДК 631.81.095.337:633.16(292.485)

Ефективність макроеlementного та мікроеlementного удобрення за вирощування ячменю озимого в умовах Західного Лісостепу.
Дорчак І. М. – Кваліфікаційна робота. Кафедра агрохімії та ґрунтознавства. – Дубляни, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, 2025 р.

82 стор. текс. част., 16 табл., 11 рис., 63 джерела

В кваліфікаційній роботі представлено результати досліджень з вивчення ефективності норм мінеральних добрив та позакореневого підживлення посівів ячменю озимого мікродобривом на чорноземі опідзоленому Західного Лісостепу. Дослідження проводили у 2024–2025 рр. в області.

Встановлено поліпшення забезпеченості рослин ячменю озимого легкогідролізованим азотом, рухомим фосфором та обмінним калієм в період вегетації культури внаслідок застосування норм мінеральних добрив. Залежно від варіанту удобрення їх вміст в шарі ґрунту 0–20 см підвищувався порівняно з контролем відповідно на 27–55, 19–29 та 21–35 мг/кг ґрунту.

Відзначено позитивний вплив позакореневого підживлення посівів мікродобривом на фоні норм мінеральних добрив на показники площі листової поверхні, висоти рослин, кількості продуктивних колосів та елементів структури урожаю.

Доведено ефективність мінерального удобрення у нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га, що забезпечує найвищу урожайність ячменю озимого на рівні 6,74 т/га за приросту 2,40 т/га. Зазначена система удобрення забезпечила найвищу масу 1000 зерен, яка складала 50,2 г та вміст білка – 12,17 %. Рівень рентабельності склав 87,6 %.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА УДОБРЕННЯ ЯК ОСНОВА ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	9
1.1 Макроелементи та мікроелементи в системі удобрення ячменю озимого	9
1.2 Формування урожайності зерна ячменю озимого залежно від застосування макро- та мікродобрих	12
1.3 Вплив системи удобрення ячменю озимого на показники якості зерна	16
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	19
2.1 Клімат зони вирощування та погодні умови у період досліджень	19
2.2 Характеристика ґрунту дослідної ділянки	22
2.3 Методика проведення досліджень	24
2.4 Технологія вирощування ячменю озимого та характеристика сорту	26
РОЗДІЛ 3. ЕФЕКТИВНІСТЬ МАКРОЕЛЕМЕНТНОГО ТА МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО УДОБРЕННЯ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ (РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ)	29
3.1 Вплив рівня мінерального удобрення на вміст у ґрунті основних елементів живлення у період вегетації ячменю озимого	29
3.2 Ріст та розвиток ячменю озимого під впливом застосування макро- та мікродобрих	33
3.3 Вплив макроелементного та мікроелементного удобрення на	

формування елементів структури урожаю ячменю озимого	38
3.4 Урожайність ячменю озимого за різного рівня удобрення	43
3.5 Вплив позакореневого підживлення мікродобривами на фоні норм мінеральних добрив та якісні показники зерна	47
3.6 Економічна та енергетична ефективність технології вирощування ячменю озимого за внесення норм мінеральних та мікродобрив	51
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ ЗА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	56
4.1 Стан охорони праці та цивільної оборони в «.....»	56
4.2 Покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки за вирощування ячменю озимого в господарстві	57
4.3 Захист населення у надзвичайних ситуаціях	59
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	61
5.1 Стан ґрунтів та ефективне використання земельних ресурсів в «.....»	61
5.2 Водні ресурси та їх охорона	62
5.3 Охорона атмосферного повітря	64
5.4 Стан охорони і примноження флори і фауни	65
ВИСНОВКИ.....	66
БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	68
ДОДАТКИ	76
Додаток А. Технологічна карта вирощування ячменю озимого	77
Додаток Б. Сума опадів в період вегетації ячменю озимого (за даними метеостанції, мм)	80
Додаток В. Результати статистичної обробки даних урожайності ячменю озимого за 2024 рік	81
Додаток Г. Результати статистичної обробки даних урожайності ячменю озимого за 2025 рік	82

ВСТУП

Ячмінь озимий є однією з провідних зернових культур, які вирощуються в Україні. Розширення посівних площ цієї культури обумовлене широким використанням зерна для виробництва круп, пивоваріння та на кормові цілі. Перевагою вирощування ячменю озимого є високий потенціал урожайності, який реалізується за впровадження обґрунтованої технології вирощування. Проте, середня урожайність ячменю озимого в господарствах знаходиться на низькому рівні і залежно від умов року коливається від 3,0 до 4,5 т/га.

Збалансоване удобрення відіграє провідну роль в системі заходів, спрямованих на збільшення виробництва зерна ячменю озимого та забезпечує істотне підвищення його продуктивності. Науковці зазначають, що прирости зерна від застосування мінеральних добрив складають 30–50 %.

В умовах інтенсифікації технології вирощування, важливого значення набуває регулювання умов мінерального живлення ячменю озимого, яке передбачає внесення оптимальних норм мінеральних добрив, обґрунтовані терміни їх застосування з урахуванням вимог культури, що забезпечить ефективне використання внесених добрив.

Актуальність теми. Вдосконалення системи удобрення ячменю озимого з високим рівнем адаптивності для конкретних умов вирощування є визначальним у підвищенні його продуктивності. Оптимальні умови росту та розвитку рослин складаються за достатньої забезпеченості основними макроелементами та мікроелементами на критичних етапах органогенезу.

Ефективність макро- та мікродобрив залежить від сукупного впливу чинників та істотно залежить від перебігу умов вегетаційного періоду. Недостатньо вивченим залишається питання оптимізації мінерального удобрення ячменю озимого в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Тому, вивчення впливу удобрення, яке поєднує внесення макро- та

мікроелементів на продуктивність культури в умовах Західному Лісостепу є актуальним.

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень полягала у встановленні ефективності різних рівнів удобрення за вирощування ячменю озимого на чорноземі опідзоленому Західного Лісостепу.

Для досягнення мети були поставлені завдання:

- встановити вплив мінерального удобрення на агрохімічні показники родючості чорнозему опідзоленого за вирощування ячменю озимого;
- дослідити вплив макроелементного та мікроелементного удобрення на ростові процеси рослин ячменю озимого;
- встановити залежність формування елементів структури урожаю ячменю озимого від рівня удобрення;
- визначити вплив удобрення на показники урожайності культури;
- встановити вплив мікродобрих на мінеральному фоні на якісні показники зерна;
- надати економічне та біоенергетичне обґрунтування технології вирощування ячменю озимого за різних варіантів удобрення.

Об'єкт дослідження – агрохімічні процеси в ґрунті, особливості формування елементів структури урожаю, урожайність та якість зерна ячменю озимого за внесення макро- та мікродобрих.

Предмет дослідження – агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого, динаміка елементів структури урожаю, показників урожайності та якості зерна, економічна та енергетична оцінка технології вирощування культури за внесення добрив.

Методи досліджень. У дослідженнях застосовували польовий, лабораторний та математично-статистичний методи.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше на чорноземі опідзоленому Західного Лісостепу в «.....» обґрунтовано ефективність макроелементного та мікроелементного удобрення за вирощування ячменю озимого сорту

Удосконалено систему удобрення ячменю озимого з встановленням оптимального варіанту удобрення, що включає основне внесення азотно-фосфорно-калійних добрив та позакореневе підживлення мікродобривом, який забезпечує підвищення урожайності та якості зерна.

Набуло подальшого розвитку питання оптимізації системи удобрення ячменю озимого в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Практичне значення одержаних результатів. Проведеними дослідженнями обґрунтовано систему удобрення ячменю озимого з внесенням макро- та мікродобрив, що забезпечує реалізацію генетичного потенціалу культури в Лісостепу Західному. Застосування мінеральних добрив у нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$ та позакореневе підживлення мікродобривом Квантум Сілвер, 1,0 л/га є найефективнішим та сприяє отриманню урожайності на рівні 6,74 т/га за рівня рентабельності – 87,6 %.

Структура та обсяги роботи. Кваліфікаційну роботу виконано на 82 сторінки друкованого тексту, включає 16 таблиць, 11 рисунків, складається з вступу, 5 розділів, висновків, бібліографічного списку, який містить 63 найменування джерел літератури і 4 додатки.

РОЗДІЛ 1

СИСТЕМА УДОБРЕННЯ ЯК ОСНОВА ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Макроелементи та мікроелементи в системі удобрення ячменю озимого

Продуктивність є основним показником ефективності вирощування сільськогосподарських культур. Підвищення урожайності зерна озимого ячменю забезпечується комплексом заходів, провідними серед яких є селекційно-генетичні методи, обробіток ґрунту, система догляду за посівами та внесення добрив [25; 52].

В системі мінерального удобрення ячменю озимого першочергове значення мають основні макроелементи – азот, фосфор і калій. Винос цих елементів за урожайності 6,0 т/га складає відповідно 120–180 кг, 43–90 кг та 120–180 кг. Ячмінь озимий добре реагує на внесення мінеральних та органічних добрив. Фосфорно-калійні добрива рекомендується застосовувати під основний обробіток ґрунту, азотні – у підживленні в період вегетації, що сприяє ефективному використанню добрив [35].

Застосування мінеральних добрив забезпечує кращий розвиток рослин, покращує куціння, що сприяє формуванню оптимальної структури посівів і повнішій реалізації потенціалу елементів продуктивності колоса, зокрема за кількістю зерен у колосі та масою зернівки [19].

В системі удобрення ячменю озимого визначальним є забезпеченість азотом. Азот відіграє ключову роль у регуляції ростових процесів, посилюючи інтенсивність дихання та обміну речовин у рослинах. Водночас як дефіцит, так і надлишок азоту в ґрунті негативно впливають на ріст і розвиток рослин [58].

Надходження азоту в рослини відбувається протягом усього періоду вегетації – від початкових етапів росту до молочної або повної стиглості

зерна, однак найбільша його потреба в озимого ячменю припадає на фази кушіння та виходу в трубку [22; 59; 60].

Фосфор впливає на розвиток кореневої системи, забезпечує підвищення коефіцієнта кушіння, бере участь у процесах запліднення квіток та зав'язування плодів, прискорює досягання зерна. Впродовж перших 4–5 тижнів вегетації ячмінь озимий відчуває найбільшу потребу у фосфорних добривах [4; 35].

Калій впливає на нагромадження рослиною вуглеводів та підвищує морозостійкість рослин, збільшує міцність стебла та знижує ураженість рослин хворобами [4]. Інтенсивне надходження калію в рослини спостерігається від з перших днів росту й до цвітіння. Нестача калію для рослин призводить до гальмування ростових процесів, погіршується якість зерна, знижується урожайність [14].

За даними [47], на темно-сірих опідзолених ґрунтах після пізніх просапних попередників ефективним є застосування повного мінерального удобрення в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ під передпосівну культивацію. Доцільним є також частину азотних добрив в нормі 40 кг/га діючої речовини вносити у ранньовесняне підживлення.

В дослідженнях [5] проведених на темно-сірому опідзоленому ґрунті на сортодослідній станції розташованій у с. Верхівськ Рівненського району Рівненської області отримання високої урожайності сортів ячменю озимого на рівні 6,12–7,80 т/га забезпечувалося внесенням розрахункової норми мінеральних добрив $N_{129}P_{66}K_{132}$. Фосфорні і калійні добрива у вигляді суперфосфату простого та хлористого калію вносили в основне удобрення. При посіві застосовували суперфосфат простий. В фазі кушіння та фазі виходу в трубку проводили підживлення азотом, використовували аміачну селітру.

Дослідники зазначають, що внесення високих доз мінеральних добрив не завжди забезпечує збільшення урожайності ячменю озимого. Величина приросту врожаю з одиниці площі інтенсивно зростає до рівня мінерального

удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$, а з подальшим збільшенням норм удобрення темпи приросту знижуються [29; 52].

Зернові колосові культури окрім азоту, фосфору та калію вимогливі до мікроелементів, особливо до купруму і мангану. Високою ефективністю характеризується позакореневе підживлення мікроелементами у період посухи, в умовах холодної погоди а також при внесенні високих доз азотних і фосфорно-калійних добрив [19].

Застосування мікродобрив набуває все більшої актуальності та стає невід'ємним елементом інтенсивних технологій вирощування ячменю озимого. Позитивна дія мікродобрив зумовлена тим, що вони приймають участь в окислювально-відновлювальних процесах вуглеводів навколишнього середовища. Під впливом застосування мікроелементів в листках покращується процес фотосинтезу, який є основою функціонування рослинного організму [43; 44; 52].

Одним провідних та важливих мікроелементів для розвитку ячменю озимого є купрум. Він бере участь в різних фізіологічних і біохімічних процесах в рослинах. Мікроелементи, зокрема, і купрум найкраще засвоюється у вигляді є комплексних сполук. У дослідженнях Петрушина Г.О., Крамарьова С. М. [36], за обробки насіння ячменю озимого розчинами купрум гліцинату схожість насіння підвищилася на 40–58 % порівняно з обробкою купрум етилендіамінтетраацетату та контролем без обробки.

Манган активізує у рослині процес фотосинтезу, знижує транспірацію, від забезпеченості манганом залежить закладання генеративних органів [14].

Цинк в рослинному організмі активізує ферментативну діяльність, сприяє підвищенню посухостійкості, що дуже важливо в літній період, коли спостерігається низька кількість випадання опадів.

Бор у рослині відповідає за утворення генеративних органів, тобто зернівки. За нестачі бору проростання пилку після запліднення не відбувається [51].

Позакореневі підживлення мікроелементами в основні фази вегетації сільськогосподарських культур здатні забезпечити значні прирости врожаю. Особливо це проявляється на ґрунтах з низьким їх вмістом, тому включення такого заходу до технології вирощування є ресурсоощадним шляхом підвищення врожаю та якості всіх культур. Найбільш оптимально поєднувати одночасне надходження макро – і мікроелементів у рослини, так як мікроелементи посилюють засвоєння азоту, фосфору та калію. Для досягнення максимального результату мікроелементи застосовують в визначених нормах у найбільш оптимальні фази розвитку рослин [8].

Отже, ячмінь озимий є культурою з інтенсивним типом мінерального живлення, яка чутливо реагує на забезпеченість ґрунту макро- та мікроелементами. Рациональне застосування добрив є одним із ключових чинників формування високої врожайності та якості зерна, а також підвищення стійкості рослин до несприятливих умов середовища.

1.2. Формування урожайності зерна ячменю озимого залежно від застосування макро- та мікродобрив

Створення оптимальних умов розвитку для сільськогосподарських культур в сівозміні є важливою проблемою і визначається впровадженими технологічними прийомами вирощування. Істотне підвищення врожайності зернових культур забезпечується науково-обґрунтованим застосуванням добрив [38].

Озимий ячмінь менш вимогливий до родючості ґрунту, ніж ярий. Для отримання високої продуктивності важливе значення має реакція ґрунту. Він погано росте на ґрунтах з кислою реакцією ґрунтового розчину. Оптимальне значення рН_{сол.} знаходиться в межах від 6,2 до 7,0, тобто за близької до нейтральної, або нейтральної реакції ґрунтового розчину, що обумовлює сприятливий ріст рослин. На дерново-підзолистих та сірих лісових ґрунтах,

які мають кислу реакцію середовища, формування високопродуктивних посівів можливе за проведення вапнування [14].

В дослідженнях впливу системи удобрення та попередника, яким була соя, на продуктивність ячменю озимого в трипільній сівозміні (соя – озимий ячмінь – кукурудза), при внесенні рекомендованої норми мінеральних добрив $N_{60}P_{30}K_{30}$ продуктивність ячменю озимого зростала на 0,52 т/га. За внесення розрахункової норми мінеральних добрив на основі діагностики ґрунту в нормі $N_{60}P_{50}K_{30}$ приріст врожайності відносно контролю без внесення добрив становив 0,75 т/га. За вирощування ячменю озимого в чотиріпільній сівозміні з насиченням соєю на 50 % з чергуванням культур соя – озимий ячмінь – соя – кукурудза, застосування рекомендованої норми добрив забезпечило збільшення урожайності порівняно з контролем на 0,67 т/га, розрахованої норми – на 0,97 т/га [1].

Вища ефективність внесених добрив проявляється за поєднаного застосування з іншими агрозаходами. Дослідження [27] показали, що система удобрення у більшій мірі впливала на формування врожаю ячменю озимого, ніж способи основного обробітку ґрунту. Відзначено, що ячмінь озимий для формування урожайності використовував післядію мінеральних добрив, внесених під попередник та застосованого в якості добрив післяжнивного сидерату. Збільшення дози азоту від 120 до 180 кг/га д. р. підвищувало урожайність на варіантах основного обробітку ґрунту. Найвищу урожайність ячменю озимого отримано за дискового обробітку ґрунту на глибину 12–14 см в системі довготривалого його застосування в сівозміні і системи удобрення з використанням сидерату в проміжних посівах на фоні $N_{180}P_{40}$ під попередник – кукурудзу, яка складала 6,96 т/га.

Вивчення впливу системи обробітку ґрунту і удобрення на продуктивність ячменю озимого у короткоротаційних сівозмінах проводилося на чорноземі південному незмитому малогумусному. Дослідження показали, що підживлення посівів ячменю озимого гуматом калію підвищувало урожайність зерна за різних систем обробітку ґрунту.

Застосування полицевого обробітку ґрунту в сівозміні з паром чорним забезпечило приріст урожаю від підживлення на рівні 0,57 т/га, з сидеральним паром – 0,45 т/га, з горохом на зерно – 0,45 т/га. За комбінованої системи обробітку ґрунту, значення показників відповідно становило 0,45, 0,04 та 0,54 т/га, за безполицевого обробітку ґрунту – 0,71, 0,62 та 0,31 т/га [6].

Застосування інгібітора нітрифікації у поєднанні з мінеральними добривами підвищувало урожайність ячменю озимого. Зокрема, внесення стабілізатора азоту N-Lok Макс на фоні добрив в нормі $N_{23}P_{60}K_{60}$ восени перед сівбою та при відновленні вегетації забезпечило приріст урожаю зерна на рівні 0,45-0,60 т/га. Максимальну урожайність отримано на фоні мінеральних добрив в нормі $N_{120}P_{60}K_{60}$, де частину азоту в нормі N_{67} з використанням N-Lok Макс вносили у період відновлення вегетації ячменю озимого та N_{30} на початку колосіння. Приріст урожайності складав 0,73 т/га за показника 7,65 т/га [11].

В матеріалах Мухи Б. Г. [31] зазначається, що мінеральне удобрення в нормі N_{30} по мерзло-талому ґрунті на фоні внесення 60 кг д. р. азоту, 60 кг/га д. р. фосфору та 90 кг/га д. р. калію перед сівбою збільшувало вміст білка та натуру зерна ячменю озимого на незначні величини. Вищою ефективністю характеризувалося локальне внесення азоту в нормі 30 кг/га д. р., що забезпечило підвищення білковості зерна на 0,5 % порівняно з фоновією нормою мінеральних добрив.

Результати досліджень Інституту олійних культур Національної академії аграрних наук України показали, що максимальна урожайність сорту ячменю озимого Дев'ятий вал формувалася на фоні передпосівного внесення мінеральних добрив в нормі $N_{40}P_{40}K_{40}$ з подальшим підживленням поверхнево за мерзлоталого ґрунту азотом в нормі N_{30} та N_{60} . Прирости урожайності до неудобреного варіанту складали 0,72 та 1,20 т/га. Збільшення урожайності від підживлення азотом відносно фоновієї норми мінеральних добрив складало відповідно 0,38 та 0,59 т/га [48].

Дослідження Шкатули Ю. М. та Барського Д. О. [52] проведені на сірому лісовому ґрунті показали, що максимальна врожайність зерна ячменю озимого формується за внесення мінеральних добрив та проведення позакореневого підживлення мікродобривами в період вегетації. За вирощування ячменю озимого, застосування під передпосівну культивуацію діамофоски в нормі $N_{10}P_{26}K_{26}$ та внесення азоту в нормі N_{34} в підживлення у фазу початку кущіння + N_{46} початок виходу в трубку у поєднанні з позакореневоим підживленням карбамідом у нормі N_8 + мікродобриво Еколист, 4,0 л/га сприяло отриманню урожайності сорту Атлант Миронівський на рівні 6,81 т/га, сорту Пасо – 7,29 т/га. Прирости до контрольного варіанту відповідно склали 4,97 та 5,23 т/га зерна.

В дослідженнях проведених у Північному Степу України вивчали агробіологічні основи формування продуктивності озимих та ярих зернових культур. Досліджено, що вища врожайність зерна ячменю озимого формувалася за внесення мінеральних добрив в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ та використання інкрустації насіння. Застосування мікродобрива Реаком та Антистрес забезпечувало збільшення зернової продуктивності рослин. Приріст урожайності зерна до варіанту без внесення добрив склав 0,23 та 0,26 т/га [9].

В технології вирощування зернових культур важливим аспектом є використання мікроелементів, особливо шляхом позакореневого обприскування. Мікроелементи, як компоненти або активатори ферментів, відіграють значну роль у розвитку рослин та метаболічних процесах, що відбуваються в клітині. Дослідження представлені в закордонних працях [57; 62; 63] показують, що позакореневе внесення добрив, що містять мікроелементи, позитивно впливає на показники урожайності. Зокрема, позакореневе підживлення мікродобривами, в складі яких наявні такі елементи, як Cu, Mn, Mo та Zn за вирощуванні ячменю озимого є виправданим для максимізації кількості та якості врожаю. Спостерігалось покращення елементів структури урожаю.

Трирічні результати досліджень показали, що рівень врожайності та якісні показники ячменю озимого збільшувалися від внесення молібдену, марганцю та міді при посіві. Збільшення врожаю зерна озимого ячменю порівняно з біогумусним фоном становило 2,6–5,4 ц/га, або 6,5–13,4 %. Встановлено, що вміст азоту в зерні також зростав від 2,16 до 2,24 % за внесення молібдену, від 2,08 до 2,10 % в результаті застосування купруму та на 2,02–2,07 % за внесення мангану [61].

Таким чином, на основі аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що застосування мікродобрив, особливо у формі позакореневих підживлень на ячмені озимому, сприяє підвищенню стійкості рослин до стресових умов, активізації фізіолого-біохімічних процесів, кращому формуванню елементів продуктивності, що в результаті сприяє підвищенню врожайності зерна. Найбільшої ефективності мікродобрива набувають за їх використання у критичні фази розвитку культури.

1.3. Вплив системи удобрення ячменю озимого на показники якості зерна

Якість зерна озимого ячменю формується під впливом комплексу чинників, серед яких провідне місце належить системі мінерального удобрення. Збалансоване за елементами живлення удобрення істотно впливає на накопичення основних біохімічних компонентів зерна, зокрема вміст білка, крохмалю, а також на масу 1000 зерен, натуру та вирівняність [35].

Азотне удобрення є визначальним фактором формування білковості зерна озимого ячменю. Підвищення норм азоту, як правило, сприяє зростанню вмісту білка, однак надмірні дози можуть негативно позначатися на накопиченні крохмалю та погіршувати пивоварні властивості зерна [26].

Збільшення норми азоту до N_{60} та N_{90} сприяло приросту вмісту білка в зерні відносно фону на рівні 0,9 та 1,3 % за показників 9,4 та 9,8 %. Найвищу натуру зерна забезпечило локальне підживлення посівів азотом в дозі N_{60} , яка

була на рівні 660 г/л. Підвищення норми азоту знижувало натурну масу зерна, тому було нераціональним [31].

Оптимізація рівня мінерального живлення у досліді сприяла збільшенню вмісту білка в зерні середньостиглих сортів ячменю озимого, зокрема, сорту КВС Меридіан на 1,92–3,21 %, сорту Фантом – на 2,04–3,18 %. Відзначено, що зі збільшенням норми азоту на фоні внесення фосфорного добрива з N_{60} до N_{120} вміст білка в зерні обох вирощуваних сортів ячменю озимого зростає. Максимальну білковість зерна забезпечило внесення $N_{120}P_{40}$, яка була на рівні 9,69 % у сорту КВС Меридіан та 9,61 % у сорту Фантом [24].

Підживлення азотними добривами ячменю озимого позитивно впливали на показники якості зерна. На ділянках з фоною нормою мінеральних добрив $N_{60}P_{60}K_{30}$ під передпосівну культивуацію сформувалося зерно з найнижчим вмістом білка, який був на рівні 8,5 %. Поверхнєве азотне підживлення по мерзлоталому ґрунту в дозі N_{30} забезпечувало незначне збільшення білковості зерна. За внесення N_{30} локальним способом відзначено приріст вмісту білка в зерні на рівні 0,5 % порівняно з фоном. При збільшенні дози азоту з 60 до 90 кг/га д. р. вміст білка складав 9,4–9,8 %. При цьому приріст вмісту білка порівняно з фоном становив 0,9–1,3%. Найбільша натурна маса зерна була при локальному підживленні посівів в дозі N_{60} і становила 660 г/л [49].

Застосування мікродобрив забезпечує підвищення якісних показників зерна. В дослідження проведених в умовах Степу [32], найбільша маса 1000 насінин у середньому за роки досліджень, сформувалася за вирощування сорту Дев'ятий вал, зерно якого було оброблене сумісно мікродобривами Міфосат 1 і Хелат Комбі та висіяне у II декаді жовтня. Маса 1000 зерен була на рівні 52,4 г.

Проведення позакореневих підживлень рослин ячменю озимого препаратом Азотофіт у фазу весняного кушення та початку виходу рослин у трубку забезпечило середню урожайність сортів на рівні 4,80–5,31 т/га, яка

була найвищою. Одноразове позакореневе підживлення було менш ефективним за впливом на урожайність. На контрольних ділянках, де проводилося обприскування рослин водою урожайність складала 3,97–4,42 т/га. Це підтверджує доцільність використання біологічних стимуляторів росту в технології вирощування ячменю озимого [23].

Одним з найважливіших показників якості зерна пивоварного ячменю є екстрактивність. Встановлено, що вищий показник екстрактивності, то більшим є вихід пива. Чим краще розчинений солод, тим менше ступінь його подрібнення впливає на вихід екстракту. Оптимальні значення екстрактивності для світлого солоду становлять 79–82 %, для темного солоду – 75–78 % [13].

В дослідженнях з вивчення різних технологічних схем позакореневого підживлення рослин ячменю мікродобривами найбільшу екстрактивність на фоні мінерального удобрення в нормі $N_{30}P_{45}K_{45}$ отримано за триразового підживлення рослин мікродобривами «Вуксал Р Мах» 1,5 л/га під час кущення, «Вуксал Grain» 1,5 л/га під час виходу в трубку та «Вуксал Grain» 1,5 л/га на початку цвітіння, яка складала 83 %. Показник на контролі становив 82,17 %. На фоні мінерального живлення $N_{60}P_{90}K_{90}$ підживлення мікродобривами «Вуксал Р Мах», 2,0 л/га під час кущення, «Вуксал Grain» 2,0 л/га у фазу виходу в трубку та «Вуксал Grain», 2,0 л/га на початку цвітіння забезпечило екстрактивність на рівні 82,6 % за показник на контролі 81,7 % [21].

Отже, якісні показники зерна ячменю озимого, значною мірою, визначається рівнем мінерального живлення. Науково обґрунтована система удобрення, адаптована до ґрунтово-кліматичних умов і біологічних особливостей сорту, є важливою передумовою отримання високоякісного зерна.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Клімат зони вирощування та погодні умови у період досліджень

Ріст та розвиток зернових культур визначається комплексним впливом абіотичних чинників, провідне значення серед яких мають кліматичні умови зони вирощування. У зв'язку з щорічною зміною метеорологічних показників, які виражаються кількістю опадів та середньомісячною температурою повітря зростає необхідність проведення систематичних спостережень за їх зміною. Важливого значення набуває встановлення взаємозв'язків між метеорологічними показниками та продукційним процесом вирощуваних культур в конкретних кліматичних умовах [12; 15].

Дослідження проводили у 2024-2025 рр. в
 “.....”, яке розташоване в с.
 району, області. Територія господарства знаходиться в межах Східно-Європейської рівнини, Західної Лісостепової провінції. Відповідно до фізико-географічного районування, це Західно-Подільська височинна фізико-географічна область,
 височинний фізико-географічний район [3].

Територія розміщення господарства характеризується помірно-континентальним типом клімату з довгою холодною зимою і теплим літом. Середня температура повітря найхолоднішого місяця зими – січня складає -5,2 °С. Найтеплішим місяцем у році є липень з середньою температурою 18,5 °С. Вегетаційний період складає близько 157 днів. Період з температурою повітря вище +5 °С триває 212 днів, з температурою вище +10 °С – 160 днів [50].

За спостереженнями, сума активних температур в регіоні знаходиться на рівні 2565 °С. У третій декаді вересня спостерігаються перші осінні

приморозки, на другу декаду травня припадають останні приморозки. Сніговий покрив утворюється в другій-третій декаді листопада, проте в останні роки не є стійким.

Річна кількість опадів в фізико-географічному районі становить в середньому 655 мм. Основна кількість опадів випадає у літні місяці.

Температура повітря вегетаційного періоду ячменю озимого в роки досліджень відзначалася певними відхиленнями від середньої багаторічної, проте бала сприятлива для розвитку рослин (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Середньомісячна температура повітря в період вегетації ячменю озимого (за даними метеостанції, °C)

Температура	Період визначення										
	2023 р.				2024 р.						
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Середньо-місячна	18,2	11,5	2,5	-2,2	-1,4	3,2	5,3	12,0	16,1	20,5	22,4
	2024 р.				2025 р.						
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
	17,1	8,6	2,3	-2,4	-1,9	3,7	5,8	9,5	10,1	17,6	19,1
Середня багаторічна	12,8	7,6	2,6	-3,2	-3,5	-2,3	1,3	7,2	15,3	16,3	18,2
Відхилення від середнього багаторічного значення											
2023-2024 рр	5,4	3,9	-0,1	1,0	2,1	5,5	4,0	4,8	0,8	4,2	4,2
2024-2025 рр	4,3	1,0	-0,3	0,8	1,6	6,0	4,5	2,3	-5,2	1,3	0,9

Середня місячна температура вересня 2023 року складала 17,1 °C, жовтня – 8,6 °C, спостерігалось перевищення середньої багаторічної температури відповідно на 5,4 та 3,9 °C. У листопаді середня температура знизилася до 2,3 °C.

Весняний період, коли відбувається відновлення вегетації ячменю озимого, відзначався вищими показниками температури повітря порівняно з

середньою багаторічною. Зокрема, у березні перевищення середнього значення складало 4,0, у квітні – 4,8 °С, у травні – 0,8 °С. Середня температура червня зросла до 20,5 °С та перевищувала норму на 4,2 °С.

Температурні умови вегетаційного періоду 2024-2025 років варіювали за місяцями. Відхилення середньої температури вересня та жовтня від багаторічної було на рівні 3,4 та 1,0 °С. Температура весняно-літнього періоду відзначалася нижчими показниками, ніж у попередній рік досліджень. В квітні вона була на рівні 9,5 °С, у травні – 10,1 °С за відхилення 2,3 та -5,2 °С відповідно. Середня температура червня та липня складала 17,6 та 19,1 °С.

Кількість опадів різнилася в роки досліджень (рис. 2.1; дод. Б).

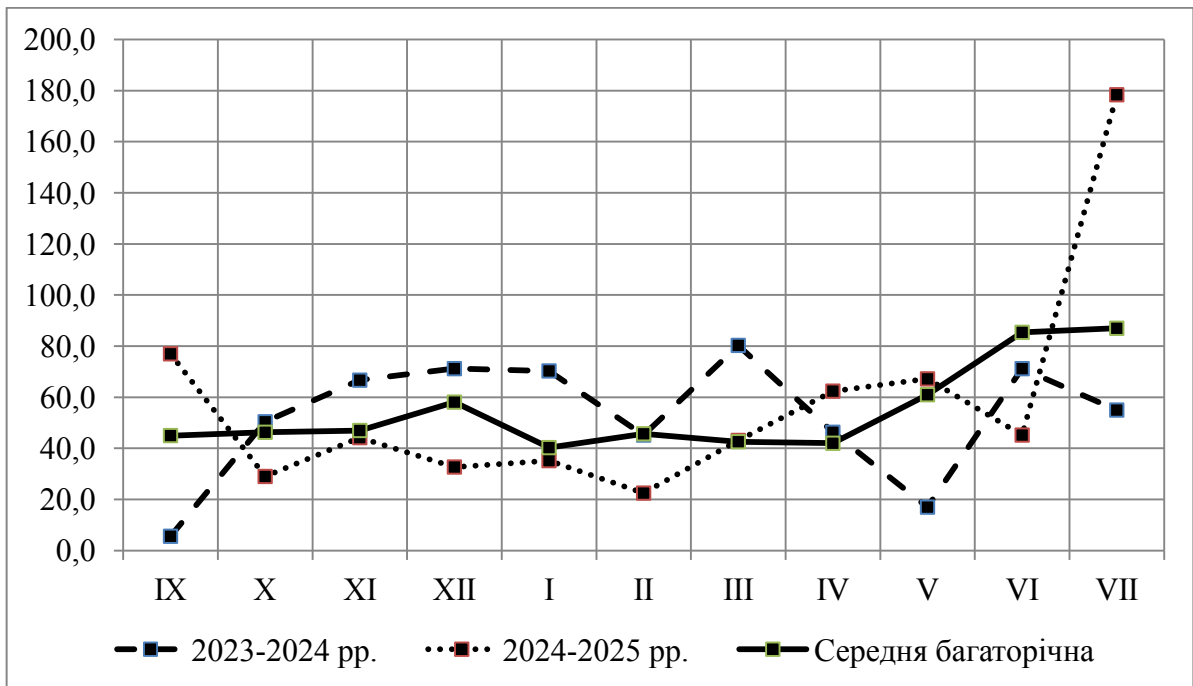


Рисунок 2.1 – Кількість опадів в період вегетації ячменю озимого (за даними метеостанції, мм)

В вересні 2023 року випала найнижча кількість опадів 5,6 мм. Цей показник був нижчим за багаторічну норму на 39,4 мм. В жовтні та листопаді кількість опадів збільшилася до 50,4 та 66,7 мм та перевищила багаторічну кількість опадів відповідно на 4,1 та 19,7 мм. Сума опадів зимові місяці – в грудні та січні становила 71,2 мм та 70,3 мм за відхилення 13,1 та 30,0 мм.

Найвища кількість опадів у весняний період 2024 року випала у березні 80,3 мм, найнижча – у травні 17 мм.

Другий рік досліджень характеризувався більш посушливими умовами зимового періоду. У березні випало 43,1 мм опадів. В квітні та травні кількість опадів була приблизно на одному рівні 62,4 та 67,2 мм та перевищувала багаторічну відповідно на 20,4 та 6,2 мм. В липні спостерігалось випадіння надмірної кількості опадів, яка складала 178,4 мм та перевищила багаторічну на 91,4 мм.

Таким чином, враховуючи варіабельність погодних умов у роки досліджень отримано високу продуктивність ячменю озимого.

2.2. Характеристика ґрунту дослідної ділянки

Ґрунт являє собою природне органо-мінеральне тіло, що виникло в результаті еволюції, залягає на материнській породі та формується під впливом клімату, природних вод та рослинності.

Ґрунт дослідної ділянки чорнозем опідзолений, за гранулометричним складом грубопилувато-легкосуглинковий. Даний тип ґрунту залягає на лесоподібних суглинках. В механічному складі досліджуваного типу ґрунт переважає брилувата фракція структурних агрегатів. Вміст часточок розміром від 0,01 до 0,05 мм складають 56 %, часточки розміром від 0,05 до 0,25 мм – 23 % [10].

Утворення чорноземів опідзолених відбулося під впливом багаторічної трав'яної рослинності. З глибиною профілю спостерігається зростання щільності твердої фази та зниження вмісту гумусу. Щільність будови орного шару складає $1,31 \text{ г/см}^3$. В мінеральній частині містяться оксиди металів, силікати з переважанням оксидів кальцію, магнію, калію, Al_2O_3 та Fe_2O_3 . В валовому хімічному складі вміст кремнезему становить 84 % та є підвищеним [37; 39].

У профілі чорнозему опідзоленого грубопилувато-легкосуглинкового виділяють горизонти:

He_{ор} (0–30 см) – гумусовий орний горизонт, темно-сірого кольору, наявна присипка кремнезему, за структурою зернисто-грудкуватий, легкосуглинковий, містить корені рослин та червоточини, перехід у наступний горизонт помітний за щільністю.

He_{п/ор} (31–50 см) – гумусовий підорний горизонт, характерна грудкувато-зерниста структура, за гранулометричним складом горизонт середньо-суглинистий, за кольором подібний до верхнього гумусового орного горизонту, наявна присипка SiO₂ та копроліти, перехід у нижній горизонт поступовий.

Hp_і (51–70 см) – гумусовий перехідний горизонт, слабоелювіюваний, темно-сірого кольору, за структурою грудкувато-горіхуватий, перехід поступовий.

Phi (71–110) – гумусована материнська порода, бурого кольору з сірим відтінком грудкувато-призматичної структури, відзначається неоднорідністю та зволоженістю, містить дрібнозем у нижній частині, кротовини, перехід у нижній горизонт хвилястий.

Pk (111–165) – материнська порода, палевого кольору з жовтуватим відтінком, безструктурна з карбонатними прожилками.

Чорнозем опідзолений має добрі фізико-хімічні властивості. Ступінь насичення основами у орному шарі становить 88 % та виражається як підвищений [37].

Перед закладанням досліду (табл. 2.2), згідно проведеного агрохімічного аналізу ґрунту, вміст лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) в шарі 0–20 см був на рівні 110 мг/кг ґрунту та відзначався як низький. Вміст рухомого фосфору та обмінного калію (за Чириковим) відповідно становив 96 та 87 мг/кг ґрунту. У шарі 21–40 см вміст елементів живлення був нижчим.

Таблиця 2.2 – Характеристика чорнозему опідзоленого до закладки дослідів, середнє за 2024-2025 рр.

Показники	Шар ґрунту	
	0–20 см	21–40 см
Вміст лужногідролізованого азоту, мг/кг ґрунту	110	103
Вміст рухомого фосфору, мг/кг ґрунту	96	91
Вміст обмінного калію, мг/кг ґрунту	87	79
Вміст гумусу, %	3,74	3,31
pH _{KCl}	5,8	6,2

Вміст гумусу відзначався як низький і складав 3,74 %, реакція ґрунтового розчину – близька до нейтральної з показником pH_{KCl} 5,8.

Отже, чорнозем опідзолений відзначається сприятливими фізико-хімічними та агрохімічними властивостями, що створює сприятливі умови для вирощування сільськогосподарських культур.

2.3. Методика проведення досліджень

В основу проведення досліджень в агрономії покладено застосування загальноприйнятих методик, які ґрунтуються застосуванні польових та лабораторних методів. Точність дослідів визначається методичним рівнем проведення досліджень.

Дослідження проводили користуючись загальноприйнятою методикою Єщенко В. О. та ін. [17]. З метою вивчення ефективності удобрення за вирощування ячменю озимого закладали польовий дослід, який передбачав варіанти з внесенням норм мінеральних добрив та позакореневого підживлення мікродобривом. У схему дослідів включено варіанти:

1. Контроль – без добрив
2. N₆₀P₆₀K₆₀

3. $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га

4. $N_{120}P_{80}K_{80}$

5. $N_{120}P_{80}K_{80}$ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га

Фосфорні та калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту. Використовували суперфосфат простий (19,5 % P_2O_5) та калімаг (44 % K_2O). Азотні добрива вносили у позакореневому підживленні у вигляді аміачної селітри (34,5 % д. р.) у фазу ВВСН 24 та ВВСН 31.

Проводили позакореневе підживлення посівів висококонцентрованим комплексним халатним добривом з вмістом мікроелементів Квантум Сілвер в період вегетації у фазах за ВВСН 26 та 33. У хімічному складі добрива міститься Cu – 1,6 %, Mn – 0,7 %, Zn – 1,6 %, B – 0,5 %, Mo – 0,015 %, Co – 0,003% та N – 7,0%, P_2O_5 – 6,0 %, K_2O – 9,0 %, SO_3 – 3,0%.

Дослід закладали у триразовому повторенні, розміщенням ділянок рендомізоване (табл. 2.3). Площа посівної ділянки складала 68 м^2 , облікової ділянки – 39 м^2 .

Таблиця 2.3 – Розміщення варіантів у польовому досліді
з ячменем озимим

Повторення		
I	II	III
4	3	2
1	5	4
3	1	5
2	4	1
5	2	3

Визначення вміст легкогідролізованих сполук азоту в ґрунті проводили у шарах 0–20 та 21–40 см за методом Корнфілда, рухомі сполуки фосфору та обмінні сполуки калію – в одній витяжці за методом Чирикова, визначення pH_{KCl} здійснювали за ДСТУ ISO 10390:2007.

У період вегетації вели спостереження за ростом та розвитком рослин, визначали біометричні показники та густоту стояння на одиниці площі. Урожайність обліковували шляхом перерахунку з площі дослідної ділянки на гектарну.

Для оцінювання показників якості зерна визначали вміст білка в зерні, вміст крохмалю – поляриметрично за Еверсом, масу 1000 зерен – відповідно до ДСТУ ISO 520:2015. Статистичну й математичну обробку експериментальних даних виконували за допомогою програмного забезпечення Statistica 10 та Microsoft Excel. Розрахунок енергетичної ефективності вирощування ячменю озимого здійснювали за методикою, запропонованою Медведовським О. К. та Іваненком П. І. [28].

2.4. Технологія вирощування ячменю озимого та характеристика сорту

Ефективний розвиток аграрного виробництва вимагає наукового підходу та раціонального розміщення посівних площ для зернових культур з урахуванням потенціальної врожайності та кліматичних умов, які за останні десятиліття істотно змінилися. Важливе значення має впровадження обґрунтованих технологічних прийомів вирощування [19].

Технологія вирощування була загальноприйнятою для зони (дод. А). В польовому досліді попередником ячменю озимого був ріпак озимий. В системі основного обробітку ґрунту було проведено дискування після збору попередника на глибину 12 см дисковою бороною Horsch Joker, яка агрегується з трактором John Deere 8430. Проведено оранку на глибину 27 см плугом Kverneland з метою розпушування та перевертання орного шару, що сприяє поліпшенню його агрофізичних властивостей, структури, водного і повітряного режимів, забезпечує загортання післяжнивних решток.

Передпосівний обробіток ґрунту передбачав застосування комбінованого знаряддя Lemken Kompaktor K 600, що забезпечує

розпушення та вирівнювання посівного шару ґрунту та створення сприятливих умов для проростання насіння.

Сівбу проводили пневматичною сівалкою Horsch Pronto 6 DC на глибину 3 см рядковим способом. Норма висіву 3,5 млн. насінин на 1 га. Сівалка оснащена дисковими сошниками Turbo Disc, які забезпечують точне загортання насіння на задану глибину та рівномірне його розміщення в ґрунті навіть за наявності рослинних решток. Центральна дозувальна система з електронним керуванням дозволяє точно регулювати норму висіву.

Перед посівом насіння протруювали фунгіцидним протруйником Ламардор Про, к. с., 0,6 л/т, діючою речовиною якого є тебуконазол, 150 г/л + Протіоконазол, 150 г/л. Обробляли насіння з метою захисту посівів від сажкових хвороб, фузаріозної та гельмінтоспоріозної кореневих гнилей, пліснявіння насіння під час проростання. В період сходів посіви обприскували інсектицидом Сумі-альфа, к.е., 0,2 л/га (есфенвалерат, 50 г/л) для захисту від смугастої блішки, п'явиці, шведської мухи.

В боротьбі з однорічними та багаторічними дводольними бур'янами вносили гербіцид Калібр, 75 %, в. г. (трибенурон-метил, 250 г/кг + тифенсульфурон-метил, 500 г/кг) з нормою внесення 50 г/га у фазу ВВСН 25. З метою знищення злакових бур'янів посіви обприскували гербіцидом Аксіал 045 ЕС, 1,0 л/га з діючою речовиною пінок саден, 45 г/л.

Важливе значення в період вегетації має боротьба з хворобами, тому захист посівів від ураження комплексом хвороб полягав у внесення фунгіцидів. Застосовували препарат Амістар Екстра, 280 SC., к. с., 0,65 л/га, який ефективний проти ураження рослин борошнистою росою, іржею, септоріозом, сітчастою плямистістю, ринхоспоріозом, плямистістю листя. Діючою речовиною препарату є азоксистробін, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л. Також вносили Адексар Плюс, к.е, 0,9 л/га (епоксиконазол, 41,6 г/л + піраклостробін, 66,6 г/л + флуксапіроксад, 41,6 г/л).

Для захисту від шкідників застосовували дворазову обробку рослин інсектицидами. Вносили препарат Акцент, 40 % к. е., 1,2 л/га (диметоат, 400

г/л), який знищує п'явиці, попелиці та трипси та Карате 050 ЕС, к. е, 0,20 л/га (лямбда-цигалотрин, 50 г/л).

Застосовували зареєстровані пестициди, внесені до Переліку пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні [34].

На дослідному полі вирощували сорт ячменю озимого зернового напряму використання Карміна, який внесений до Державного реєстру сортів рослин придатних до поширення в Україні у 2018 році. Заявником та власником сорту є Заатцухт Донау Гес.м.б.Х. & КоКГ (Австрія). Рекомендовані зони для вирощування – Лісостеп, Полісся та Степ.

За сортовими особливостями форма куща напіврозлога, характеризується слабким антоціановим забарвленням вушок прапорцевого листка. Колос у рослин досліджуваного сорту шестирядний, стрижень колосу за довжиною першого сегменту середній, вигин стрижня колоса першого сегмента помірний. На остюках наявне антоціанове забарвлення кінчиків.

Колоскові луски й остюки довші відносно зернівки. Зернівка плівчата з опушенням вентральної борізки, видовжено-еліптичної форми. Соломина слабо виповнена, вушка повністю охоплюють соломину. Початок колосіння ранній.

Карміна відноситься до середньостиглих сортів з тривалістю періоду вегетації від 246 до 266 діб. Згідно з даними сортовипробування стійкість до вилягання та обсіпання складає 9,0 балів, до посухи – 8,8 балів. Стійкість проти борошнистої роси знаходиться на рівні 8,4 бала, до бурої іржі – 9,0 балів, до гельмінтоспориозу 7,9 балів. Усереднена урожайність в зоні Лісостепу становить 6,93 т/га. Потенційна урожайність складає 8,14 т/га [33].

Сорт є одним з визначальних чинників формування врожайності та якості зерна. Впроваджена технологія вирощування відіграла ключову роль в забезпеченні стабільності продуктивності сорту ячменю озимого Карміна.

РОЗДІЛ 3

ЕФЕКТИВНІСТЬ МАКРОЕЛЕМЕНТНОГО ТА МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО УДОБРЕННЯ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ (РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ)

3.1. Вплив рівня мінерального удобрення на вміст у ґрунті основних елементів живлення у період вегетації ячменю озимого

Удобрення є одним із ключових агротехнічних чинників, що визначає рівень родючості ґрунту. Раціональне застосування добрив сприяє поліпшенню агрохімічних, агрофізичних і біологічних властивостей ґрунту, забезпечуючи оптимальні умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур. Оптимальний рівень удобрення забезпечує підтримання позитивного балансу основних елементів живлення в ґрунті та запобігає деградаційним процесам [14].

Наші дослідження супроводжувалися вивченням впливу удобрення на вміст у ґрунті основних елементів живлення в період вегетації ячменю озимого. Відповідно до отриманих результатів (табл. 3.1), вміст легкогідролізованого азоту у шарі ґрунту 0–20 см в фазу ВВСН 55 на варіанті без застосування добрив був на найнижчому рівні і складав 84 мг/кг ґрунту. За внесення мінеральних добрив в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ його вміст підвищився до 116 мг/кг ґрунту. Позакореневе підживлення мікродобривом Квантум Сілвер незначно впливало на показник вмісту легкогідролізованого азоту, його вміст був на рівні фонові норми мінеральних добрив і складав 119 мг/кг ґрунту. Внесення вищої норми мінеральних добрив $N_{120}P_{80}K_{80}$ збільшувало вміст азоту в ґрунті на 51 мг/кг ґрунту порівняно з контролем, його вміст був на рівні 135 мг/кг ґрунту. На варіанті застосування $N_{120}P_{80}K_{80}$ + Квантум Сілвер забезпеченість азотом легкогідролізованих сполук була на найвищому рівні і становила 139 мг/кг ґрунту.

Таблиця 3.1 – Зміна вмісту легкогідролізованого азоту в чорноземі опідзоленому в період вегетації ячменю озимого залежно від удобрення, середнє за 2024-2025 рр., мг/кг ґрунту

Варіант	Фаза вегетації			
	ВВСН 55		ВВСН 89	
	0-20 см	21-40 см	0-20 см	21-40 см
1. Контроль – без добрив	84	74	72	65
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	116	102	99	86
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	119	104	101	88
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	135	119	115	104
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	139	122	118	106

У шарі ґрунту від 21 до 40 см вміст легкогідролізованого азоту змінювався від 74 мг/кг ґрунту на неудобреному варіанті до 102–122 мг/кг ґрунту на фоні внесення добрив.

В фазу вегетації ячменю озимого ВВСН 89 у рослин наступає рання повна стиглість. В процесі розвитку від попередньої фази визначення рослини продовжували засвоювати азот з ґрунту, відповідно їх вміст в ґрунті на дану фазу знизився порівняно з попереднім визначенням. Зокрема, на контролі вміст легкогідролізованого азоту у верхньому шарі ґрунту складав 72 мг/кг ґрунту. Внесення добрив на другому та третьому варіантах збільшувало його вміст відповідно на 27 та 29 мг/кг ґрунту, показники були на рівні 99 та 101 мг/кг ґрунту. Максимальну забезпеченість азотом відзначено за вищої норми мінеральних добрив у четвертому та п'ятому варіантах, де складала 104 та 106 мг/кг ґрунту.

В нижньому шарі ґрунту станом на цю фазу вміст азоту змінювався від 65 мг/кг ґрунту на контролі до 86–106 мг/кг ґрунту за внесення добрив.

Мінеральне удобрення впливало на зміну вмісту в чорноземі опідзоленому рухомого фосфору (рис. 3.1).

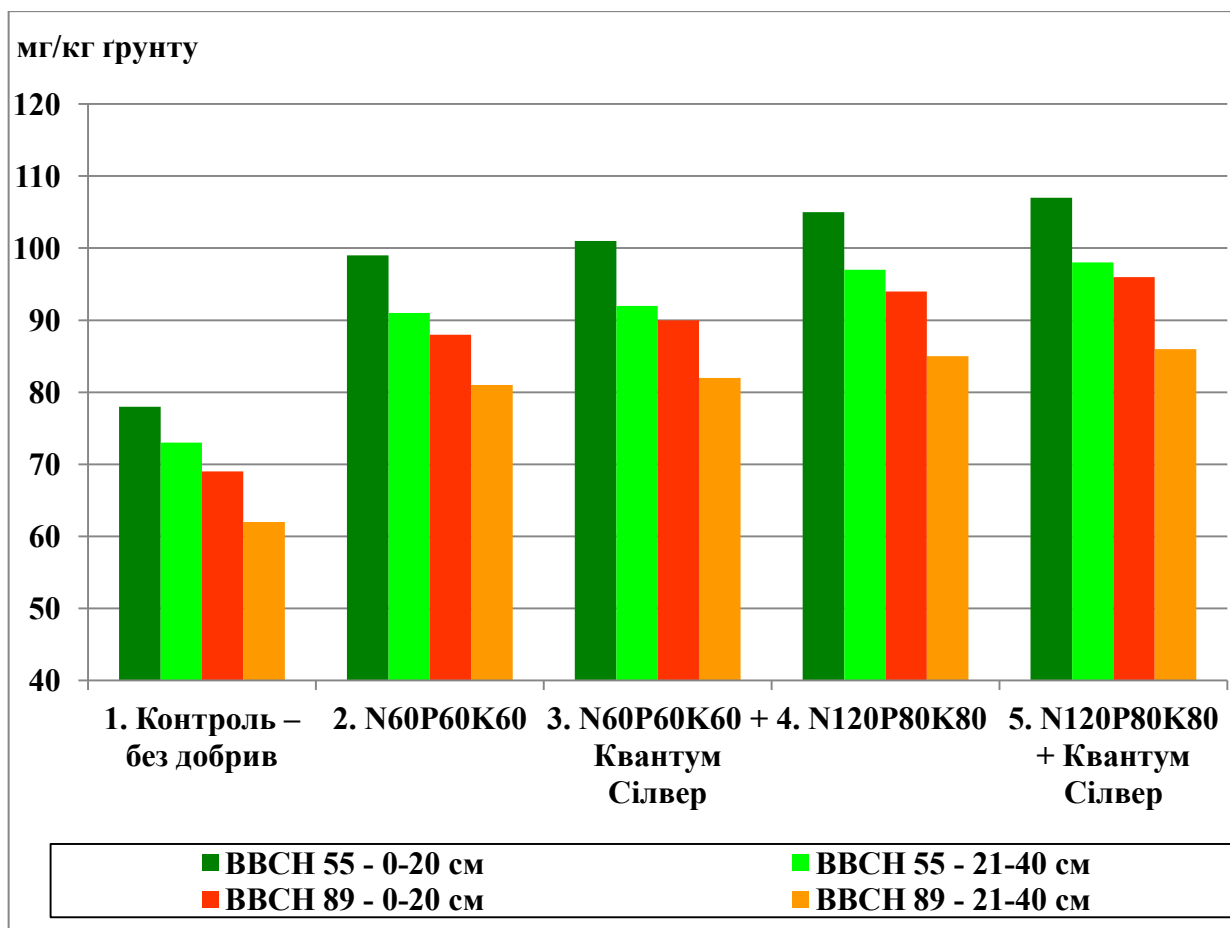


Рисунок 3.1 – Вміст рухомого фосфору у період вегетації ячменю озимого під впливом удобрення, середнє за 2024-2025 рр.

Варіант без застосування мінеральних добрив забезпечував найнижчий вміст рухомого фосфору в верхньому шарі ґрунту у фазу BVCH 55. Він був на рівні 78 мг/кг ґрунту. Мінеральне удобрення з внесенням по 60 кг/га азоту, фосфору та калію за діючою речовиною збільшувало його вміст до 99 мг/кг ґрунту. За підживлення посівів Квантум Сілвер на зазначеному мінеральному фоні вміст рухомого фосфору складав 101 мг/кг ґрунту, тобто був на рівні фонової норми добрив. Застосування 120 кг/га азоту та по 80 кг/га фосфору та калію обумовило отримання вмісту показника на рівні 105 мг/кг ґрунту, внесення мікродобрива на їх фоні – 107 мг/кг ґрунту, що було найвищим показником.

Агрохімічний аналіз ґрунту показав, що в шарі від 21 до 40 см вміст рухомого фосфору зростав за варіантами дослідів і змінювався від 73 мг/кг ґрунту на контролі до 91-98 мг/кг ґрунту на фоні удобрення.

В фазу ВВСН 89 відзначено зниження вмісту в ґрунті рухомого фосфору порівняно з попередньою фазою, що пов'язано з використанням його рослинами. З підвищенням норми добрив його вміст у ґрунті збільшувався. У верхньому шарі ґрунту рухомі сполуки фосфору змінювалися від 69 мг/кг ґрунту на першому варіанті до 88–96 мг/кг ґрунту на другому – п'ятому варіантах, в шарі ґрунту від 21 до 40 см – від 62 до 81–86 мг/кг ґрунту.

Вміст обмінного калію зберігав подібну тенденцію до зростання на варіантах з внесенням добрив (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Вплив різних варіантів удобрення на забезпеченість ґрунту обмінним калієм у період вегетації ячменю озимого, середнє за 2024-2025 рр., мг/кг ґрунту

Варіант	Фаза вегетації			
	ВВСН 55		ВВСН 89	
	0-20 см	21-40 см	0-20 см	21-40 см
1. Контроль – без добрив	75	67	63	57
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	98	88	84	77
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	99	89	86	78
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	106	92	96	84
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	109	94	98	86

Найнижчою забезпеченістю обмінним калієм характеризувався неудобрений варіант. В першу фазу визначення на цьому варіанті він складав 75 мг/кг ґрунту. На фоні N₆₀P₆₀K₆₀ підвищився на 23 мг і складав 98 мг/кг

грунту. Істотне зростання вмісту обмінного калію спостерігалось за внесення $N_{120}P_{80}K_{80}$ на варіантах 4 та 5, де він був на рівні 106–109 мг/кг ґрунту. В шарі 21–40 см за мінерального удобрення вміст обмінних сполук калію збільшувався порівняно з неудобреним варіантом на 21–27 мг/кг ґрунту.

Зниження вмісту обмінного калію у фазу 89 обумовлене використанням його рослинами з ґрунту. Показники його вмісту у шарі ґрунту від 0 до 20 см були в межах 63–98 мг/кг ґрунту.

Отже вміст у ґрунті основних елементів мінерального живлення визначався нормою внесення азоту. Позакореневе застосування мікроелементного добрива не здійснювало істотного впливу на ці показники, оскільки спрямоване на посилення ростових процесів рослин.

3.2. Ріст та розвиток ячменю озимого під впливом застосування макро- та мікродобрив

Врожай зерна залежить від дії фотосинтезу, в процесі якого з простих речовин утворюються багаті енергією складні та різноманітні за хімічним складом органічні сполуки. Одним із найбільш динамічних показників фотосинтетичної діяльності рослин є площа листкової поверхні.

Дворічні дослідження показали, що площа листкової поверхні ячменю озимого у фазу визначення ВВСН 59 залежала від рівня мінерального удобрення (табл. 3.3).

Без внесення добрив площа асиміляційної поверхні була найнижчою і становила 31,7 тис. m^2 /га. Застосування мінеральних добрив та листкове підживлення мікродобривом збільшувало її на різні величини. На фоні мінеральних добрив в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ отримано приріст площі листків на рівні 14,2 тис. m^2 /га за показника 45,9 тис. m^2 /га. Ефективність мікродобрива Квантум Сілвер з нормою внесення 1,0 л/га на зазначеному фоні мінерального живлення проявилось у зростанні листкової площі на 1,1 тис. m^2 /га відносно фону та 15,3 тис. m^2 /га відносно контролю.

Таблиця 3.3 – Площа листкової поверхні ячменю озимого у фазу ВВСН 59 за внесення мінеральних добрив та проведення підживлень мікродобривами, середнє за 2024-2025 рр.

Варіант	Площа листкової поверхні, тис. м ² /га	Приріст до контролю, тис. м ² /га
1. Контроль – без добрив	31,7	-
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	45,9	14,2
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	47,0	15,3
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	51,0	19,3
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	52,3	20,6

Внесення мінеральних добрив у вищій нормі N₁₂₀P₈₀K₈₀ сприяло отриманню площі листкової поверхні на рівні 51,0 тис. м²/га, яка перевищувала неудобрений варіант на 19,3 тис. м²/га. Мінеральний фон з внесенням N₁₂₀P₈₀K₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га забезпечив найвищий приріст асиміляційної поверхні, який сягав 20,6 тис. м²/га, площа листків складала 52,3 тис. м²/га.

Встановлено, що у фазу ВВСН 59 основну роль у постачанні колоса асимілятами відіграють два верхні листка, ступінь розвитку яких визначає інтенсивність фотосинтезу та продуктивність рослин. Весняно-літні підживлення посівів позитивно позначається не тільки на величині площі листкової поверхні рослин, але й сприяють подовженню функціонування листкового апарату [32].

У фазу за ВВСН 77 листковий апарат продовжував функціонувати, проте площа листкової поверхні була нижчою порівняно з попередньою фазою визначення. Це пов'язано з тим, що асимілянти в дану фазу у більшій мірі надходять у зернівку (табл. 3.4).

На контролі – без добрив площа листків становила 16,1 тис. м²/га.

Таблиця 3.4 – Вплив удобрення на площу асиміляційної поверхні ячменю озимого у фазу за ВВСН 77, середнє за 2024-2025 рр.

Варіант	Площа листової поверхні, тис. м ² /га	Приріст до контролю, тис. м ² /га
1. Контроль – без добрив	16,1	-
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	21,7	5,6
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	22,6	6,5
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	26,2	10,1
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	27,3	11,2

На мінеральному фоні другого варіанту її значення було на рівні 21,7 тис. м²/га, приріст складав 5,6 тис. м²/га. Внаслідок позакореневого внесення мікродобрива Квантум Сілвер на третьому варіанті отримано площу листової поверхні – 22,6 тис. м²/га. Збільшення площі відносно фону мінеральних добрив було на рівні 0,9 тис. м²/га, відносно контрольного варіанту 6,5 тис. м²/га. Площа асиміляційної поверхні на четвертому варіанті збільшилася до 26,2 тис. м²/га, тобто приріст складав 10,1 тис. м²/га. Проведення підживлення посівів мікродобривом на фоні основного внесення 120 кг/га азоту, 80 кг/га фосфору та 80 кг/га калію забезпечило приріст площі до фону 1,1 тис. м²/га, до контролю 11,2 тис. м²/га. Її показник відзначався як найвищий і становив 27,3 тис. м²/га.

В фазу ВВСН 83 ми визначали висоту рослин ячменю озимого залежно від удобрення (рис. 3.2). Станом на зазначену рослини досягають максимальних лінійних розмірів, тому можливо встановити вплив досліджуваного чинника на ці показники.

Визначення проведені у 2024 році показали, що висота рослин збільшувалася від 87,7 см на контролі до 94,6–100,8 см при застосуванні

добрив. прирости були в межах 6,9–13,1 см. В 2025 році показники змінювалися від 85,4 см до 91,6–96,2 см, прирости складали 6,2–10,8 см.

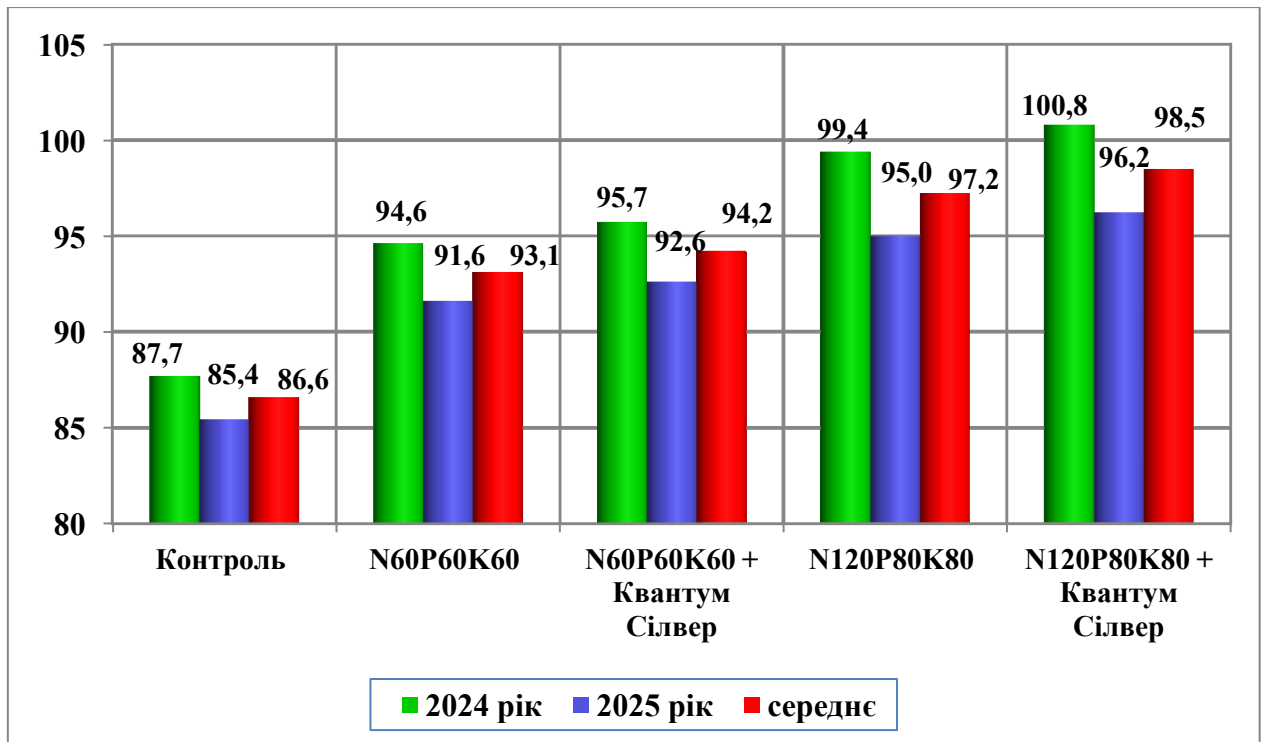


Рисунок 3.2 – Вплив норм мінеральних добрив та позакореневого підживлення мікродобривом на висоту рослин ячменю озимого в фазу BBCH 83 у 2024-2025 рр., см

У середньому за два роки, вирощування ячменю озимого без добрив висота рослин складала всього 86,6 см, що було найменшим показником в досліді. За внесення по 60 кг/га діючої речовини азоту, фосфору і калію її приріст склав 6,6 см порівняно з контролем, за внесення мікродобрив на цьому фоні – 7,6 см. Показники відповідно були на рівні 93,1 та 94,2 см.

На варіанті, де застосовували підвищене мінеральне удобрення в нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$ висота рослин збільшилася до 97,2 см та перевищила неудобрений варіант на 10,7 см. Мікродобриво Квантум Сілвер було ефективнішим на фоні цієї норми добрив, оскільки приріст висоти до фону складав 1,3 см, до контролю та був найвищим. Рослини відзначалися висотою на рівні 98,5 см.

Важливим показником є кількість продуктивних колосів на одиниці площі, від якої залежить урожайність (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Кількість продуктивних колосів ячменю озимого у фазу ВВСН 89 залежно від фону мінерального живлення, результати досліджень 2024-2025 рр.

Варіант	Кількість колосів, шт./м ²			± до без добрив, шт./м ²
	2024 р.	2025 р.	середнє	
1. Контроль – без добрив	532	529	531	–
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	596	586	591	61
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	609	597	603	73
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	631	616	624	93
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	647	629	638	108

В роки досліджень відзначено неоднакову кількість продуктивного стеблостою на одиниці площі, що пов'язано з неоднаковими умовами вегетаційного періоду. У перший рік досліджень кількість колосів на контролі складала 532 шт./м², на удобрюваних варіантах підвищувалася на 64–115 шт./м². Показники були в межах від 596–647 м². Прирости до неудобреного варіанту на другому році досліджень змінювалися від 57 до 100 шт./м² за показників 586–629 шт./м².

Середні дворічні показали найнижчу передзбиральну кількість колосів на фоні без добрив, яка складала 531 шт./м². На варіанті з нормою добрив N₆₀P₆₀K₆₀ відзначено на 61 колос більше порівняно з контролем, отримано 591 колос на одиниці площі. Листкове підживлення добривом з вмістом мікроелементів Квантум Сілвер на варіанті 3 незначно збільшувало кількість продуктивних стебел, отримано 603 колосів на 1 м², що було вищим від контролю на 73 колоси.

За внесення мінеральних добрив нормі N₁₂₀P₈₀K₈₀ кількість продуктивних колосів зростає до 624 шт./м², на варіанті N₁₂₀P₈₀K₈₀ + Квантум

Сілвер, 1,0 л/га – до 638 шт./м², де була найвищою. Прирости кількості колосів складали відповідно 93 та 108 шт./м².

Отже, застосування норм мінеральних добрив та позакореневе внесення на їх фоні мікродобрив позитивно впливає на ростові процеси рослин ячменю озимого.

3.3. Вплив макроелементного та мікроелементного удобрення на формування елементів структури урожаю ячменю озимого

Структура урожаю зернових культур – це сукупність морфологічних і кількісних показників рослин, які формують рівень врожайності та якість зерна. Аналіз цих елементів дає змогу оцінити ефективність агротехнічних заходів і потенціал сорту. Врожайність ячменю озимого формується як результат взаємодії всіх елементів структури урожаю. Порушення або недорозвинення одного з них може призвести до зниження загального врожаю, навіть за сприятливих умов розвитку інших показників.

Важливими показниками є довжина колоса, кількість зерен у колосі та маса зерна з одного колоса. Довжина колоса є сортовою ознакою, але значною мірою залежить від умов живлення та зволоження. Науковці зазначають, що довший колос містить більше зерен, що позитивно впливає на врожай. Кількість зерен у колосі формується в період від колосіння до цвітіння і також залежить від забезпеченості рослин поживними речовинами та вологою.

Спостерігалось зростання довжини колоса за внесення мінеральних добрив та позакореневого застосування мікродобрив у 2024 році (рис. 3.3). Внесення мінеральних добрив в нормі 60 кг/га азоту, 60 кг/га фосфору та 60 кг/га калію за діючою речовиною сприяло отриманню довжини колоса на рівні 6,8 см, приріст до неудобреного фону складав 0,7 см. Позакоренева обробка рослин мікродобривом Квантум Сілвер забезпечила її зростання до 7,2 см, що вище від контролю на 1,1 см. На фоні удобрення в нормі 120 кг/га

азоту, 80 кг/га фосфору та 80 кг/га калію приріст довжини колоса становив 1,3 см за показника 7,4 см.

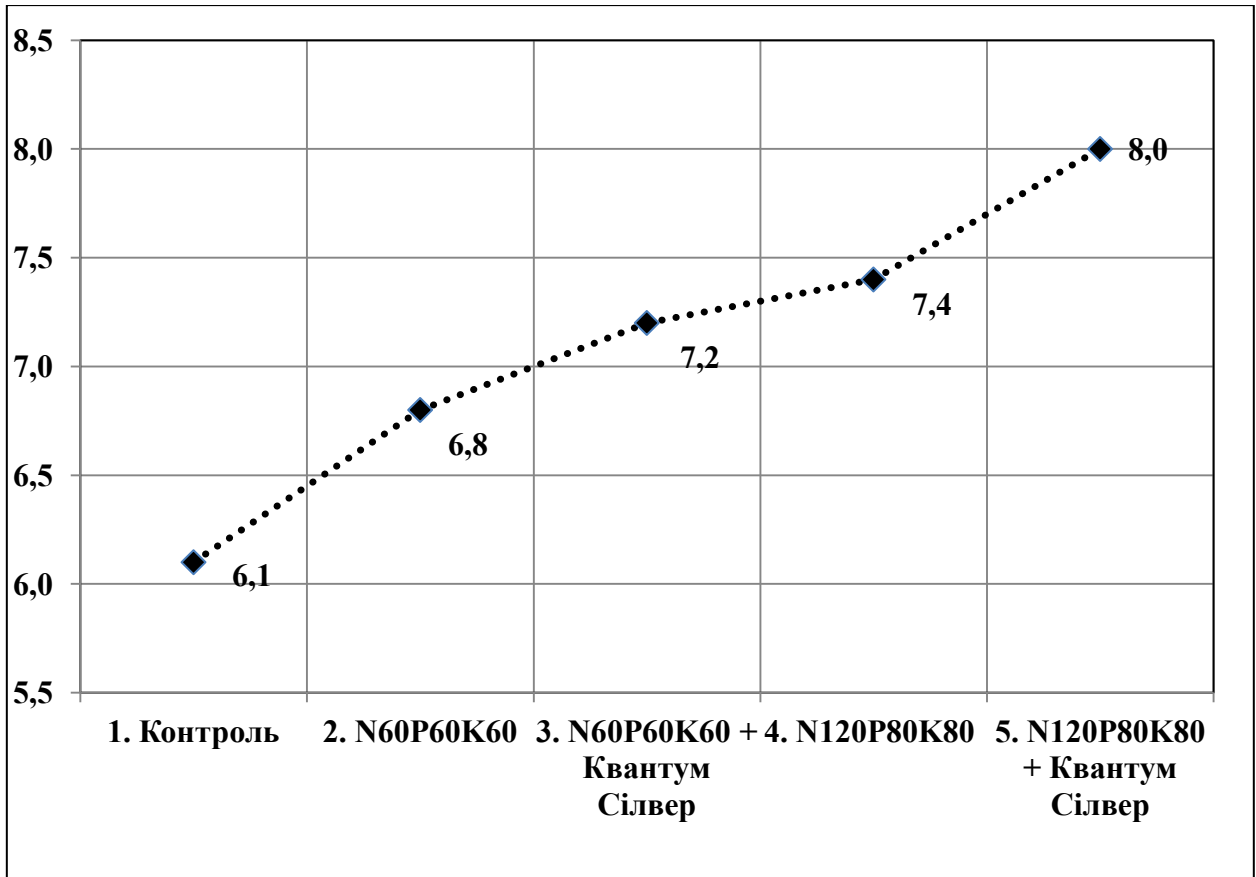


Рисунок 3.3 – Вплив макро- та мікродобрих на довжину колоса ячменю озимого у 2024 році, см

Внаслідок обприскування рослин мікродобрином на фоні даної норми мінеральних добрив відзначено найвищу довжину колоса, яка була на рівні 8,0 см та перевищувала контроль на 1,9 см.

Показники довжини колоса в 2025 році (рис. 3.4) також змінювалися під впливом застосування основного мінерального удобрення та позакореневого підживлення посівів мікродобрином. На неудобреному варіанті довжина колоса була найнижчою – 5,6 см, застосування добрив на варіант 2 забезпечило її збільшення до 6,2 см. Поєднане застосування мінеральних добрив та позакореневого підживлення (варіант 3) сприяло отриманню показника на рівні 6,5 см, що вище від контролю на 0,9 см.

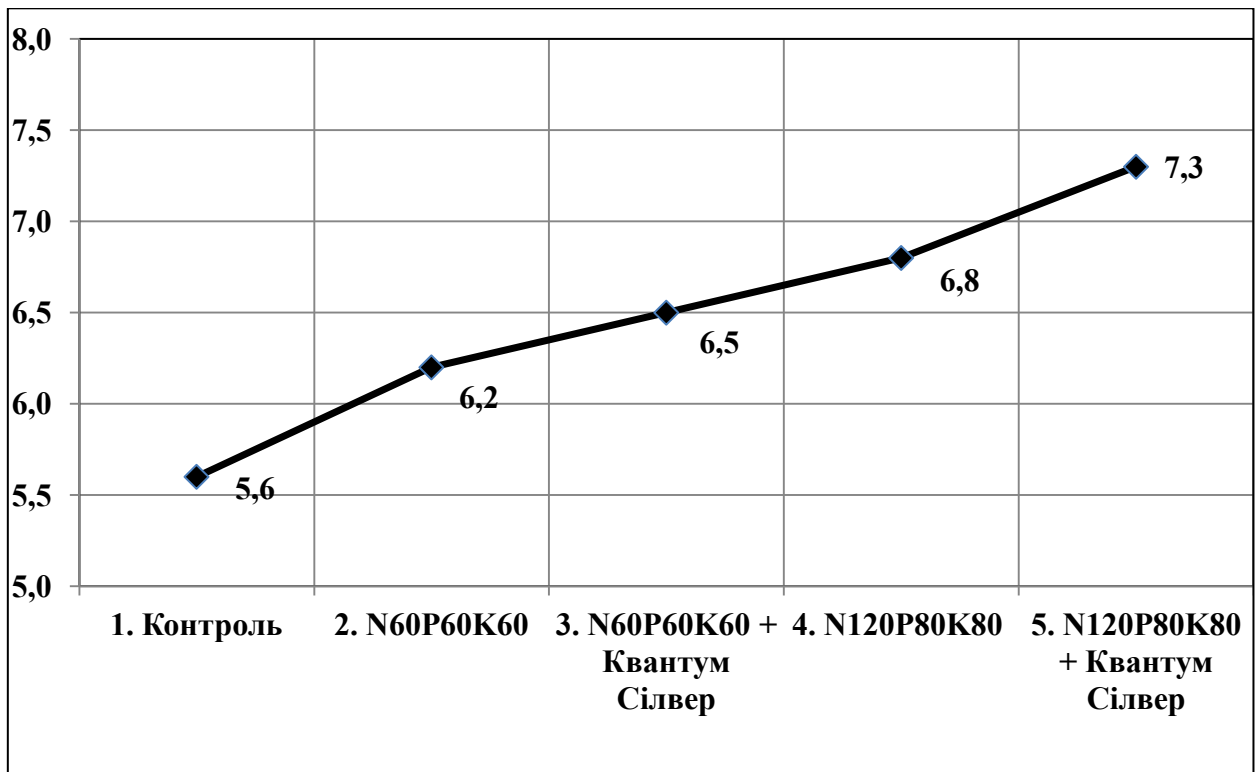


Рисунок 3.4 – Формування довжини колоса ячменю озимого залежно від удобрення у 2025 році

Найвищу довжину колоса отримано за внесення максимальної норми добрив на варіанті 4 та проведення підживлення на її фоні (варіант 5), де вона складала відповідно 6,8 та 7,3 см за приростів 1,2 та 1,7 см.

Середніми дворічними даними (табл. 3.6) підтверджено, що неудобрений варіант є найменш продуктивним, довжина колоса була найнижчою і складала 5,9 см. Мінеральне удобрення в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га сприяло отриманню довжини колоса на рівні 6,5 та 6,9 см, що вище від контрольного варіанту відповідно на 0,7 та 1,0 см.

Збільшення колоса у довжині було більш істотним на мінеральному фоні з внесенням добрив в нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$, яке складало 1,3 см за показника 7,1 см. Найвищий показник отримано в результаті внесення Квантум Сілвер, 1,0 л/га на фоні даної норми мінеральних добрив, який складав 7,7 см, що вище від неудобреного варіанту на 1,8 см.

Таблиця 3.6 – Вплив норм мінеральних добрив та мікродобрив на довжику колоса, середнє за 2024–2025 рр.

Варіант	Довжина колоса, см	+/- до контролю, см
1. Контроль – без добрив	5,9	–
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,5	0,7
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	6,9	1,0
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	7,1	1,3
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	7,7	1,8

Кількість зерен в колосі також зростала під впливом мінерального удобрення. Згідно отриманих даних (табл. 3.7), у 2024 році озерненість колоса змінювалася від 44,3 шт./колос на контролі до 48,2–52,2 шт. на фоні внесення мінеральних добрив та позакореневого підживлення посівів мікродобривом.

Таблиця 3.7 – Кількість зерен в колосі ячменю озимого залежно від фону мінерального живлення, результати досліджень 2024-2025 рр.

Варіант	Кількість зерен в колосі, шт.			+/- до без добрив, шт.
	2024 р.	2025 р.	середнє	
1. Контроль – без добрив	44,3	42,7	43,5	–
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	48,2	46,2	47,2	3,7
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	49,1	46,9	48,0	4,5
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	51,1	49,1	50,1	6,6
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	52,2	50,0	51,1	7,6

Прирости до неудобреного фону були на рівні 3,9–7,9 зерен на колос. У

2025 році кількість зерен в колосі на контролі становила 42,7 шт. На фоні внесення добрив вона коливалася в межах від 46,2 до 50,0 шт./колос за приросту 3,5–7,3 шт./колос.

В середньому за два роки на контролі в колосі налічувалося 43,5 зерен. За мінерального удобрення в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ вона зросла на 3,7 зерен та становила 46,2 зерен/колос. Підживлення ячменю озимого мікроелементним добривом Квантум Сілвер на третьому варіанті забезпечило приріст кількості зерен до фонові норми добрив на рівні 0,8 шт., до контролю – 4,5 шт.

На фоні мінеральних добрив в нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$, в середньому, у колосі налічувалося 50,1 зерен, що вище від контролю на 6,6 зерен. Позакореневе застосування мікродобрива на п'ятому варіанті забезпечило найвищу кількість зерен, яка складала 51,1 шт./колос.

Встановлена залежність кількості зерен в колосі від його довжини показала тісний кореляційний зв'язок між ознаками, $R^2 = 0,95$ (рис. 3.5).

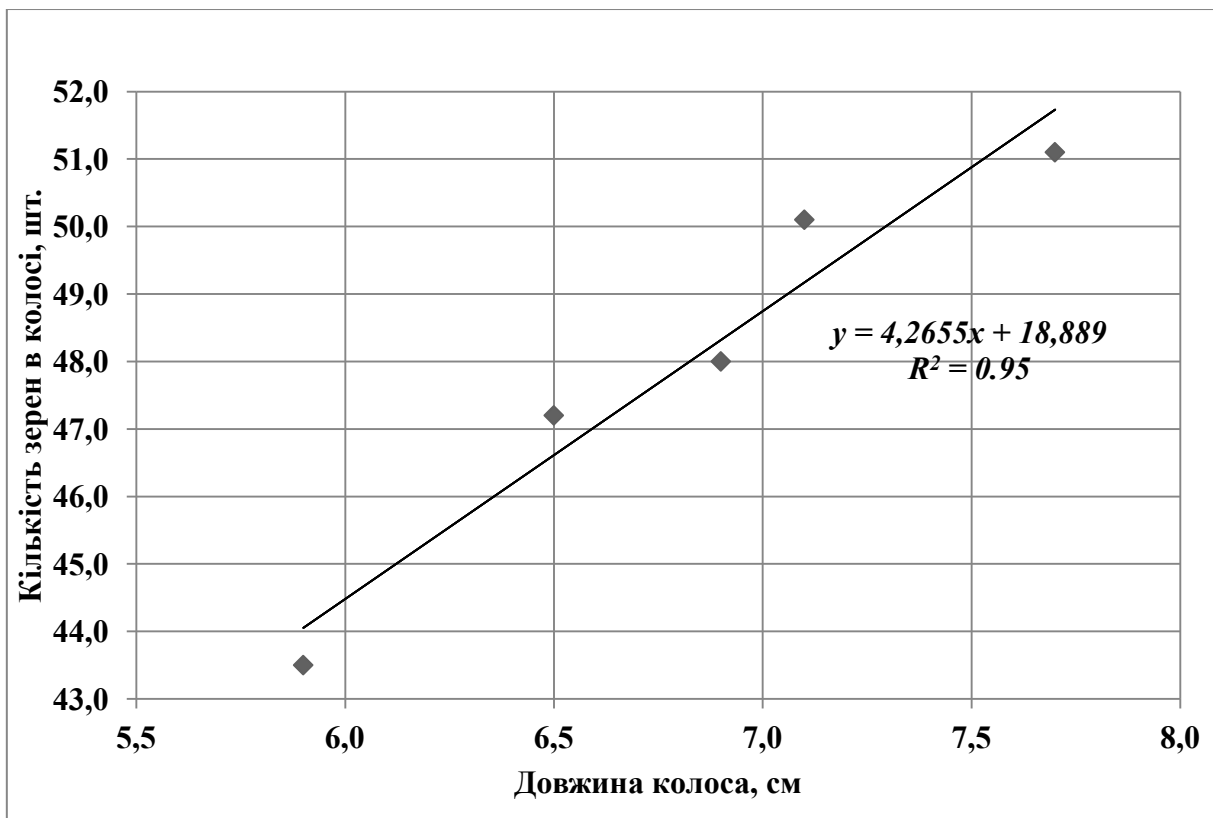


Рисунок 3.5 – Залежність кількості зерен в колосі від його довжини за різного рівня мінерального удобрення, середнє за 2024-2025 рр.

Залежність описується рівнянням регресії:

$$y = 4,2655x + 18,889, \quad (3.1)$$

де y – кількість зерен в колосі ячменю озимого за різного рівня мінерального живлення, шт., x – довжина колоса, см

Таким чином, дворазове позакореневе підживлення посівів мікродобривом на мінеральному фоні є ефективним щодо впливу на показники елементів структури урожаю ячменю озимого.

3.4. Урожайність ячменю озимого за різного рівня удобрення

У технології вирощування ячменю озимого провідним є ґрунтове живлення та використання мінеральних добрив, що визначають обсяг урожаю. З добривами в ґрунт потрапляють важливі для життєдіяльності рослин елементи. Вплив кожного з них на процеси розвитку пов'язаний з їх фізіологічною роллю в обміні речовин. Важливо встановити ефективність удобрення в конкретних умовах [2].

Дослідження проведені на чорноземі опідзоленому у 2024 році (рис. 3.6) показали, що застосування норм мінеральних та позакореневе внесення мікродобрив позитивно впливало на продукційний процес ячменю озимого. Спостерігалось зростання показників урожайності на різні величини під впливом удобрення.

На варіанті без внесення добрив урожайність становила 4,45 т/га та бала найнижчою. Внесення мінеральних добрив в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило її підвищення на 1,19 т/га, або 26,7 % порівняно з неудобреним варіантом, показник складав 5,64 т/га. За позакореневого підживлення посівів мікродобривом Квантум Сілвер, 1,0 л/га на зазначеному мінеральному фоні

урожайність відносно фону зросла на 0,31 т/га і складала 5,95 т/га. Приріст до контролю був на рівні 1,50 т/га, або 33,7 %.

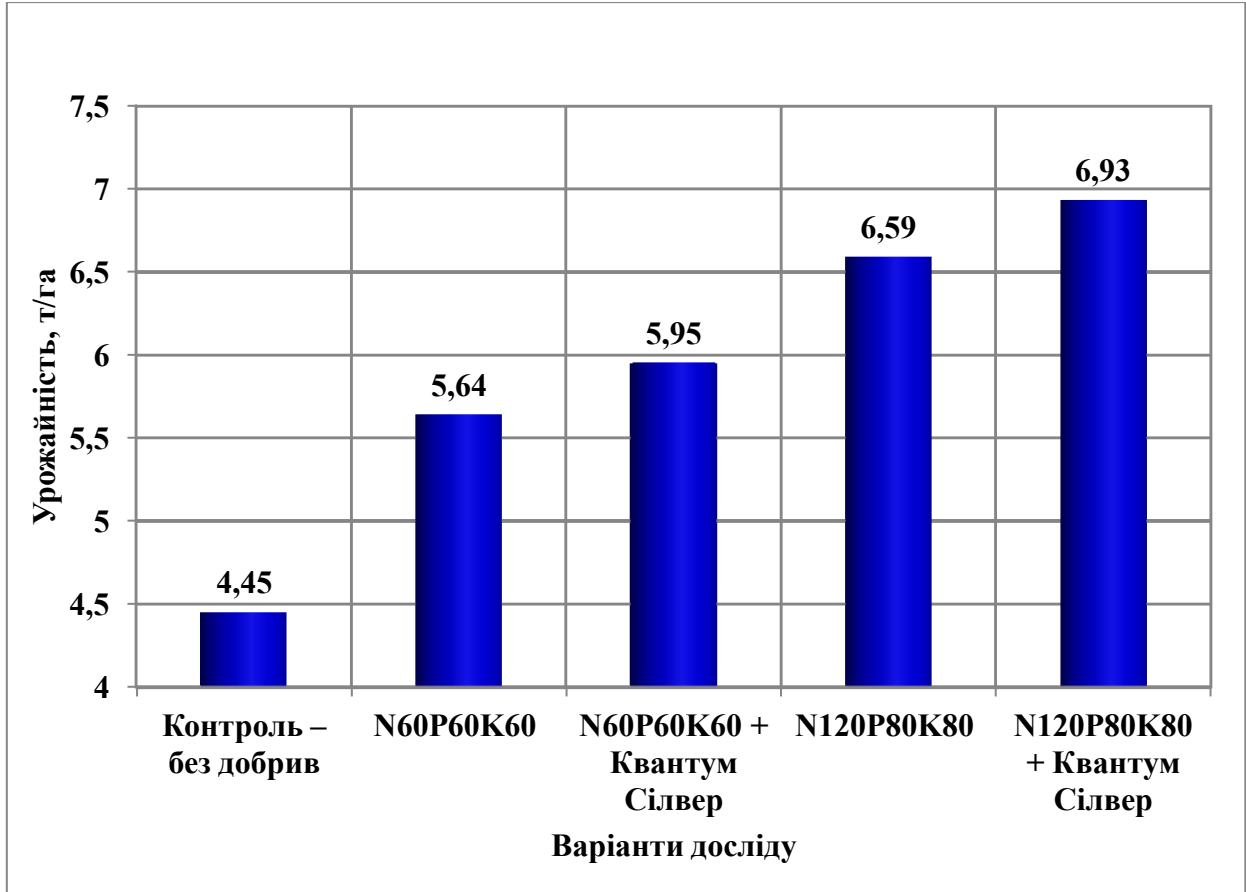


Рисунок 3.6 – Вплив норм мінеральних добрив та позакореневого внесення мікродобрив на урожайність ячменю озимого у 2024 році

Вищою ефективністю характеризувалося внесення мінеральних добрив в нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$. На вказаному варіанті урожайність зросла до 6,59 т/га за приросту 2,14 т/га, або 48,1 %. Позакореневе підживлення добривом з вмістом мікроелементів за даної норми мінеральних добрив забезпечило отримання найвищої урожайності, яка була на рівні 6,93 т/га та перевищувала фон мінеральних добрив на 0,34 т/га, контрольний варіант на 2,48 т/га.

У 2025 році отримано нижчу урожайність ячменю озимого на контрольному варіанті порівняно з попереднім роком, яка була на рівні 4,23 т/га, що пов'язано з впливом погодних умов (рис. 3.7).

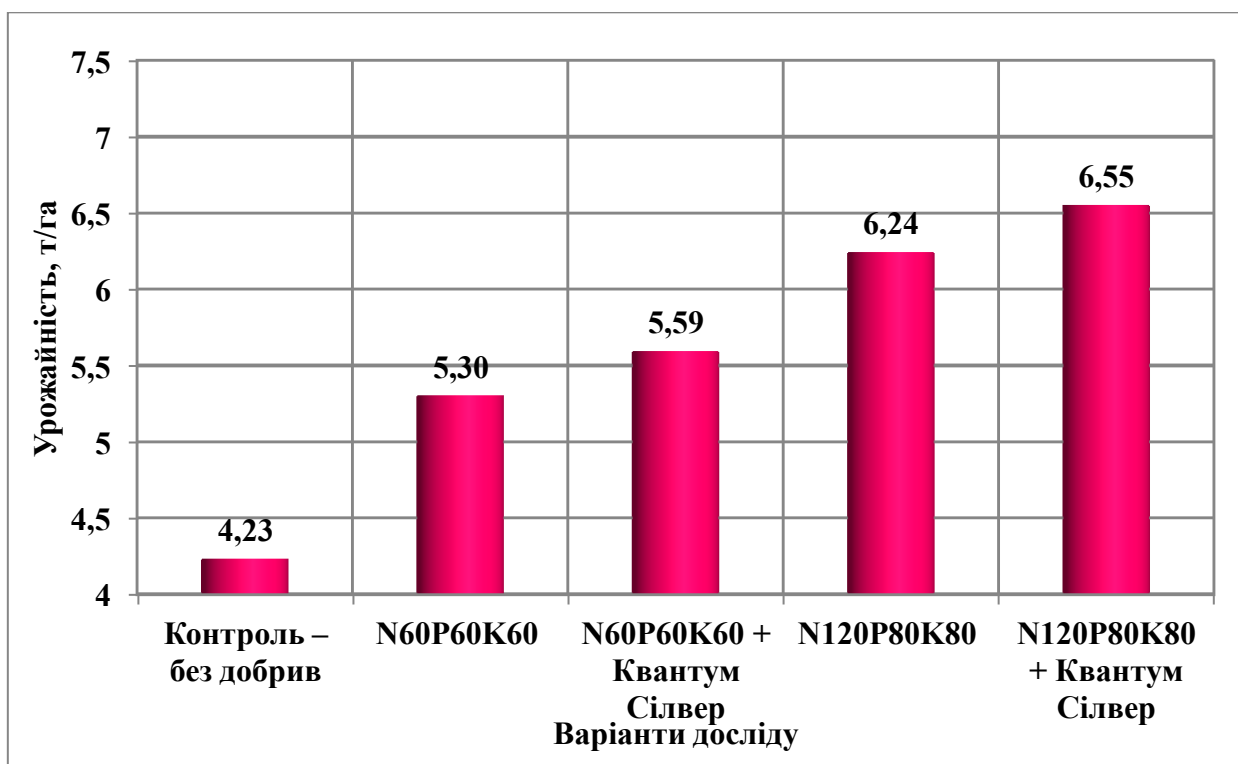


Рисунок 3.7 – Формування урожайності ячменю озимого під впливом удобрення у 2025 році

Проте, за варіантами дослідів відзначено зростання показників. На фоні мінеральних добрив з внесенням по 60 кг/га діючої речовини азоту, фосфору та калію рівень урожаю підвищився до 5,30 т/га, приріст складав 1,07 т/га. Позакореневе внесення мікродобрив в період вегетації сприяло отриманню урожайності на рівні 5,59 т/га зерна, що вище від фонові норми мінеральних добрив на 0,29 т/га. На четвертому варіанті з застосуванням максимальної норми добрив отримано показник на рівні 6,24 т/га зерна, на п'ятому варіанті – 6,55 т/га, який був найвищим. Прирости до контролю відповідно складала 2,01 т/га, або 47,5 % та 2,32 т/га, або 54,8 %.

В середньому за два роки досліджень, найнижчу врожайність культури забезпечив контрольний варіант, яка була на рівні 4,34 т/га зерна (табл. 3.8).

На фоні удобрення в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ рівень урожаю зростав порівно з контролем на 1,13 т/га за показника 5,47 т/га. Дворазове внесення мікродобрива Квантум Сілвер на фоні мінеральних добрив (варіант 3)

збільшувало урожайність відносно фону на 0,30 т/га, приріст до контролю становив 1,43 т/га.

Таблиця 3.8 – Вплив рівнів мінерального удобрення на урожайність ячменю озимого, середнє за 2024–2025 рр.

Варіант	Урожайність, т/га	+/- до контролю, т/га	+/- до контролю, %
1. Контроль – без добрив	4,34	–	–
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,47	1,13	26,0
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 1,0 л/га 1,0 л/га	5,77	1,43	32,9
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	6,42	2,08	47,8
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	6,74	2,40	55,3

За внесення мінеральних добрив в нормі N₁₂₀P₈₀K₈₀ урожайність ячменю озимого складала 6,42 т/га за приросту 2,08 т/га. Найвищу урожайність у досліді забезпечило сумісне внесення зазначеної норми мінеральних добрив та мікроелементного добрива, яка сягала 6,74 т/га та перевищувала контроль – без добрив на 2,40 т/га.

Встановлено тісний кореляційний зв'язок між урожайністю ячменю озимого та площею листової поверхні. Коефіцієнт детермінації, який виражається як $R^2 = 0,94$ (рис. 3.8).

Рівняння регресії, яке характеризує отриману залежність має вигляд:

$$y = 0,111x + 0,705, \quad (3.2)$$

де y – урожайність ячменю озимого за різного рівня мінерального живлення, т/га,

x – площа листової поверхні у фазу ВВСН 59, тис. м²/га.

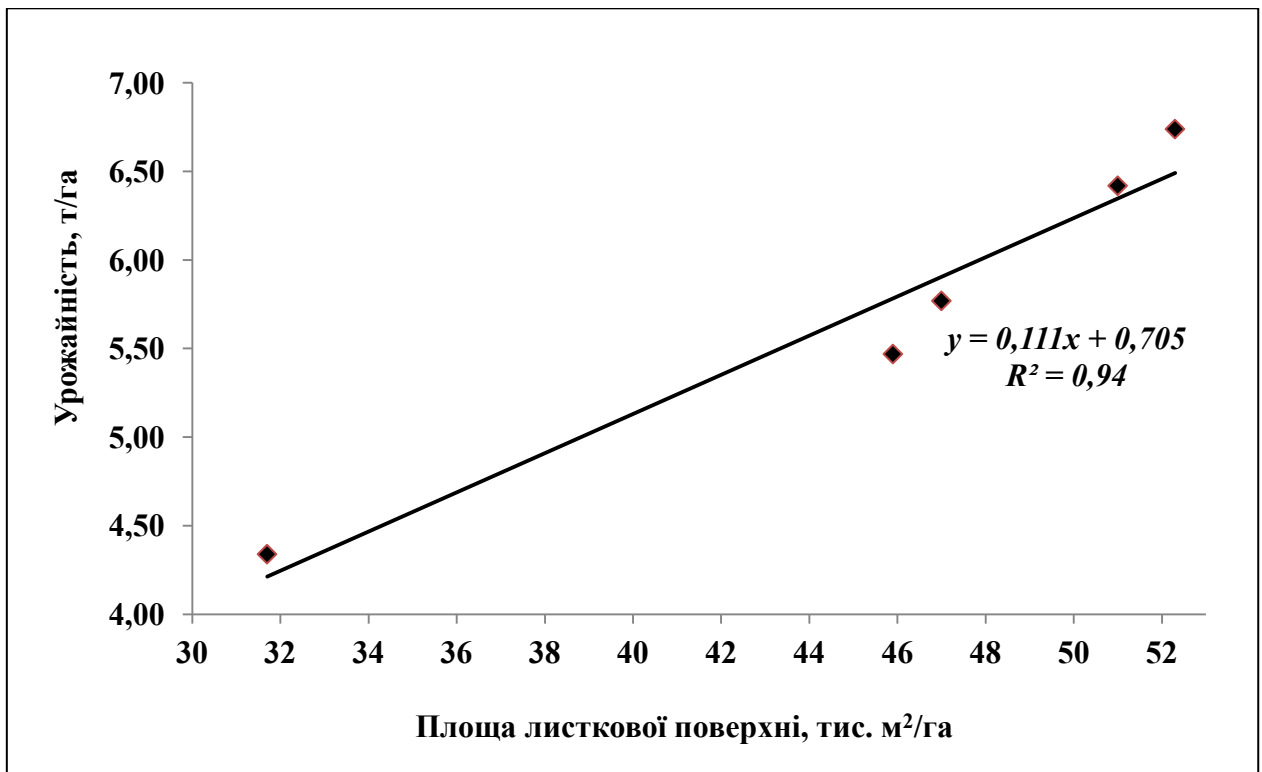


Рисунок 3.8 – Залежність урожайності від площі листкової поверхні у фазу BBCH 59 , середнє за 2024-2025 рр.

Отже, площа листкової поверхні ячменю озимого змінюється впродовж вегетації, внесення норм мінеральних добрив та листкове підживлення забезпечує її зростання.

3.5. Вплив позакореневого підживлення мікродобривами на фоні норм мінеральних добрив та якісні показники зерна

Якісні показники зерна ячменю озимого формуються під впливом різних чинників. Система удобрення дозволяє регулювати хімічний склад зерна та забезпечує підвищення його основних показників якості.

Наші дослідження передбачали вивчення впливу норм мінеральних добрив та мікродобрив на їх фоні на масу 1000 зерен (табл. 3.9).

В перший рік досліджень показники маси 1000 зерен змінювалися від 47,2 г на неудобреному фоні до 48,9–50,8 г на варіантах мінерального

удобрення. На другому році досліджень відзначено варіювання показників від 46,3 до 49,5 г.

Таблиця 3.9 – Формування маси 1000 зерен ячменю озимого залежно від застосування макро- та мікродобрих у 2024–2025 рр.

Варіант	Маса 1000 зерен, г			Приріст середнього до контролю, г
	2024 р.	2025 р.	середнє	
1. Контроль – без добрив	47,2	46,3	46,8	–
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	48,9	47,8	48,4	1,6
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	49,5	48,3	48,9	2,2
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	50,0	48,8	49,4	2,7
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	50,8	49,5	50,2	3,4

У середньому, на неудобреному варіанті маса 1000 зерен характеризувалася найнижчим значення і становила 46,8 г. Внаслідок внесення N₆₀P₆₀K₆₀ спостерігалось її підвищення на 1,6 г за показника 48,4 г. Застосування N₆₀P₆₀K₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га сприяло отриманню маси зерен на рівні 48,9 г, тобто вона зросла порівняно з контролем на 2,2 г. Вищу масу 1000 зерен забезпечило мінеральне удобрення в нормі N₁₂₀P₈₀K₈₀ – 49,4 г за приросту 2,7 г. Мікроелементне удобрення на мінеральному фоні варіанту 5 забезпечило максимальний показник, який становив 50,2 г та перевищував контроль на 3,4 г.

В результаті проведення регресійного аналізу встановлена залежність урожайності ячменю озимого від маси 1000 зерен (рис. 3.9).

Залежність між урожайністю культури та масою 1000 зерен виражає рівняння регресії:

$$y = 0,729x - 29,808 \quad (3.3)$$

де y – урожайність ячменю озимого за різного рівня мінерального живлення, т/га, x – маса 1000 зерен, г.

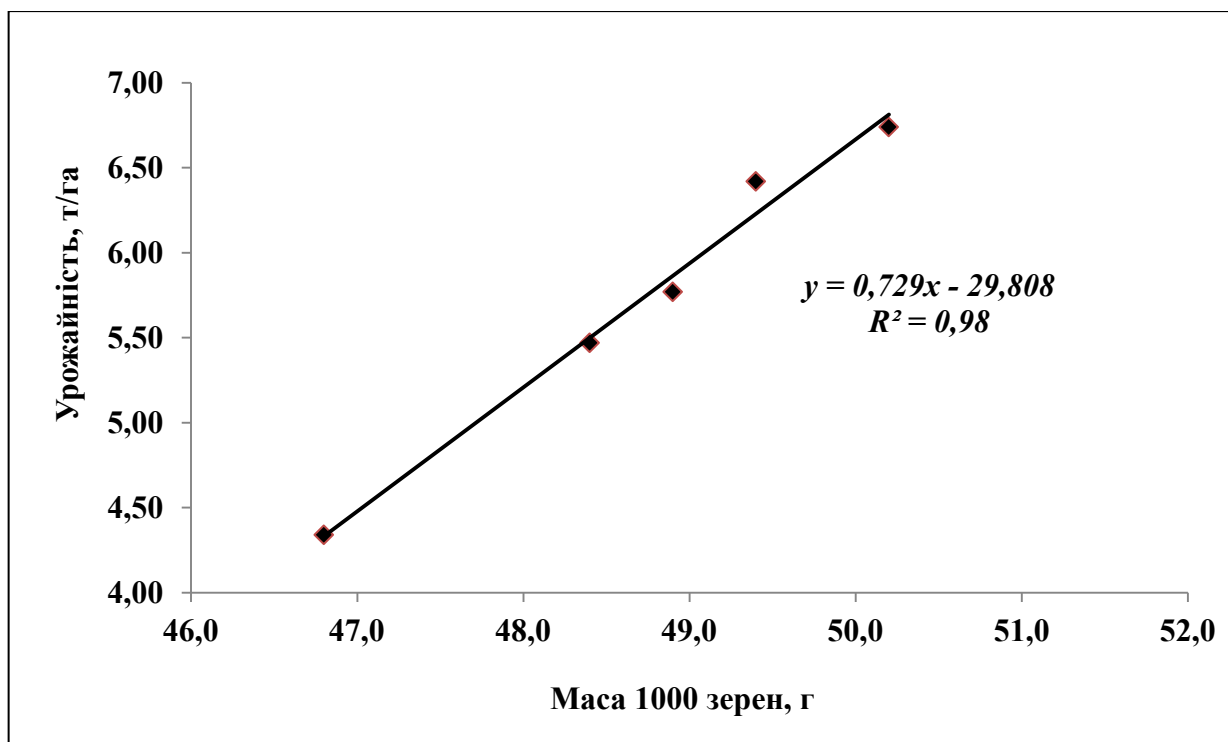


Рисунок 3.9 – Залежність урожайності ячменю озимого від маси 1000 зерен за різного рівня удобрення, середнє за 2024–2025 рр.

Коефіцієнт детермінації (R^2) дорівнює 0,98, що вказує на тісний зв'язок між досліджуваними показниками.

Вміст білка в зерні ячменю озимого є одним із ключових показників, що характеризує його якість та визначає напрями подальшого використання культури. Формування високого рівня білковості можливе за умови вирощування сортів із генетично обумовленим високим потенціалом цього показника, а також за дотримання оптимальних строків і технологічних вимог виконання всіх агротехнічних заходів. Вагому роль у накопиченні білка в зерні озимих культур, зокрема ячменю озимого, відіграє азотне живлення, що підтверджується результатами досліджень науковців [45].

У наших дослідженнях вміст білка в зерні визначався фоном мінерального живлення (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Вплив удобрення на вмісту білка в зерні ячменю озимого, середнє за 2024-2025 рр.

Варіант	Вміст білка		Умовний збір білка	
	%	приріст до контролю, %	т/га	приріст до контролю, т/га
1. Контроль – без добрив	9,69	-	0,421	-
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	11,41	1,72	0,624	0,204
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	11,68	1,99	0,674	0,253
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	11,86	2,17	0,761	0,341
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	12,17	2,48	0,820	0,400

Згідно з середніми дворічними даними, на контролі вміст білка становив 9,69 %. Норма мінеральних добрив застосована у варіанті 2 сприяла його приросту на рівні 1,72 %, її поєднання з внесенням мікродобрив на варіанті – 1,99 %. Вміст білка на цих варіантах відповідно складав 11,41 та 11,68 %. Збільшення норми мінеральних добрив до 120 кг/га азоту, 80 кг/га фосфору та 80 кг/га калію за діючою речовиною забезпечило білковість зерна на рівні 11,86 %. Внесення Квантум Сілвер, 1,0 л/га за даного мінерального фону забезпечило додатковий приріст вмісту білка, отримано найвищий показник, який складав 12,17 %.

Умовний збір білка зростав пропорційно до застосованих варіантів удобрення. На контролі він складав 0,421 т/га. За внесення найнижчої норми мінеральних добрив без проведення підживлення збільшився до 0,624 т/га, позакоренева обробка рослин на третьому варіанті сприяла отриманню збору білка на рівні 0,674 т/га. Найвищий умовний збір білка був за внесення N₁₂₀P₈₀K₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га і сягав 0,820 т/га та перевищував показник неудобреного фону на 0,40 т/га.

Внесення мінеральних добрив та мікродобрив знижувало вміст крохмалю в зерні (рис. 3.10).

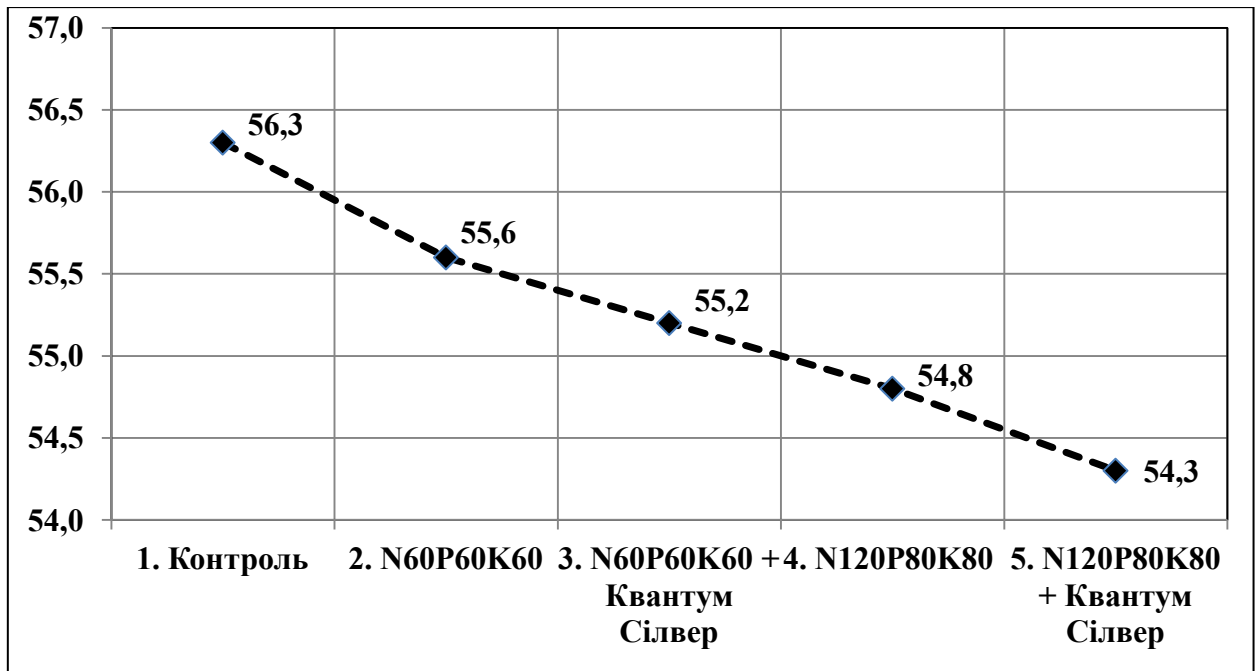


Рисунок 3.10 – Вплив норм мінеральних добрив та мікродобрива на вміст крохмалю в зерні ячменю озимого, середнє за 2024-2025 рр.

Показники вмісту крохмалю, в середньому, змінювалися від 56,3 % на контролі до 55,6–54,3 на варіантах удобрення.

Отже, система удобрення забезпечує управління якісними показниками зерна ячменю озимого.

3.6. Економічна та енергетична ефективність технології вирощування ячменю озимого за внесення норм мінеральних та мікродобрив

Повна оцінка впроваджених агрозаходів можлива на основі показників економічної ефективності. З метою встановлення оптимального варіанту удобрення ячменю озимого проведено економічну оцінку, яка базується урахуванні вартості валової продукції, виробничих витрат на вирощування, собівартості одиниці продукції, чистого прибутку та рівня рентабельності.

Проведеними розрахунками економічної ефективності встановлено доцільність проведення підживлень ячменю озимого мікродобривами на фоні мінеральних добрив (табл. 3.12).

Таблиця 3.12 – Економічна ефективність вирощування ячменю озимого за внесення норм мінеральних добрив та застосування на їх фоні мікродобрив, середнє за 2024-2025 рр.

Варіант	Вартість валової продукції, грн./га	Виробничі витрати, грн./га	Чистий прибуток, грн./га	Собівартість, грн./ц	Рівень рентабельності, %
1. Контроль – без добрив	42315	23665	18650	545	78,8
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	53333	29319	24014	536	81,9
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	56258	30578	25680	530	84,0
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	62595	33762	28833	526	85,4
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	65715	35021	30694	520	87,6

В розрахунках прийнято реалізаційну ціну зерна ячменю озимого станом 3 листопада 2025 року 9750 грн./т. Найнижчу вартість продукції у розмірі 42315 грн./га отримано на першому варіанті, де добрив не вносили. Підвищення рівня урожайності внаслідок внесення мінеральних добрив в нормі N₆₀P₆₀K₆₀ обумовило отримання показника на рівні 53333 грн./га. За проведення двох обробок посівів мікродобрином Квантум Сілвер, 1,0 л/га на мінеральному фоні (третій варіант) показник складав 56258 грн./га. На варіантах з застосуванням норми мінеральних добрив N₁₂₀P₈₀K₈₀ без підживлення та з проведенням підживлення вартість зерна була найвищою і відповідно складала 62595 та 65715 грн./га.

Виробничі витрати включали вартість механізованих робіт з обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив та пестицидів, збирання урожаю, вартість насіння, засобів, захисту рослин. У структурі виробничих затрат на контрольному варіанті отримано найнижчий показник, який склав 23665 грн./га, оскільки добрива на цьому варіанті не застосовували. Внесення добрив супроводжувалося зростанням затратної частини технології. На другому та третьому варіантах вона збільшилася відповідно до 29319 та 30578 грн./га. За підвищення норми мінеральних добрив на четвертому варіанті виробничі витрати були на рівні 33762 грн./га. Внаслідок листового підживлення на п'ятому варіанті отримано найвищі затрати, які склали 35021 грн./га.

Важливим економічним показником є чистий прибуток, який виражається як різниця між вартістю продукції та виробничими затратами. На першому варіанті дослідів він був на найнижчому рівні 18650 грн./га. Внаслідок внесення азотно-фосфорно-калійних добрив в нормі по 60 кг/га д. р. кожного елементу прибуток підвищився на 5364 грн./га, внаслідок обробки рослин Квантум Сілвер – на 7029 грн./га. Показники становили відповідно 24014 та 25680 грн./га. Мінеральне удобрення з внесенням 120 кг/га азоту та по 80 кг/га фосфору та калію за д. р. забезпечувало отримання чистого прибутку від реалізації зерна на рівні 28833 грн./га., підживлення посівів мікроелементним добривом на фоні цієї норми удобрення – 30694 грн./га. Дохід на зазначених варіантах збільшився відносно контролю – без добрив відповідно на 10183 та 12044 грн./га.

Собівартість зерна знижувалася на варіантах мінерального удобрення. На контролі вона складала 545 грн./ц. Внаслідок застосування добрив та позакореневого внесення мікродобрива на другому–п'ятому варіантах змінювалася від 536 до 520 грн./ц.

Основний показник економічної ефективності виробництва – це рівень рентабельності. Найнижчу рентабельність вирощування ячменю озимого отримано без внесення мінеральних добрив 78,8 %. На варіанті з

використанням мінеральних добрив в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Квантум Сілвер вона зросла до 81,9 та 84,0 %. Мінеральне удобрення в нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$ було більш прибутковим, що проявилось у показнику рівня рентабельності 85,4 %. Внесення мікродобрива на зазначеному мінеральному фоні сприяло отриманню найвищої рентабельності, яка складала 87,6 %.

Вирощування сільськогосподарських культур базується на використанні значної кількості енергії, що може позначатися на стійкості довкілля. Найбільшу енергоємність мають прийоми з обробітку ґрунту, внесення засобів захисту рослин та добрив, збирання урожаю. Основним завдання рослинництва є зниження затрат енергії на проведення технологічних операцій.

Розрахунками енергетичної ефективності встановлено доцільність внесення мінеральних добрив під ячмінь озимий та проведення позакореневого підживлення мікродобривом в період вегетації (табл. 3.13).

Таблиця 3.13 – Енергетична ефективність вирощування ячменю озимого залежно від рівня мінерального удобрення, середнє за 2024-2025 рр.

Варіант	Показники, МДж/га			Коефіцієнт енергетичної ефективності
	Надійшло енергії з урожаєм	Витрати сукупної енергії	Приріст енергії	
1. Контроль – без добрив	71401	29373	42028	2,43
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$	89991	33433	56558	2,69
3. $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	94927	34427	60500	2,76
4. $N_{120}P_{80}K_{80}$	105621	37749	67872	2,80
5. $N_{120}P_{80}K_{80}$ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	110885	38693	72192	2,87

Енергетична ефективність технології вирощування ячменю озимого

передбачала урахування енергії, яка надходить з урожаєм, витрат сукупної енергії за технологічними операціями та виведення коефіцієнта енергетичної ефективності.

Аналізуючи надходження енергії з урожаєм варто зазначити, що без внесення добрив його показник був найнижчим і знаходилося на рівні 71401 МДж/га. Застосування по 60 кг/га за діючою речовиною азоту, фосфору та калію сприяло підвищенню енергоємності урожаю до 89991 МДж/га.

На третьому варіанті з застосуванням позакореневого мікроелементного удобрення надходження енергії з урожаєм складало 94927 МДж/га. Четвертий варіант з внесенням найвищої норми мінеральних добрив сприяв надходженню 105621 МДж/га енергії, п'ятий варіант – 110885 МДж/га, яка була максимальною.

Витрати сукупної енергії на контролі сягали 42028 МДж/га. За внесення добрив спостерігалось зростання енергетичних витрат на вирощування, показники зростали від 33433 МДж/га на другому варіанті до 38693 МДж/га на п'ятому варіанті.

Приріст енергії, який виражає різницю між її надходженням та витратами залежав від рівня мінерального живлення та змінювався від 42028 МДж/га на контролі до 72192 МДж/га на фоні максимальної норми добрив у поєднанні з підживленням.

Коефіцієнт енергетичної ефективності на неудобреному фоні був на найменшому рівні і становив 2,43. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ без підживлення спостерігалось його зростання до 2,69, проведення підживлення за даного фону забезпечило коефіцієнт 2,76. Мінеральне удобрення в нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га характеризувалось найвищим коефіцієнтом енергетичної ефективності 2,87.

Отже, застосування мікродобрив на ячмені озимому за вищого рівня основного мінерального удобрення є економічно- та енергетично-обґрунтованим, що доводять наведені розрахунки.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ ЗА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

4.1. Стан охорони праці та цивільної оборони в «.....»

Виробнича діяльність у галузі рослинництва передбачає використання значної кількості технічних засобів, обладнання та матеріалів. У таких умовах організація охорони праці є однією з ключових складових управління підприємством, оскільки ефективне виробництво неможливе без створення безпечного, контрольованого та відповідального середовища для працівників [24].

У «.....» функціонує відповідальна особа з охорони праці, яка діє згідно з вимогами Закону України «Про охорону праці» та внутрішнього положення підприємства. Основні завдання включають контроль за станом виробничого обладнання, організацію інструктажів, ведення документації, перевірку дотримання норм безпеки та профілактику нещасних випадків.

Для працівників розроблені інструкції з охорони праці відповідно до конкретних професій. В установлені терміни проводиться вступний, первинний та позаплановий інструктаж з фіксацією у відповідних журналах.

Особливістю діяльності підприємства є поєднання польових, та транспортних робіт, що формує широкий спектр потенційних небезпек. До основних факторів, що потребують контролю, належать: рухомі елементи машин і механізмів, навантажувальні та транспортні операції, зберігання і використання засобів захисту рослин, робота з електрифікованими установками. Впроваджено заходи щодо мінімізації цих ризиків – періодичні технічні огляди машин, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, проведення медичних оглядів для осіб, залучених до шкідливих та небезпечних робіт.

Цивільна оборона в господарстві здійснюється відповідно до Кодексу цивільного захисту України та плану дій підприємства у надзвичайних ситуаціях. На виробництві визначено відповідального за цивільний захист, розроблено план реагування на випадок аварій, пожеж, стихійних лих, викиду небезпечних речовин, або загроз воєнного характеру [16].

На підприємстві застосовують заходи:

- проводяться інструктажі щодо дій у разі надзвичайних ситуацій;
- визначено безпечні зони збору персоналу;
- забезпечено доступ до аптечок та мінімальних засобів домедичної допомоги;
- організовано внутрішній порядок інформування працівників у разі загрози.

У випадку аварій чи пожеж виклик екстрених служб здійснюється відповідальними особами, які мають чіткі алгоритми дій, закріплені в посадових інструкціях.

Загалом система охорони праці та цивільного захисту в «.....» характеризується як структурована та орієнтована на профілактику ризиків. Підприємство забезпечує працівників необхідними засобами захисту, проводить навчання й контролює дотримання технологічної дисципліни. Наявність планів реагування та організаційних заходів дозволяє зменшувати ризики виникнення небезпечних ситуацій та підтримувати стабільний рівень безпеки виробництва.

4.2. Покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки за вирощування ячменю озимого в господарстві

Виробничі процеси охоплюють широкий спектр механізованих робіт, застосування добрив, виконання агротехнічних операцій та експлуатацію складського обладнання. Це формує різні види ризиків для працівників, а тому важливим завданням сільськогосподарських підприємств є постійне

вдосконалення системи охорони праці, умов гігієни, технічної та пожежної безпеки [24].

У «.....» до роботи з пестицидами і мінеральними добривами допускаються особи, які не мають медичних протипоказань і пройшли медичні огляди та навчання. На виробничих ділянках облаштовані санітарні зони, кімнати для відпочинку та прийому їжі. Після завершення зміни працівники мають доступ до душових та шаф для зберігання спецодягу.

Працівники, які працюють у запиленому середовищі, забезпечуються респіраторами, захисними окулярами та спецодягом. Для роботи з добривами та засобами захисту рослин передбачені закриті контейнери, сучасні дозувальні системи, а також окремі майданчики для приготування робочих розчинів. Склади мінеральних добрив обладнані вентиляційними системами для зменшення концентрації аміаку та інших летких речовин.

Перед кожним сезоном проводиться повна технічна діагностика тракторів, посівних агрегатів, транспортних причепів та іншого обладнання. Робочі місця механізаторів обладнані ремнями безпеки, системами фільтрації повітря, кондиціонерами та якісною шумоізоляцією. Під час пересування техніки польовими дорогами застосовуються правила планування маршрутів та швидкісні обмеження, що особливо актуально для територій із пересічним рельєфом.

Окрему увагу «.....» приділяє забезпеченню пожежної безпеки, що особливо важливо через наявність зерносховищ та паливно-мастильних матеріалів. У приміщеннях розміщено первинні засоби пожежогасіння, встановлені знаки евакуації, проводяться інструктажі з пожежної безпеки. Проводяться тренувальні евакуації та відпрацювання навичок користування вогнегасниками.

На підприємстві затверджені схеми оповіщення та порядок взаємодії з місцевими пожежно-рятувальними підрозділами. Керівники підрозділів проходять додаткове навчання з організації пожежної безпеки та контролю за виконанням вимог.

Систематично перевіряються електромережі, освітлювальні прилади, вентиляційні системи, а також справність вогнегасників і пожежних щитів. Під час збирання врожаю працівникам нагадують правила безпечного використання техніки в польових умовах, особливо в період високих температур.

Завдяки системному підходу господарство забезпечує високий рівень безпеки на всіх етапах агровиробництва. Удосконалення гігієни праці, модернізація технічного обладнання, покращення організації робочих процесів та підвищена увага до пожежної безпеки створюють на підприємстві стабільні умови для ефективної та безпечної роботи працівників.

4.3. Захист населення у надзвичайних ситуаціях

Політика держави у сфері захисту населення і територій спрямована на запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, забезпечення своєчасного та комплексного реагування відповідними силами і засобами, а також на організацію допомоги населенню з метою ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Реалізація цієї політики здійснюється шляхом розроблення та впровадження програм захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження [30].

Система захисту населення та територій у «.....» організована відповідно до вимог Кодексу цивільного захисту України та місцевих нормативних документів у сфері безпеки. Оскільки підприємство розташоване у сільській місцевості та виконує широкий комплекс агротехнологічних процесів, важливо забезпечити готовність працівників і керівного складу до дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного чи воєнного характеру.

На території господарства можливе виникнення таких небезпечних ситуацій як пожежі на складах зерна, добрив, паливно-мастильних

матеріалів; техногенні аварії, пов'язані з експлуатацією сільськогосподарської техніки та роботою з хімічними речовинами; природні небезпеки, характерні для регіону, зокрема буревії, зливи, локальні підтоплення; надзвичайні ситуації воєнного характеру, що потребують оперативного реагування та укриття працівників.

Усі ці фактори враховуються при формуванні планів реагування та навчанні персоналу. На підприємстві призначено уповноважену особу з питань цивільного захисту, яка координує заходи із запобігання надзвичайних ситуацій, організовує ведення необхідної документації, забезпечує інформування працівників про можливі загрози, проводить інструктажі та навчання з питань цивільного захисту.

У разі небезпеки відповідальні особи здійснюють оповіщення персоналу згідно з затвердженою схемою. На підприємстві застосовуються такі форми інформування як телефонні та радіомережеві повідомлення, резервні канали оповіщення (мобільні додатки, гучномовці), інформаційні стенди з інструкціями дій у разі пожежі, грози, аварії чи повітряної тривоги, доведення оперативних вказівок під час зборів або через керівників підрозділів. У випадках воєнних загроз працівники інформуються про розташування найближчих укриттів та порядок зупинки техніки під час повітряної тривоги.

На підприємстві практикуються тренування з евакуації зі складських і адміністративних приміщень, відпрацювання дій при раптовій пожежі чи загорянні техніки, заняття з користування вогнегасниками, протигазами та аптечками.

Завдяки комплексному підходу до організації цивільного захисту створюються умови, за яких працівники своєчасно інформуються про потенційні загрози, знають алгоритм дій у надзвичайних ситуаціях та мають доступ до необхідних засобів безпеки. Система цивільного захисту підприємства забезпечує мінімізацію ризиків та сприяє стабільному функціонуванню господарства навіть за несприятливих умов.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Стан ґрунтів та ефективне використання земельних ресурсів в

..... «.....»

Рациональне використання земельних ресурсів доцільно розглядати як екологічну складову землекористування, що передбачає збереження природних сільськогосподарських угідь. Ця вимога ґрунтується на системі кількісних та якісних показників, динаміка яких відображає рівень раціональності використання земель. Аграрне виробництво, основою якого є земля як головний засіб виробництва, пов'язане з фінансовими та матеріальними витратами та спрямоване на отримання певного результату.

Співвідношення між здійсненими витратами та отриманим ефектом характеризує ефективність виробництва, а отже, і ефективність землекористування. Повноцінне та результативне використання земельних ресурсів неможливе без достовірних даних про якісний стан ґрунтів та рівень їх забруднення. Це зумовлює необхідність визначення пріоритетних напрямів підвищення ефективності використання земельних ресурсів [20].

Сучасний стан використання земель в «.....» потребує впровадження науково-обґрунтованих заходів, спрямованих на підвищення родючості ґрунтів. Меліорація має ключове значення для підвищення ефективності використання земельних ресурсів, оскільки забезпечує формування екологічно збалансованої та раціональної структури земельних угідь. Її результативність досягається завдяки поєднанню комплексу заходів спрямованих на покращення фізичних та хімічних властивостей ґрунтів, закладення захисних лісових насаджень та відновлення ґрунтів з несприятливим водним режимом [41].

Рекомендується впроваджувати в господарстві сівозміну зі значним відсотком багаторічних трав у структурі посівних площ, а також

дотримуватися захисних технологій обробітку ґрунту, застосовувати мінімальний обробіток. Це допоможе підвищити запаси гумусу в ґрунті. Використання ріллі має супроводжуватися розширенням відтворення родючості ґрунтів та забезпечення бездефіцитного балансу гумусу і поживних речовин. На землях, які знаходяться в інтенсивному обробітку, необхідно докорінно змінювати структуру посівних площ у сівозмінах так, щоб вирощування на них польових культур супроводжувалося покращенням родючості ґрунтів, застосовувати диференційований обробіток ґрунту.

Заходи із захисту ґрунтів від ерозії мають реалізовуватися відповідно до спеціально розроблених програм та планів, спрямованих на забезпечення стійкості території до ерозійних процесів. Охорона ґрунтів від ерозії включає зменшення змиву та видування ґрунту до рівня, що є допустимим для певного типу ґрунту [40; 46].

Формування науково-обґрунтованого підходу до збереження ґрунтових ресурсів, розробки ефективних методів боротьби з деградацією ґрунту та підвищення його якості забезпечує стабільне виробництво сільськогосподарської продукції та сприяє збереженню біорізноманіття, поліпшенню екологічного стану довкілля та забезпеченню продовольчої безпеки.

5.2. Водні ресурси та їх охорона

Водні ресурси є життєво важливими для існування людини, тваринного світу та рослинності. Прісна вода становить лише близько 2,5% від загальної кількості води на планеті, і велика частина її знаходиться у важкодоступних формах. Збереження та охорона вод стають критично важливими в сучасному світі, де зростає населення та інтенсивність сільськогосподарського виробництва [53].

Сільське господарство є одним із основних споживачів водних ресурсів і водночас джерелом їх забруднення. Використання органічних та

мінеральних може призводити до потрапляння нітратів, фосфатів та інших хімічних елементів у поверхневі та підземні води. Концентрація біогенних елементів і їхній режим залежать від інтенсивності біологічних і біохімічних процесів у водоймі та від кількості біогенів, що потрапляють у водойму зі стічними водами й поверхневим стоком з площі водозбору [41].

Джерелами забруднення водойм є змивання мінеральних добрив з полів поверхневими стоками при неправильному їх застосуванні, використання рідкого гною, посилення ерозійних процесів. Як наслідок спостерігається процес евтрофікації водойм що спричиняє знекиснення водного середовища і заміну аеробних процесів на анаеробних, виділення в середовище сірководню, метану та інших отруйних забруднюючих речовин. Надмірне збагачення вод хімічними елементами викликає вторинний вкрай негативний екологічний та санітарно-гігієнічний ефект [53].

Основними заходами охорони водних ресурсів в «.....» є:

- дотримання рекомендованих норм внесення мінеральних добрив та забезпечення технології рівномірного їх внесення з використанням систем точного землеробства – GPS-навігації, дронів, датчиків вологості;
- встановлення буферних зон для розміщення складів зберігання пестицидів та мінеральних добрив;
- внесення мінеральних добрив з загортанням ґрунт з метою продуктивного використання рослинами поживних елементів;
- застосування комплексних добрив, які за один прийом забезпечують рослину всіма необхідними елементами живлення;
- систематичний контроль за вмістом нітратів, фосфатів та важких металів у ґрунтах та водах річок прилеглих до полів.

Впровадження рекомендованих заходів з охорони водних ресурсів сприятимуть мінімізації їх забруднення небезпечними сполуками.

5.3. Охорона атмосферного повітря

Охорона атмосферного повітря під час застосування добрив є важливою складовою екологічно безпечного ведення сільського господарства. Внесення мінеральних і органічних добрив, за недотримання науково обґрунтованих норм і технологій, може супроводжуватися викидами в атмосферу шкідливих газів і аерозолів, що негативно впливають на стан довкілля та здоров'я населення [14].

Під час застосування азотних добрив у повітря можуть надходити аміак, оксиди азоту та закис азоту. Ці сполуки беруть участь у формуванні вторинного забруднення атмосфери, зокрема фотохімічного смогу, кислотних опадів. Особливо інтенсивні втрати азоту в газоподібній формі спостерігаються за поверхневого внесення добрив без загортання в ґрунт або за несприятливих метеорологічних умов.

В господарстві з метою зменшення негативного впливу на атмосферне повітря дотримуються оптимальних строків, способів і норм внесення добрив. Вносять добрива у ґрунт з загортанням, застосовують локальне їх внесення, використовують інгібітори нітрифікації та повільнодіючі форми азоту, які сприяють зниженню газоподібних втрат і підвищенню ефективності використання поживних речовин рослинами.

Під час використання органічних добрив (гній, гноївка, компости) також можливе виділення аміаку. Тому важливими заходами охорони атмосферного повітря є правильне зберігання органічних добрив у герметизованих сховищах, їх своєчасне внесення в ґрунт та дотримання санітарно-захисних зон.

В «.....» наявна сучасна техніка для внесення добрив, яка забезпечує рівномірний розподіл, мінімізує втрати добрив. Крім того, впровадження елементів точного землеробства дає змогу враховувати потреби культур і ґрунтові умови, що зменшує надлишкове використання добрив і, відповідно, їхній негативний вплив на атмосферу.

5.4. Стан охорони і примноження флори і фауни

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва супроводжується використанням високих норм мінеральних добрив, пестицидів та інших агрохімічних засобів. Неконтрольоване застосування їх застосування спричиняє порушення природних процесів біологічного зв'язування атмосферного азоту та його перетворення у форми, доступні для засвоєння рослинами [41]. Підвищена концентрація розчинних мінеральних солей негативно позначається на мікробіологічній активності ґрунту, зменшуючи чисельність корисних мікроорганізмів. В зазначених умовах відбувається деформація біотичних зв'язків між організмами та порушується структура природних екосистем.

Примноження флори і фауни можливе тоді, коли сільськогосподарські практики поєднуються з природоохоронними заходами. Підтримання різноманітної рослинності, раціональне використання добрив та збереження природних структур ландшафту створюють умови для формування стійких популяцій рослин і тварин. Це забезпечує гармонійний розвиток агросфери та природної середовища.

Ефективним інструментом охорони рослинного і тваринного світу є створення екологічних осередків у межах агроландшафтів. До таких осередків належать лісосмуги, ділянки з дикорослою рослинністю, узбіччя з багаторічними травами. Вони виконують роль притулків, кормових територій та місць розмноження для багатьох видів. Наявність таких зон компенсує частину негативного впливу інтенсивного землеробства.

Охорона флори і фауни в господарстві при застосуванні добрив досягається шляхом поєднання науково обґрунтованих агротехнологій, раціонального використання добрив і дотримання екологічних вимог. Це забезпечує не лише зменшення забруднення довкілля, а й підвищення ефективності землеробства та екологічної безпеки агроландшафтів.

ВИСНОВКИ

Встановлено ефективність внесення мінеральних добрив та позакореневого підживлення ячменю озимого мікродобрином на чорноземі опідзоленому Західного Лісостепу, що дозволяє зробити наступні висновки:

1. Вміст основних елементів живлення у ґрунті в період вегетації ячменю озимого підвищувався на фонах внесення норм мінеральних добрив. Позакореневе підживлення мікродобрином незначно впливало на зміну показників. Удобрення в нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$ + Квантум Сілвер забезпечує найвищий вміст легкогідролізованого азоту, рухомого фосфору та обмінного калію в шарі ґрунту 0-20 см, який у фазу ВВСН 55 був на рівні відповідно 139, 107 та 109 мг/кг ґрунту.

2. Внесення норм мінеральних добрив та листкове підживлення мікродобрином позитивно впливає на ростові процеси рослин ячменю озимого. Найвищий приріст площі листової поверхні забезпечує застосування мікродобрива Квантум Сілвер, 1,0 л/га у фазах ВВСН 26 та 33 на фоні мінеральних добрив в нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$, який залежно від фази вегетації складає 11,2 – 20,6 тис. м²/га. Даний варіант забезпечує найвищий приріст висоти рослин на рівні 12,0 см та кількість продуктивних колосів – 108 шт./м².

3. Найвищі показники довжини колоса та кількості зерен в колосі отримано на варіанті застосування 120 кг/га азоту, 80 кг/га фосфору та 80 кг/га калію за діючою речовиною та підживлення посівів Квантум Сілвер, 1,0 л/га, які відповідно складають 7,7 см за приросту до контролю 1,8 см та 51,1 шт. за приросту 7,6 шт.

4. Позакореневе підживлення ячменю озимого мікродобрином Квантум Сілвер, 1,0 л/га у фазах ВВСН 26 та 33 на фоні $N_{120}P_{80}K_{80}$ забезпечує отримання найвищого приросту урожайності на рівні 2,40 т/га зерна за її показника 6,74 т/га.

5. Варіант з внесенням $N_{120}P_{80}K_{80}$ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га забезпечує найвищі показники якості зерна, зокрема, маси 1000 зерен на рівні 50,2 г за приросту до контролю 3,4 г, вмісту білка – 12,17 % за приросту 2,48 %.

6. Застосування мінеральних добрив у нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$ у поєднанні з мікродобривом + Квантум Сілвер, 1,0 л/га є економічно та енергетично доцільним та забезпечує отримання найвищого чистого прибутку на рівні 30694 грн./га, найнижчої собівартості – 520 грн./ц за рівня рентабельності 87,6 % та найвищого коефіцієнту енергетичної ефективності – 2,87.

На основі досліджень розроблено пропозиції виробництву:

Для отримання урожайності ячменю озимого на рівні 6,74 т/га зерна на чорноземі опідзоленому Західного Лісостепу рекомендується вносити мінеральні добрива у нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$ та застосовувати позакореневе підживлення посівів мікродобривом Квантум Сілвер в нормі 1,0 л/га у фазах ВВСН 26 та ВВСН 33. Наведений варіант удобрення забезпечує отримання чистого прибутку на рівні 30694 грн./га.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Артеменко С. Ф., Рибка В. С., Ковтун О. В. Агротехнологічні та економічні особливості вирощування ячменю озимого після сої в сівоzmінах короткої ротації залежно від мінерального живлення. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 7. С. 80–83.
2. Божко В. Ю., Ярчук І. І., Лиман А. В. Урожайність та зимостійкість рослин ячменю озимого залежно від мінеральних добрив. *Вісник Дніпропетровського аграрно-економічного університету*. 2015. № 3 (37). С. 25–28.
3. Вацеба В. Величина природно-ресурсного потенціалу природних регіонів Тернопільської області. *Наукові записки : Конструктивна географія та геоекологія*, 2005. № 1. С. 183–185.
4. Вега Н. І. Особливості осіннього живлення ячменю озимого. *Агроеліта*. 2022. № 9. С. 16–17.
5. Веремеєнко С. І., Ткачук С. О., Трушева С. С. Продуктивність нових сортів ячменю озимого за мінерального удобрення на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. № 2 (61). т. 1. С. 12–19.
6. Войцеховська О. С., Друз'як В. Г. Вплив системи обробітку ґрунту і удобрення на продуктивність ячменю озимого у короткоротаційних сівоzmінах. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2011. Вип. 57. С. 1–5.
7. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., Сидякіна О. В. Екологічне значення та вплив біопрепаратів і мікроелементів на продуктивність сільськогосподарських культур. *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої до Дня науки в Україні Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України, 18–19 травня 2023 року*. Одеса. 2023. С. 40–46.
8. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В. та ін. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової

родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. № 2 (87). С. 89-101.

9. Гирка А. Д. Агробіологічні основи формування продуктивності озимих та ярих зернових культур у Північному Степу України : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора с.-г. наук. Дніпропетровськ, 2016. 41 с.

10. Гнатів П. С., Лагуш Н. І., Гаськевич О. В. Морфологічна і фізико-хімічна діагностика ґрунтів: навчальний посібник. Львів: Магнолія 2006, 2019. 170 с.

11. Гнатів П., Іванюк В., Шестак В. та ін. Комплексний аналіз ефективності живлення ячменю озимого. *Агронаука і практика*. 2022. Вип. 1. Ч. 4. С. 18–27.

12. Гончарова Л. Д., Серга Е. М., Школьний Є. П. Клімат і загальна циркуляція атмосфери : навчальний посібник. Одеса, 2005. 251 с.

13. Гораш О. С. Вплив мінеральних добрив та норм висіву на екстрактивність пивоварного ячменю. *Аграрна наука і освіта*. 2006. Т. 7, № 5–6. С. 62–64.

14. Господаренко Г. М. Агрохімія : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2013. 406 с.

15. Грицюк П. М., Бачишина Л. Д. Вплив зміни кліматичних умов на динаміку врожайності зернових в Україні. *Науковий журнал “Економіка України”*. 2016. № 6 (655). С. 68–75.

16. Депутат О. П., Коваленко Г. В., Мужик І. С. Цивільна оборона : навч. посібник. Львів: Афіша, 2001. 336 с.

17. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

18. Зернові культури. Визначання об'ємної щільності, так званої “маси на гектолітр” (Контрольний метод) (ISO 7971:1986, MOD) : ДСТУ 4233:2003. [Чинний від 2004–10–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2004. 7 с.

19. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2001. С. 91–141.
20. Канівець О. М., Левченко Д. В. Особливості раціонального та ефективного використання земельних ресурсів. *Сучасний рух науки: тези доп. XI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 8-9 жовтня 2020 р.* Дніпро, 2020. Т.1. С. 257-258
21. Климишена Р. І. Вплив позакореневого підживлення рослин ячменю на пивоварну якість зерна за показником екстрактивності. *Аграрні інновації.* 2021. № 6. С. 16–20.
22. Климишина Р. І. Продуктивність ячменю озимого залежно від удобрення та норм висіву насіння. *Вісник аграрної науки.* 2012. № 10. С. 76–79.
23. Кувшинова А. О. Вплив сорту та біопрепарату на урожайність ячменю озимого. *Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри. Міжнародний форум. м. Миколаїв, 28–30 травня 2025 р.* Миколаїв, 2025. С. 352 –355.
24. Левченко О. Г., Полукаров О. І., Зацарний В. В., Полукаров Ю. О., Землянська О. В. Охорона праці та цивільний захист. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. 408 с.
25. Лихочвор В. В., Матковська В. М. Урожайність сортів озимого ячменю залежно від норм добрив, морфорегуляторів та фунгіцидів в умовах західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2017. Вип. 62. С. 91–101.
26. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Паламарчук О. Д. Новітні агротехнології у рослинництві: Підручник. Вінниця, 2017. 602 с.
27. Малярчук М. П., Резніченко Н. Д., Гальченко Н. М., Казновський О. В. Вплив способів основного обробітку ґрунту та сидеральних добрив на формування врожаю ячменю озимого в сівозміні на зрошенні. *Аграрні інновації.* 2022. С. 97 –102.

28. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. С. 5–9.

29. Мельник В. І., Романащенко О. А., Циганенко М. О. та ін. Мінеральні добрива: екологічна безпека використання. *Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects : the 14 th International scientific and practical conference, July 17–19, 2022*. MDPC Publishing, Berlin, Germany. 2022. С. 30–36.

30. Міхеєв Ю. В., Праховнік Н. А., Землянська О. В. Цивільний захист: навч. посіб. Київ : Основа, 2014. 186 с.

31. Муха Б. Г. Оптимізація норм висіву та мінерального живлення при вирощуванні ячменю озимого за умов кліматичних ризиків в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 96–102.

32. Нагірний В. В. Вплив строків сівби та мікродобрив на продуктивність сортів ячменю озимого в умовах Півдня України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Херсон, 2020. 20 с.

33. Охорона прав на сорти рослин: Бюлетень. Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця : Корзун Д. Ю., 2018. Вип. 2. С. 323.

34. Перелік пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні. Київ : Юнівест Медіа, 2022. 1040 с.

35. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підруч. 5-те вид., виправ., доповн., дод. випуск. Львів : НВФ «Українські технології», 2021. 806 с.

36. Петрушина Г. О., Крамарьов С. М. Вплив комплексних сполук купруму на проростання насіння ячменю озимого. *Наукові основи адаптивного землеробства: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конференції з нагоди 100-річчя від дня народження д. с.-г. н., проф., академіка Федора Трохимовича Моргуна, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського*

ДАЕУ та Міжнародного дня здоров'я рослин (16-17 травня 2024 року, м. Дніпро). Дніпро : ДДАЕУ, 2024. С. 194–196.

37. Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підручник. У двох частинах. Ч. 1. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2010. С. 241–250.

38. Польовий В. М. Оптимізація систем удобрення в сучасному землеробстві : монографія. Рівне : Волинські обереги, 2007. 320 с.

39. Польовий, А. М., Гуцал А. І., Дронова О. О. Ґрунтознавство : підручник. МОН України; Одес. держ. еколог. ун-т. Одеса : Екологія, 2013. 668 с.

40. Резніченко В. П., Коломієць Л. В., Чередниченко І. В. Використання агротехнологій для збереження ґрунтових ресурсів та покращення якості ґрунту. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2024. Вип. 2 (56), С. 49–56.

41. Рома В. В., Степова О. В. Навчальний посібник для вивчення дисципліни «Моніторинг довкілля» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». Полтава: ПолтНТУ, 2016. 117 с.

42. Рудич О. О. Природно-кліматичні умови як фактор ризику виробництва сільськогосподарської продукції в Україні. *Сталий розвиток економки : міжнародний науково-виробничий журнал*. 2018. № 2 (39). С. 14–21.

43. Санін В. А. Позакореневе підживлення добривами «Басфоліар» що містять макро- та мікроелементи – ефективний елемент інтенсивної технології вирощування озимих зернових культур. *Агроном*. 2010. № 1 (27). С. 32–33.

44. Санін Ю. В., Санін В. А. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. *Агроном*. 2013. № 1. С. 34–38.

45. Сидякіна О. В. Формування продуктивності середньостиглих сортів ячменю озимого залежно від фону мінерального живлення. *Збірник матеріалів наук.–практ. конф. «Наукові читання до 100-річчя від дня народження Філіп'єва Івана Давидовича – видатного вченого у галузі агрохімії та ґрунтознавства»*. 2024. С. 103–105.

46. Соловей Г. Протиерозійні заходи у землеробстві Карпатського регіону: історичний аспект. *Емінак : наук. щоквартальник*. 2017. № 4 (2). С. 148–150.

47. Тучапський О. Р. Удосконалення технології вирощування озимого ячменю – запорука одержання високих і стабільних врожаїв зерна. *Сільський господар*. 2001. № 3/4. С. 21–23.

48. Цапик Т. Ф., Усова Н. М., Дударєва Г. Ф. Продуктивність ячменю озимого за попередника соняшник залежно від мінерального живлення. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2023. № 34. С. 120-130.

49. Черенков А. В., Бенда Р. В., Прядко Ю. М. Вплив строків сівби та мінерального живлення на формування показників якості зерна ячменю озимого. *Бюлетень Інституту сільського господарства Степової зони НААН України*. 2012. № 2. С. 72–75.

50. Чернюк Г. В. Клімат Тернопільської області. *Природа, населення та господарство Тернопільської області : матеріали обласної науково-практичної конференції*. Тернопіль, 1991. С. 9-18.

51. Чорний С. Г. Основи агрономічної хімії: навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2020. 284 с.

52. Шкатула Ю. М., Барський Д. О. Урожайність озимого ячменю залежно від системи удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 1. С. 82 –94.

53. Юрченко А. І., Полозенцева В. О., Юрченко О. А. Вплив сільського господарства на довкілля. *Екологічна безпека : проблеми і шляхи*

вирішення: зб. наук. статей XX Міжнародної науково-практичної конференції, 19-20 вересня 2024 р. м. Харків : УкрНДІЕП., 2024. С. 429–437.

54. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда : ДСТУ 7863:2015. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. III, 6 с.

55. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT) : ДСТУ ISO 10390:2007. [Чинний від 2009–10–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 13 с.

56. Якість ґрунту. Попереднє обробляння зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464:2006, IDT) : ДСТУ ISO 11464:2007. [Чинний від 2009–10–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 18 с

57. Anjum B. A., Islam M., Ibrar M. et al. Improving the production of barley genotypes by foliar application of micronutrients. *Pure Appl. Biol.* 2017. № 6. P. 78–285.

58. Barczak B. Contents and ratios of mineral components in winter barley biomass cultivated under conditions of different nitrogen fertilisation. *Journal of Elementology.* 2008. № 13(1). P. 291–300. 27.

59. Berhanu G., Kismányoky T., Sárdi K. Effect of nitrogen fertilization and residue management on the productivity of winter barley (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agronomica Hungarica.* 2013. № 61 (2). P. 101–111.

60. Chambers B. J., Dampney P. M. R. Nitrogen efficiency and ammonia emissions from urea-based and ammonium nitrate fertilisers. *Proc Intl Fert Soc.* 2009. № 657. P. 1–20.

61. Galstyan M., Matevosyan L., Zadayan M. et al. Assessment of the impact of micro fertilizers on winter wheat and winter barley crops under the Sevan basin conditions. *Bioactive Compounds in Health and Disease.* 2024. № 7 (4). P. 199–210.

62. Noreen S., Sultan M., Akhter M. S. Foliar et al. Foliar fertigation of ascorbic acid and zinc improves growth, antioxidant enzyme activity and harvest

index in barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under salt stress. *Plant Physiol. Biochem.* 2021. № 158. P. 244–254.

63. Stadnik B., Tobiasz-Salach R., Migut D. Influence of Foliar Application of Microelements on Yield and Yield Components of Spring Malting Barley. *Agriculture*. 2024. № 14 (3). URL: [10.3390/agriculture14030505](https://doi.org/10.3390/agriculture14030505) (дата звернення: 27.11.2025).

ДОДАТКИ

Технологічна карта вирощування ячменю озимого

Сума опадів в період вегетації ячменю озимого (за даними
..... метеостанції, мм)

Кіль- кість опа- дів	Період визначення										
	2023 р.				2024 р.						
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
За місяць	5,6	50,4	66,7	71,2	70,3	45,2	80,3	46,3	17,0	71,2	55,0
	2024 р.				2025 р.						
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
	77,0	29,0	44,2	32,7	35,2	22,5	43,1	62,4	67,2	45,2	178,4
Сере- дня бага- торіч- на	45,0	46,3	47,0	58,1	40,3	45,7	42,6	42,0	61,0	85,4	87,0
Відхилення від середнього багаторічного значення											
2023-2024 роки	-39,4	4,1	19,7	13,1	30,0	-0,5	37,7	4,3	-44,0	-14,2	-32,0
2024-2025 роки	32,0	-17,3	-2,8	-25,4	-5,1	-23,2	0,5	20,4	6,2	-40,2	91,4

Результати статистичної обробки даних урожайності
ячменю озимого за 2024 рік

Вихідні дані урожайності, т/га

Варіант	Повторення		
	I	II	III
1. Контроль – без добрив	4,37	4,57	4,41
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,59	5,60	5,72
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	6,11	5,96	5,78
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	6,57	6,67	6,53
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	6,87	7,13	6,78

Середнє по досліді – 5,91 т/га

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Степені свободи	Середній квадрат	Критерій Фішера (F _{факт.})
Загальна	11,28	14		
Повторень	0,05	2		
Варіантів	11,11	4	2,78	196,74
Залишку	0,11	8	0,01	

Помилка середньої – 0,07

Помилка різниці середніх – 0,10

НІР₀₅ = 0,24 т/га, НІР₀₅ = 4,02 %

Сила впливу фактора – 0,99, точність досліді – 1,16.

Результати статистичної обробки даних урожайності
ячменю озимого за 2025 рік

Вихідні дані урожайності, т/га

Варіант	Повторення		
	I	II	III
1. Контроль – без добрив	4,05	4,36	4,28
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,11	5,34	5,44
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	5,47	5,53	5,76
4. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	6,07	6,36	6,29
5. N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Квантум Сілвер, 1,0 л/га	6,45	6,51	6,69

Середнє по досліді – 5,58 т/га

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Степені свободи	Середній квадрат	Критерій Фішера (F _{факт.})
Загальна	10,07	14		
Повторень	0,18	2		
Варіантів	9,84	4	2,46	395,73
Залишку	0,05	8	0,01	

Помилка середньої – 0,05

Помилка різниці середніх – 0,06

НІР₀₅ = 0,16 т/га, НІР₀₅ = 2,83 %

Сила впливу фактора – 0,98, точність досліді – 0,82.