

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

05.10 – МКР.1813 «С» 2024.11.10 04 ПЗ

ЖУКА КИРИЛА ОЛЕГОВИЧА

2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УДК 631.847:633.16

ПОГОДЖЕНО

Декан агробіологічного
факультету

_____ **Віталій КОВАЛЕНКО**
(підпис) (ПІБ)
« ____ » _____ 2024р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО
ЗАХИСТУ**

В.о. завідувача кафедри
агрохімії та якості продукції
рослинництва ім. О.І. Душечкіна

_____ **Дмитро ЛІТВІНОВ**
(підпис) (ПІБ)
« ____ » _____ 2024р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Управління продуктивністю ячменю за неоднорідного вмісту
мінерального азоту»

Спеціальність _____ 201 Агрономія _____

Освітня програма _____ Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві _____

Орієнтація магістерської програми _____ Освітньо-професійна _____

Гарант освітньої програми

доктор с.-г. наук., професор,
академік НААН України

_____ **Анатолій БИКІН**

Керівник магістерської роботи

к.с.-г.н., асистент

_____ **Ігор БОРДЮЖА**

Виконав

_____ **Кирило ЖУК**

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет _____ Агробіологічний _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри агрохімії та якості продукції
рослинництва ім. О.І.Душечкіна**

доктор с-г наук, професор _____ Дмитро ЛІТВІНОВ
«_____» _____ 2024р.

З А В Д А Н Н Я

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ СТУДЕНТУ**

ЖУКА

КИРИЛА

ОЛЕГОВИЧА

Спеціальність 201 «Агрономія»

Освітня програма «Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві» Орієнтація
освітньої програми «Освітньо-професійна»

Тема магістерської роботи: «Управління продуктивністю ячменю за
неоднорідного вмісту мінерального азоту»

затверджена наказом ректора НУБіП України від: «_____» _____ 2024р.

№ _____

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

Вихідні дані до магістерської роботи: результати літературного пошуку, результати
польового дослідження та лабораторних досліджень.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. –Встановити зони неоднорідності поля за агрохімічними показниками сірого лісового ґрунту
2. –Визначити вплив різних рівнів неоднорідності ґрунтової родючості на урожайність, структуру і якісні параметри зерно ячменю ярого.
3. –Визначити економічну ефективність вирощування ячменю ярого за фоліарних підживлень у різних зонах поля.

Дата видачі завдання «_____» _____ 2024 р.

Керівник магістерської роботи _____ **Ігор БОРДЮЖА**

Завдання прийняв до виконання _____ **Кирило ЖУК**

РЕФЕРАТ

Дипломна робота студента АПА Жук Кирила Олеговича на тему: **«Управління продуктивністю ячменю за неоднорідного вмісту мінерального азоту».**

Дипломна робота викладена комп'ютерним текстом на 52 сторінки, містить 14 таблиць і 3 рисунки, кількість літературних джерел 50.

В дипломній роботі наведені дослідження, а саме з ефективності впливу різних рівнів ґрунтової родючості на зміну врожайності та якості зерна ячменю ярого.

Методи досліджень – польовий метод (визначення впливу добрив на ефективну і потенційну родючість ґрунту), лабораторний метод (визначення кількісних і якісних характеристик об'єктів дослідження), математично-статистичний (оцінка достовірності отриманих результатів досліджень), розрахунково-порівняльний (економічна та енергетична оцінка ефективності різних систем удобрення у ланці сівозміни).

В результаті проведених досліджень встановлено, що за внесення різних норм мінеральних добрив ми можемо підвищити показники врожайності та якості зерна ячменю. Високі норми мінеральних добрив можуть пригнічувати мікробіологічну активність, що зменшує доступність елементів живлення з важкодоступних сполук ґрунту. Ефективність добрив в значній мірі залежить неоднорідності ґрунтового покриву.

Результати польових дослідів переконливо довели, що позакореневі підживлення мають знаний вплив не лише на агрохімічну характеристику ґрунту, а і на продуктивність і якість продукції рослинництва.

Ячмінь потребує достатньої кількості легко засвоюваних форм поживних речовин у ґрунті. Проведені дослідження за застосуванням добрив внесених в різних нормах і співвідношеннях (NPK), показали доцільність та ефективність їх внесення.

Ключові слова: ячмінь ярий, врожайність, елементи живлення, позакоренеve підживлення, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Значення мінерального живлення для рослин ячменю ярого та ефективність добрив	9
1.2 Використання технологічних прийомів точного землеробства	16
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	20
2.1 Характеристика умов території господарства	20
2.2 Ґрунтові умови на території господарства	21
2.3 Погодно-кліматичні умови	22
2.4 Умови і методика проведення досліджень	25
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
3.1 Фізико-хімічні показники ґрунту	27
3.2 Агрохімічні показники ґрунту	28
3.3. Динаміка накопичення мінерального азоту в сірому лісовому ґрунті за вирощування ячменю ярого	31
3.4 Вплив різних фонів удобрення на вміст мікроелементів і важких металів в сірому лісовому ґрунті	34
3.5 Вплив різних систем удобрення на морфологічні показники	37
РОЗДІЛ 4 УРОЖАЙНІСТЬ ТА СТРУКТУРА ВРОЖАЮ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ҐРУНТОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ	39
4.1 Урожайність ячменю ярого	39
4.2 Якість основної продукції за різних систем удобрення	41

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ	43
ВИСНОВКИ	45
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	47

ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво знаходиться на етапі трансформації, де ключовими орієнтирами є впровадження інноваційних технологій і забезпечення сталого розвитку. У цьому контексті точне землеробство, засноване на застосуванні сучасних технологій моніторингу та управління, стає однією з найбільш перспективних систем господарювання.

Ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) є важливою зерновою культурою, яка широко використовується в харчовій, кормовій та пивоварній промисловості. Його продуктивність значною мірою залежить від забезпечення азотом — одного з основних елементів живлення. Однак неоднорідність вмісту мінерального азоту в ґрунті, зумовлена природними та антропогенними чинниками, створює виклики для ефективного використання добрив і збереження родючості ґрунтів.

Технології точного землеробства відкривають нові можливості для подолання цих викликів. Вони включають застосування геоінформаційних систем (ГІС), дистанційного зондування (ДЗЗ), сенсорних технологій і систем аналізу великих даних для визначення просторово-часових варіацій вмісту азоту в ґрунті. Це дозволяє розробляти диференційовані стратегії управління продуктивністю ячменю, які забезпечують раціональне використання ресурсів, підвищення врожайності та зниження негативного впливу на довкілля.

Актуальність теми полягає в необхідності підвищення ефективності виробництва ячменю за рахунок впровадження інноваційних підходів до управління його продуктивністю, що ґрунтуються на методах точного землеробства.

Метою магістерської роботи є розробка науково обґрунтованих рішень для управління продуктивністю ячменю за умов неоднорідного вмісту

мінерального азоту в ґрунті, базуючись на технологіях точного землеробства.

Для досягнення мети передбачається вирішення таких завдань:

- аналіз просторово-часових варіацій вмісту азоту в ґрунті;
- оцінка впливу неоднорідності азотного живлення на врожайність ячменю;
- розробка системи диференційованого удобрення на основі даних точного землеробства;
- визначення економічної та екологічної ефективності запропонованих рішень.

Результати дослідження сприятимуть вдосконаленню систем управління живленням ячменю, підвищенню рентабельності виробництва та забезпеченню екологічної безпеки агровиробництва.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Значення мінерального живлення для рослин ячменю ярого та ефективність добрив

Внесення добрив під ячмінь є найважливішим агротехнічним заходом, який має значний вплив на врожайність ячменю. Ця модель була підтверджена серією експериментів, проведених у степовій зоні України [1]. У степовій зоні України ефективність добрив і видимі ефекти від їх застосування значною мірою залежать від низки факторів.

Ефективність добрив в умовах степової зони України значною мірою залежить від низки факторів, які мають суттєвий вплив на ступінь засвоєння поживних речовин рослиною, швидкість поглинання та швидкість їх переміщення по рослинному організму. За даними Інституту сільськогосподарських досліджень Національної академії аграрних наук України, нітратні добрива азотного складу та збалансовані мінеральні добрива, внесені навесні під передпосівний обробіток ґрунту, забезпечать вищі врожаї, ніж ті, що вносяться восени під підготовку ґрунту під зиму. Деякі автори стверджують, що локальне внесення добрив є більш ефективним, ніж обприскування [1,2].

Існує ряд різних екотипів ячменю. Деякі екотипи посухостійкі, стійкі до високих температур, потребують менше тепла і пристосовані до вирощування на різних ґрунтах і в різних кліматичних зонах. Вони пристосовані до вирощування в різних ґрунтах і кліматичних зонах. Ці характеристики роблять ячмінь гнучкою культурою з широким ареалом поширення. Ця культура є однією з найбільш широко вирощуваних зернових. Ячмінь вирощують по всьому світу завдяки його високій продуктивності, економічній цінності та пристосованості до різних умов вирощування.

Сучасні технології, що використовуються для досягнення високих врожаїв зерна, включають дотримання актуальних регіональних науково-методичних рекомендацій, використання сучасних засобів захисту рослин, оптимальних

систем живлення рослин, зменшення стресових факторів та управління здоров'ям рослин. Сюди також входить управління фітосанітарним станом поля.

Селекція нових сортів та біоінженерія пропонують радикально нові можливості. Застосування біологічно активних речовин (регуляторів росту рослин) - природних або синтетичних низькомолекулярних речовин - є важливим резервом підвищення врожайності та поліпшення якості продукції рослинництва [1].

Встановлено, що такі властивості рослин, як посухостійкість, визначаються характером водного обміну, який залежить від двох взаємопов'язаних процесів – поглинання і споживання води при зміні температурних та інших умов (І.І. Беляков) [3].

Зокрема, адаптація рослин до водного дефіциту передбачає багато змін у фізіолого-біохімічних процесах, в яких важливу роль відіграють біологічні особливості культури [3].

У всі роки досліджень найбільший вплив на приривок врожаю мали азотні добрива, тоді як фосфорні - незначний. Коли калій використовували як добриво, різниця у врожайності була незначною, якщо його вносили окремо як окремий макроелемент. Порівняно з азотними та фосфорними добривами, врожайність мало відрізнялася. Підвищення врожайності, в принципі, відбулося за рахунок формування більш продуктивних стебел. Це економічно ефективний спосіб підвищення врожайності ярого ячменю, особливо при внесенні після весняного обробітку ґрунту і перед оранкою. На традиційних чорноземах добриво збільшило кількість поживних речовин у ґрунті та позитивно вплинуло на ріст вузлових коренів, їх кількість та врожайність ячменю [4].

У рецензованій літературі наводяться численні переконливі докази здатності мікроелементів підвищувати стійкість рослин до посухи. В експериментах мікроелементи та регулятори росту застосовували різними способами: висівання насіння та внесення на різних етапах органогенезу. Незалежно від способу позакореневого підживлення можна підвищити посухостійкість рослин. Незалежно від способу позакореневого підживлення

спостерігалось збільшення вмісту води в листках і підвищення фракційного складу води в листках. Фракційний склад води збільшувався. Вміст слабо та міцно зв'язаної води збільшувався, а інтенсивність транспірації зменшувалася [5].

Встановлено, що додавання мікроелементів підвищує стійкість ячменю та вівса до водного дефіциту, покращує розвиток кореневої системи та збільшує вегетативну масу рослин [6].

У сучасних інтенсивних технологіях вирощування зернових широко використовуються гербіциди, які можуть мати негативний вплив на ріст і розвиток культурних рослин. У зв'язку з цим виникає потреба у дослідженні адаптованих агентів, які підвищують стійкість рослин до гербіцидів. Такими агентами вважаються гумінові активні речовини. Наприклад, Л.А. Христева встановила, що натрієвий гумус, який застосовували для заробки насіння, підвищував стійкість до гербіцидів.

На фоні фітотоксичності, спричиненої гербіцидами, вона виявила, що натрієвий гумус, використаний при посіві насіння або доданий до живильного середовища рослин, зменшував кількість клітинних і молекулярних патологій та нормалізував інтенсивність поділу клітин у меристематичній тканині коренів і стебел [7].

У природних умовах рівень родючості ґрунту тісно пов'язаний з біологічною активністю гумінової мікрофлори, яка виконує такі функції, як мінералізація органічної речовини, фіксація атмосферного азоту та перетворення сполук фосфору і калію в корисні для рослин форми [8]. Використання добрив, різноманітних пестицидів та регуляторів росту суттєво змінює умови існування мікроорганізмів у ґрунті, на багатьох з яких негативно впливає.

Внесення мінеральних добрив також по-різному впливає на процеси, що відбуваються як у ґрунті, так і в самому насінні. В досліджах А.Г. Мусатова чітко виражена реакція насіння на азотні добрива, що пояснюється посиленням процесу гідролізу крохмалю, інтенсивності дихання та активності

окислювальних ферментів під час проростання. В результаті цих реакцій насіння швидше втрачає пластифікатор і швидше проростає.

Є.І. Ратнер спостерігав, що сумісне внесення фосфору, азоту і калію негативно впливає на швидкість проростання, і вважав, що це пов'язано з низьким вмістом вуглеводів у насінні [11].

Фахова література також вказує на те, що затримка проростання насіння при внесенні добрив значною мірою залежить від насиченості ґрунту вологою [12].

Ряд авторів також встановили, що ефективність різних доз добрив тісно пов'язана з рівнем водного режиму ґрунту. Підвищене внесення мінеральних добрив в умовах недостатнього вологозабезпечення негативно впливає на ріст рослин при високому рівні засолення ґрунтового розчину [13].

Деякі автори відзначають, що внесені добрива сприяють проростанню насіння. Підвищення енергії проростання насіння зернових культур під впливом фосфорних добрив спостерігалось при внесенні мікроелементів, що свідчить про те, що розчини з низьким вмістом фосфатів стимулюють процес проростання насіння і сприяють підвищенню схожості насіння. За результатами дослідження, розчин суміші суперфосфату та хлористого калію

При вологості ґрунту 60% польова схожість насіння збільшувалася при зменшенні дози суперфосфату до 0,05 г на зерно ярого ячменю і, навпаки, зменшувалася при вологості ґрунту 40%.

Демідов О. стверджує, що мінеральні добрива збільшували кількість сходів порівняно з контролем, а мінеральні добрива збільшували кількість сходів порівняно з мінеральні добрива збільшували кількість пророслих насінин на 3,0-4,5% порівняно з контролем. Енергія проростання також суттєво знизилася [15].

Слід підкреслити, що донедавна не існувало єдиної думки щодо прямого впливу макроелементів, особливо комплексних, на варіабельність схожості насіння ярого ячменю у виробничих умовах.

Серед мінеральних добрив найбільший вплив на врожайність та якість мають азотні добрива. На різних типах чорноземних і каштанових ґрунтів прибавка врожаю лише за рахунок азоту становить від 1,8 до 10,0 ц/га. Вміст сирого протеїну. Вміст сирого протеїну збільшується на 1,5-2,2% [16,17].

У зонах з недостатнім зволоженням забезпечення вологою є необхідною умовою для досягнення хороших результатів при застосуванні азотних добрив. Тому в досліді Гірка А.Д. на Ерастівській дослідній станції (Національний науково-дослідний інститут сільського господарства) вносили азотні добрива.

У досліді Ерастівської дослідної станції А.Д. Гірка (Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН України») було проведено дослідження з посівами, посіяними навесні у вологі роки на чорноземах типових, і внесення азотних добрив підвищило врожайність на 3,0-4,9 ц/га, тоді як у посушливі роки цей показник був значно нижчим [18,19].

У рекомендаціях щодо застосування добрив на пасовищах зазначено, що ячмінь слід попередньо удобрювати достатньою кількістю мінеральних добрив, оскільки він добре використовує залишковий ефект. Однак відомо, що залишкова дія азотних добрив невелика: на другий рік рослини використовують лише 1-3% азоту, внесеного в попередній рік. Таким чином, такий важливий фактор підвищення врожайності ячменю залишається невикористаним [19,20].

За даними Є.В. Агафонова, дія азотних добрив на ячмінь тісно пов'язана з вмістом продуктивної вологи в шарі 1 м ранньою весною та вмістом нітратного азоту в шарі 0-60 см.

У типовій зоні дефіциту вологи на чорноземах N30 слід вносити під ячмінь, коли ранньою весною в шарі ґрунту 1 м міститься щонайменше 140 мм родючої вологи, а вміст нітратного азоту в шарі 0-60 см нижче 43-45 кг/га. За низької вологості та високого вмісту азоту внесення азотних добрив під ячмінь є небажаним [21].

Основою сучасної технології є глибоке і всебічне знання біологічних особливостей сортів сільськогосподарських культур та ретельний аналіз впливу

погодних умов і факторів агротехніки на процеси, що формують їхню продуктивність.

Сучасна технологія оптимізації умов отримання високих врожаїв вимагає творчого підходу, який передбачає прийняття своєчасних та обґрунтованих рішень у відповідь на умови, що виникають у системі «рослина-середовище».

При оцінці стану рослин і складних умов необхідно враховувати об'єктивно існуючі природні закони і закономірності. Закони еквівалентності та незамінності факторів стверджують, що всі існуючі фактори середовища, незалежно від їх походження, рівнозначні для життя рослин і жоден з них не може бути замінений іншим. Пристосованість кожного сорту є еволюційно обумовленою і генетично детермінованою таким чином, що площа посіву відповідає відповідному потенціалу і, власне, потенційній продуктивності та екологічній стійкості. Наприклад, ячмінь можна вирощувати в більш північних регіонах, ніж пшеницю. Це означає, що він більш стійкий до одного або декількох обмежуючих факторів, таких як нестача тепла, надмірна вологість тощо.

У сучасному сільськогосподарському виробництві перевага надається односортним культурам, залежно від низки комерційних та економічних умов. Такі посіви є більш стійкими до несприятливих погодних умов та шкідників. Це свідчить про те, що важливою передумовою повного використання біотичних факторів є створення екологічно стійких посівів.

За несприятливих умов рослини витрачають частину продуктів фотосинтезу на захисні та компенсаторні реакції. Тому високої потенційної продуктивності сорту недостатньо для отримання високих врожаїв. Також необхідним є підвищення стійкості рослин до нестабільних факторів зовнішнього середовища та раціональна система мінерального живлення рослин протягом вегетаційного періоду.

З розвитком сучасного сільського господарства зростає увага до оптимізації використання ресурсів для підвищення продуктивності культур,

зокрема до управління мінеральним живленням рослин. Ячмінь, як одна з основних зернових культур, займає важливе місце у світовому виробництві зерна, оскільки використовується як для продовольчих, так і для кормових і промислових потреб. Водночас продуктивність ячменю значною мірою залежить від правильного забезпечення рослин мінеральними елементами, особливо азотом, який є ключовим елементом у процесах росту, розвитку та формування врожайності.

Азот є важливим елементом живлення ячменю, оскільки бере участь у синтезі білків, хлорофілу та інших органічних сполук, що визначають якість та кількість врожаю. Проте рівень мінерального азоту у ґрунті не є постійним і часто характеризується значною варіабельністю як у просторі, так і в часі. Причинами такої неоднорідності можуть бути різні агротехнічні, кліматичні й біологічні фактори, включаючи тип ґрунту, рівень його родючості, структуру, вологість, температурний режим, активність мікроорганізмів тощо. Таким чином, для досягнення високої продуктивності ячменю важливо адаптивно враховувати просторові відмінності вмісту мінерального азоту при плануванні азотного живлення.

Традиційні методи внесення азотних добрив часто передбачають однорідне застосування добрив на всьому полі, що не враховує неоднорідність ґрунтових умов. Як наслідок, на окремих ділянках поля азот може бути в надлишку, що призводить до забруднення навколишнього середовища та фінансових витрат, тоді як на інших ділянках його може бути недостатньо для повного забезпечення потреб рослин. Використання технологій точного землеробства дозволяє долати ці недоліки шляхом зонального внесення добрив залежно від фактичного вмісту мінерального азоту у ґрунті, що сприяє раціональному використанню ресурсів та підвищенню врожайності.

1.2 Використання технологічних прийомів точного землеробства

Точне землеробство є інноваційним підходом, що базується на інтеграції інформаційних технологій, датчиків і методів аналізу даних для управління агротехнічними операціями з високою точністю. В основу точного землеробства входить ідея детального обстеження поля для встановлення просторової неоднорідності ґрунтово-кліматичних умов та адаптивного реагування на ці відмінності. Завдяки таким технологіям, як дистанційне зондування, агрохімічні аналізи ґрунту, GPS-навігація, автоматизовані системи внесення добрив і обробки посівів, фермери отримують можливість точно контролювати кількість і спосіб внесення азотних добрив на різних ділянках поля, знижуючи витрати на добрива та мінімізуючи екологічне навантаження.

Сучасні методи управління продуктивністю культур у точному землеробстві включають використання моделей оцінки потреб рослин у поживних елементах на основі зональної варіабельності параметрів ґрунту. Такі підходи дозволяють визначати оптимальні дози внесення азоту на кожній ділянці поля та забезпечують максимальне використання потенціалу ґрунту для зростання ячменю. Застосування зонального внесення добрив забезпечує покращене азотне живлення рослин, що сприяє їх швидшому розвитку та підвищенню продуктивності.

Окрім економічної вигоди, застосування технологій точного землеробства при вирощуванні ячменю має й екологічні переваги. Правильне дозування азоту знижує ймовірність його надмірного накопичення в ґрунті та вимивання у водні об'єкти, що запобігає забрудненню навколишнього середовища і сприяє екологічній стабільності.

Зі зростанням чисельності населення та підвищенням вимог до якості продукції сільське господарство стоїть перед викликом виробляти більше продуктів з меншими затратами, зберігаючи природні ресурси та мінімізуючи екологічний вплив. У зв'язку з цим дедалі більша увага приділяється

оптимізації вирощування таких культур, як ячмінь, для яких важливу роль відіграє управління мінеральним живленням, особливо азотним. Азот є життєво важливим елементом для росту і розвитку ячменю, оскільки бере участь у формуванні білків, хлорофілу та інших біохімічних сполук, які безпосередньо впливають на кількість та якість врожаю. Недостатнє або надмірне забезпечення азотом може призвести до значних втрат у врожайності, тому точне дозування цього елемента має велике значення.

Неоднорідність вмісту азоту у ґрунті – одна з головних проблем, яка ускладнює ефективне управління азотним живленням. Нерівномірний розподіл цього елемента зумовлений різними природними і антропогенними факторами, зокрема типом і структурою ґрунту, рівнем його родючості, особливостями агротехнічних заходів, активністю мікроорганізмів, кліматичними умовами, такими як вологість та температура. Наприклад, на одних ділянках поля ґрунти можуть бути більш родючими і здатними забезпечувати достатній рівень азоту для рослин, тоді як інші потребують додаткового внесення добрив. Традиційні підходи, які не враховують ці просторові відмінності, часто призводять до надмірного внесення азотних добрив на одних ділянках та недостатнього на інших, що, своєю чергою, знижує загальну ефективність використання ресурсів і підвищує ризик забруднення навколишнього середовища.

У цьому контексті точне землеробство надає можливість адаптивного управління ресурсами з урахуванням просторової неоднорідності ґрунтових умов. Цей підхід передбачає використання різних технологій, включаючи GPS-навігацію, системи геоінформаційного аналізу (ГІС), дистанційне зондування та датчики для збору і аналізу даних про стан ґрунтів і рослин. Встановлення зональної варіабельності вмісту мінерального азоту дозволяє розробити диференційовані схеми внесення добрив на основі реальних потреб окремих ділянок, що значно підвищує ефективність використання азоту.

Для виявлення зон неоднорідності та моніторингу стану ґрунту часто застосовуються такі методи, як спектральний аналіз зображень, які отримують з дронів або супутників, аналіз електропровідності ґрунту, польові датчики вологомірів та азотометрів. Ці технології дозволяють створювати карти продуктивності, які вказують на ділянки з різними рівнями родючості та вмісту азоту. Такі дані можна використовувати для планування зонального внесення добрив, адаптованого до потреб кожної окремої зони поля. Цей підхід, званий управлінням врожаєм за зонами продуктивності, сприяє оптимальному забезпеченню азотним живленням у відповідності до просторової варіабельності ґрунту, що в результаті підвищує врожайність і зменшує витрати на добрива.

Технології точного землеробства також забезпечують можливість моніторингу стану посівів ячменю впродовж усього періоду вегетації. Наприклад, за допомогою аналізу індексів вегетації, таких як NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), можна оцінити рівень азотного забезпечення рослин у режимі реального часу і оперативно коригувати програми підживлення. Цей підхід дозволяє мінімізувати ризики надмірного або недостатнього внесення азотних добрив, що позитивно впливає на врожайність та якість зерна, а також на зменшення фінансових витрат і екологічного навантаження.

Управління продуктивністю ячменю за допомогою технологій точного землеробства є важливим кроком до створення стійких аграрних систем, які відповідають принципам раціонального використання природних ресурсів. Диференційоване внесення добрив дозволяє досягти не лише економічних, але й екологічних переваг, знижуючи ризик забруднення ґрунтів і водних об'єктів надмірними залишками азоту. Це також сприяє формуванню здорових агроєкосистем, які здатні ефективно використовувати природні ресурси та зменшувати вплив сільського господарства на довкілля.

Таким чином, управління продуктивністю ячменю з урахуванням просторової варіабельності мінерального азоту на основі технологій точного землеробства є ефективним підходом, який дозволяє оптимізувати процеси вирощування, знижувати витрати на добрива та досягати високої якості продукції.

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Характеристика умов території господарства

Господарство ННЦ «Інститут землеробства НААН» розташоване у смт Чабани, Києво-Святошинського району, Київської області у Лісостеповій зоні.

Рельєф території переважно рівнинний з невеликими схилами. ННЦ «Інститут землеробства НААН» знаходиться в 2 км від районного центру – та 5 км від обласного центру – міста Києва. Найближча залізнична станція “Вишневе” розташована на відстані 4 км від господарства. Чабани з’єднані дорогами з твердим покриттям з автотрасою Київ-Одеса.

Основний напрямок господарства – вирощування зернових та технічних культур. В посівах господарства значну частину займають зернові культури.

Забезпеченість трудовими ресурсами у господарстві середня. На господарстві працює 40 працівників. Дефіциту спеціалістів не спостерігається.

Забезпеченість технікою відповідає потребам господарства (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

Співвідношення земельних угідь та структура посівних площ у господарстві ННЦ «Інститут землеробства НААН» станом на 2024 р.

Сільськогосподарські угіддя та назва господарських груп культур	Площа, га	Частка, %		
		від усієї території	від с.-г. угідь	від ріллі
1. Вся територія господарства	510	100	101,2	101,2
2 Сільськогосподарські угіддя	504	98,7	100	100
3. Рілля, зайнята польовими та овочевими культурами	504	98,7	100	100
4. Ліси, чагарники	-	-	-	-
5. Під дорогами, водоймами, будівлями та ін.	6	1,2	0,24	0,24
6. Багаторічні плодові насадження та ягідники	-	-	-	-
7. Природні луки і пасовища	-	-	-	-
8. Польові сільськогосподарські культури, всього	504	98,7	100	100
9. з них зернові і зернобобові	504	98,7	100	100
10. Технічні просапні	-	-	-	-
11. Технічні не просапні	-	-	-	-
12. Кормові, всього	-	-	-	-
13. у т. ч. багаторічні трави	-	-	-	-
14. Овочеві культури, всього	-	-	-	-
Частка ріллі, %			98,7	

2.2 Ґрунтові умови на території господарства

Дослідження проводили у тривалому стаціонарному досліді відділу агрохімії ННЦ «Інститут землеробства НААН.

Ґрунт досліджуваного поля – сірий лісовий крупнопилувато-легкосуглинковий, який утворився на карбонатному лесовидному суглинку.

Місця для його формування характеризуються найсприятливішими екологічними умовами для лісової рослинності (полупан).

У ґрунтовому покриві країни частка ґрунтів лісового походження перевищує 33%, а серед сільськогосподарських угідь – 25% [1]. Вони утворились під найстародавнішими лісовими масивами, які займали територію після відкладання останнього ярусу лесу. Отже, підзолистий процес тут відбувався від початку ґрунтоутворення.

Деревна маса не приймає участь у гумусоутворенні, то пріоритет у ньому належить трав'янистим решткам переважно у вигляді відмерлого коріння.

Цей хроноряд ґрунтів у далекому минулому сформувався під широколистими лісами різними за своїми характеристиками. Але слід зауважити, що проблема генезису цих ґрунтів ще й досі є дискусійною і невирішеною у ґрунтознавстві.

Він характеризується наступною морфологічною будовою :

- HE – 0–30 см, сірий, пухкий, пилуватий, з рясною присипкою аморфної SiO₂, безпосередньо переходить в ілювіальний горизонт. Перехід добре виражений за щільністю та забарвленням;

- II – 31–55 – (60) см, темно-коричневий (бурий), щільний, горіхуватої структури, добре вираженої з глибини 35 см. Багато аморфної SiO₂,

розміщеної гніздами. Перехід до наступного горизонту добре помітний за забарвленням;

- I2 – 56– (61) – 85 (90) см, червоно-коричневий (бурий), дуже щільний, призматичний. Рясні блискучі напливи колоїдних R2O3 та гумусу, крупні гнізда SiO2,. Перехід до наступного горизонту простежується за щільністю та забарвленням;

- Ip – 91–125 – (130) см, жовто-палевий, менш щільний, ніж попередній. Грані стовпчастих окремоостей забарвлені темно-коричневими напливами півтораокислів (R2O3). Перехід помітний за забарвленням;

- P – 126 – (131) см іноді глибше. Лес (лесовидний суглинок), зверху з чітко вираженим освітленим шаром карбонатного ілювію.

Сірі лісові ґрунти мають чіткий кількісний діагностичний критерій профільного гумусонагромадження.

Головними елементарними процесами, які вплинули на формування сірих лісових ґрунтів, є процес біогенної акумуляції.

2.3 Погодно-кліматичні умови

Вегетаційний період 2022 р. характерний продовженням тих кліматичних змін, які мають всепланетарне значення – відбувається нарощення температур повітря у літні місяці на фоні зменшення кількості опадів, що свідчить про поступову аридизацію клімату в Україні. Проте погодні умови вегетаційного періоду 2024 р. мають свої особливості, що полягають у певній їх стабілізації в північній частині зони Лісостепу. Так, за температурним режимом зимовий період (січень-лютий) були теплішими порівняно з багаторічними даними (таблиця. 2.2).

Температура повітря та кількість опадів за даними метеостанції «Чабани» за січень-жовтень 2024 р.

Місяць	Середньодобова температура повітря, °С				Опади, мм			
	Факт	Норма	Відхилення	% від норми	Факт	норма	Відхилення	% від норми
Січень	-2,1	-5,6	-3,5	162	52	48	4	126
Лютий	-2,0	-4,2	-2,2	152	11	46	-35	24
Березень	0,1	0,7	-0,6	14	8	36	-28	22
Квітень	8,3	8,7	0,4	95	25	49	-24	51
Травень	14,3	15,2	-0,9	94	28	53	-25	53
Червень	21,8	18,2	3,6	120	30	73	-43	41
Липень	20,2	19,3	0,9	105	41	88	-47	47
Серпень	21,9	18,6	3,3	118	33	69	-36	48
Вересень	11,5	13,9	-2,4	83	65	47	18	138
Жовтень	-	-	-	-	-	-	-	-
Листопад	-	-	-	-	-	-	-	-
Грудень	-	-	-	-	-	-	-	-
Середня	10,4	9,3	1,1	112	33	54	-19	61

Температурний режим повітря за період з січня по вересень 2024 р. відрізнявся значною неоднорідністю, оскільки січень і лютий були значно теплішими від норми: -2,1, -2,0°С (162 і 152). Весняні місяці характеризувалися помітно нижчими показниками температури: у березні, квітні і травні 14, 94 і 95 % від норми, що гальмувало появу сходів ярих культур і процеси кушення, виходу в трубку в озимих. Літні місяці були спекотними, що негативно позначилося на рості і розвитку сільськогосподарських культур. Найбільше

відхилення від норми визначено у червні: перевищення середньомісячних показників на 3,6 °C або на 120 % (рис. 2.1).

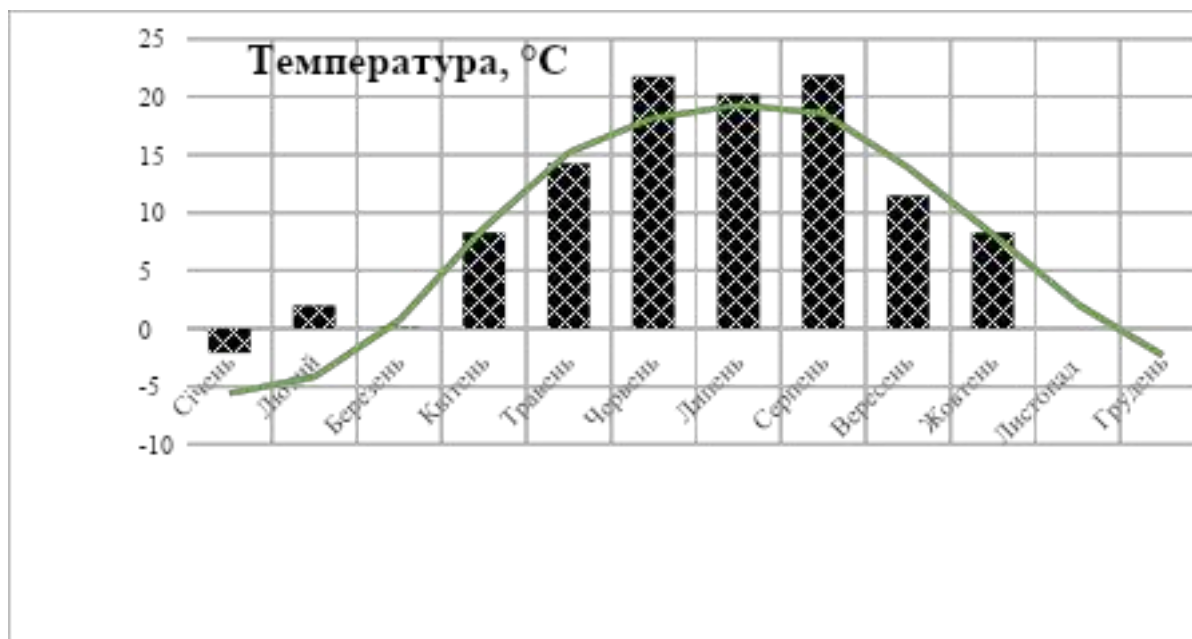


Рис. 2.1. Температура повітря за січень-вересень 2024 р. за даними метеостанції «Чабани», °C

За кількістю опадів вегетаційний період 2022 р. визначався, як посушливий, адже загальна кількість опадів становила в середньому 33 мм за норми 54 мм або 61 % до неї. За 9 місяців спостережень тільки у січні і вересні кількість опадів на 26 і 38 % перевищувала норму. За критичний квітень-серпень кількість опадів становила 48 % до норми, що свідчить про стійку тенденцію аридизації клімату, яка прогресує останні 20 років (рис 2.2).



Рис. 1.2. Кількість опадів за січень-вересень 2024 р., за даними метеостанції «Чабани», мм

2.4 Умови і методика проведення досліджень

Дослідження проводили в тривалому польовому досліді відділу агрохімії ННЦ «Інститут землеробства НААН» на сірому лісовому ґрунті.

Дослідження на сірому лісовому ґрунті виконано в п'ятипільній польовій сівозміні: овес, ячмінь ярий, гречка, горох, пшениця озима. У 2024 р. вирощувались такі культури – ячмінь ярий, овес, пшениця озима. Схема досліду включає 4 варіанта удобрення з різними фонами удобрення із застосуванням хелатних добрив та антистресантів.

Спосіб розміщення варіантів і повторень систематичний, площа посівної ділянки 52 м², облікової – 22 м², повторення – чотириразове. Дослід у натурі розгорнуто на 3-х полях. Мінеральні добрива (аміачна селітра, амофос, калійна сіль) внесено під час основного обробітку ґрунту, аміачну селітру – за схемою роздрібно під культивуацію і за фазами органогенезу рослин, побічну продукцію – після збирання врожаю культури згідно програми досліджень.

Схема досліду представлена у таблиці 2.3

№п/п	Зони неоднорідності	Удобрення	Позакореневе підживлення
1	Контроль (без добрив)		
2	Низький рівень забезпеченості	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Кущення ПРОуніверсал, 1,0л/га + Марганець, 0,5 л/га Вихід у трубку Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га
3	Середній рівень забезпеченості	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	
4	Високій рівень забезпеченості	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	

Позакореневе підживлення рідкими комплексними добривами ТМ «Ярило» у дозі 0,5-2,0 л/га проводили в основні фази вегетації культур.

Склад препаратів ТМ «Ярило» наступний:

- *ПРОуніверсал*, г/л: N_{зар.} – 184; P₂O₅ – 90; Fe (EDTA) – 6; Mn (EDTA) – 10; Cu (EDTA) – 10; Zn (EDTA) – 11; B (EDTA) – 6; Mo (EDTA) – 0,1.
- *Аміно мікс* (концентрація діючої речовини, % маси): N – до 35,0, P₂O₅ – до 35,0, K₂O – до 35,0, S – до 10,0, Ca – до 10,0, Mg – до 10,0, B – до 15,0, Cu (EDTA) – до 10,0, Fe (EDTA) – до 10,0, Mn (EDTA) – до 10,0, Zn (EDTA) – до 10,0, Mo (EDTA) – до 5,0, і – до 2,0, Co (EDTA) – до 0,01, органічні кислоти – до 30,0 %, фітогормони – до 0,5 %, ПАР – до 10%.
- *Зерновий*, г/л: N – 80, Mg – 52; SO₃ – 38, B – 4, Cu (EDTA) – 15, Fe (EDTA) – 1,4, Mn (EDTA) – 10, Zn (EDTA) – 2,0, Mo (EDTA) – 0,05.
- *Марганець* – Mn (EDTA) – 100.

Таблиця 1 Схема позакореневого внесення добрив ТМ «Ярило»

Ячмінь ярий	Кущення (ВВСН 21) ПРОуніверсал, 1,0 л/га + Марганець, 0,5 л/га	Вихід у трубку (ВВСН 31) Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га
-------------	---	---

У досліді вирощували внесений до Державного реєстру сорт ячмінь ярий – Сонцедар.

Аналіз ґрунтових проб проводили: рН – потенціометрично (ДСТУ ISO 10390:2001), вміст гумусу за Тюрнім, вміст гідролізованого азоту за Корнфілдом, рухомого фосфору і калію за Кирсановим. Нітрати визначались іон селективним методом, вміст амонійного азоту фотометричним методом з реактивом Неслера.

Аналізи на вміст важких металів в ґрунті і в основній продукції виконані у відділі агроєкології і аналітичних досліджень ННЦ «ІЗ НААН» за методами, що відповідають нормативній базі України, а саме ДСТУ 4770 (1,2,3,4,6,7,9)-2007 Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук Mn, Zn, Cd, Fe, Cu, Ni, Pb в буферній ацетатно-амонійній витяжці.

Облік урожаю та показники його структури проводили згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур»

2001 р. Якість зерна (ДСТУ4117:2007) визначали за методом спектроскопії на інфрачервоному аналізаторі NIR SYSTEMS 4500. Дисперсійний аналіз експериментальних даних проводили з використанням програми EXSEL 2010 р.

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Фізико-хімічні показники ґрунту

Систематичне застосування різних видів добрив протягом двох ротаций 5-пільної сівозміни призвело до диференціації фізико-хімічних показників сірого лісового ґрунту. Встановлено, що у 2024 р. реакція ґрунтового розчину під посівами ячменю ярого наближалась до слабкосої ($\text{pH}_{\text{сол.}}$ 4,5-4,7). Тобто, чітко прослідковується підкислююча дія фізіологічно-кислих форм зростаючих доз мінеральних добрив від одинарної – $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ до потрійної $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$. Відповідно і підвищуються показники гідролітичної кислотності ґрунту, що становлять за мінеральної ($\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$) системи удобрення – 2,31 мг/екв. на 100 г ґрунту. (табл. 3.1).

Відомо, що всі ґрунти легкого механічного складу, в тому числі і сірі лісові крупнопилувато-легкосуглинкові, характеризуються низьким умістом обмінних форм кальцію і магнію. За систематичного застосування мінеральних добрив тут відбуваються деструктивні зміни у зв'язку із посиленням процесів мінералізації, що призводить до вилуговування, опідзолення пов'язано з кислотним гідролізом глинистих мінералів орного шару ґрунту. Так, за внесення потрійної дози мінеральних добрив $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ визначено найнижчий уміст обмінного кальцію і магнію (5,3 і 0,9 мг-екв/100 г ґрунту). Порівняно з контролем без добрив (за вмісту Ca^{2+} – 5,7 і Mg^{2+} – 1,0 мг-екв/100 г) ці показники за інтенсивної мінеральної системи знизились відповідно на 7,0 і 2,0 % (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Фізико-хімічні показники орного (0-20 см) шару сірого лісового ґрунту за вирощування ячменю ярого, 2024 р.

№п /п	Зони неоднорідності	Удобрення	pH сол	Hr	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S
Контроль (без добрив)			5,4	1,37	5,7	1,0	16,8
2	Низький рівень забезпеченості	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	5,5	1,98	6,0	1,1	17,2
3	Середній рівень забезпеченості	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	5,3	2,11	5,6	1,1	16,9
4	Високий рівень забезпеченості	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	5,2	2,31	5,3	0,9	16,1
НіP ₀₅			0,6	0,9	1,2	0,4	0,9

Так, за низької зони неоднорідності відбулось підвищення обмінного Ca²⁺ на 0,4 мг-екв/100 г порівняно із середньою і на 0,7 відповідно високої. Вміст

обмінного магнію не залежав від фону удобрення та був у межах контролю (1 мг-екв/100 г ґрунту).

3.2 Агрохімічні показники ґрунту Систематичне застосування зростаючих доз мінеральних добрив в досліді істотно вплинуло на показники потенційної родючості сірого лісового ґрунту. У зв'язку із легким механічним його складом, вміст гумусу в орному шарі ґрунту на контролі без добрив становив 1,0 %, за застосування мінеральних добрив вміст гумусу знижувався і становив по фону $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 1,20 %, по $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 1,15 %.

За мінеральної системи удобрення відбулось посилення процесів мінералізації органічної речовини у сірому лісовому ґрунті, що призводить до зменшення запасів гумусу (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Вплив добрив на зміну вмісту органічної речовини в орному (0-20 см) шарі сірого лісового ґрунту за вирощування ячменю ярого, 2024 р.

Зони неоднорідності	Фон удобрення	Загальний гумус, %	Запаси гумусу, т/га	Приріст ± до контролю	
				т/га	%
Без добрив (контроль)		1,10	29,7	-	-
Низький рівень забезпеченості	$N_{30}P_{30}K_{30}$ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Мп, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	1,20	32,4	6,5	25
Середній рівень забезпеченості	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Мп, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	1,17	31,6	5,9	22

Високий рівень забезпеченості	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ ⁺ ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	1,15	31,1	4,8	18
НІР ₀₅		0,10			

Поживний режим сірого лісового ґрунту в тривалому досліді помітно залежав від інтенсивності та рівня навантаження агрохімікатами (табл. 3.3).

Таблиця 3.3.

Поживний режим орного (0-20 см) шару сірого лісового ґрунту за вирощування ячменю ярого, 2024 р., мг/кг

Зони неоднорідності	Фон удобрення	Гідролі-з ований азот	Рухомі форми, мг/кг	
			P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)		58,8	35,0	65,0
Низький рівень забезпеченості	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ ⁺ ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	78,4	50,0	78,0
Середній рівень забезпеченості	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ ⁺ ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	110	98,0	85,6
Високий рівень забезпеченості	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ ⁺ ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га +	125	110	125

	Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га			
НІР ₀₅		0,7	11	9

Гідролізований азот – найближчий резерв мінерального живлення рослин, що підлягає в ґрунті меншим змінам, ніж мінеральні форми азоту (нітратний і амонійний). Поживний режим за вмістом гідролізованого азоту визначався низьким і середнім рівнями забезпеченості – 78-125 мг/кг, але на 31,6-46,6 мг/кг перевищував контроль без добрив (58,8 мг/кг). Найменший вміст гідролізованого азоту (78,4 мг/кг) встановлено за мінеральної системи удобрення (N₃₀P₃₀K₃₀), що, очевидно, пов'язано із інтенсивним використанням його запасів сільськогосподарськими культурами (табл. 3.3).

Відомо, що систематичне внесення фосфорних добрив створює умови для стабільного підвищення вмісту рухомих форм в орному шарі ґрунту. Встановлено, що з урахуванням середнього рівня забезпечення рухомим фосфором, відбулось його накопичення прямо пропорційно кількості фосфору, внесеного у складі мінеральних добрив. Порівняно з контролем без добрив (175 мг/кг) вміст рухомих форм P₂O₅ істотно підвищився за мінеральної системи удобрення (N₃₀P₃₀K₃₀) на 15 мг/кг, (N₆₀P₆₀K₆₀₀) – 63 мг/кг, (N₉₀P₉₀K₉₀) – 75 мг/кг, що відповідає рівню середнього і підвищеного забезпечення фосфором у ґрунті.

Калійний режим сірого лісового ґрунту відповідно зон неоднорідності характеризувався від низького до підвищеного забезпечення та становив за мінеральної системи удобрення (N₃₀P₃₀K₃₀) 78,0 мг/кг, (N₆₀P₆₀K₆₀₀) – 85,6 мг/кг, (N₉₀P₉₀K₉₀) – 125 мг/кг, за вмісту K₂O на контролі – 65,0 мг/кг.

Отже, результати досліджень поживного режиму сірого лісового ґрунту свідчать, що фонове забезпечення поживними елементами прямо пропорційне нормам внесення добрив, за підвищення поживних елементів у складі повного удобрення.

3.3. Динаміка накопичення мінерального азоту в сірому лісовому ґрунті за вирощування ячменю ярого

Динаміка накопичення мінерального азоту в сірому лісовому ґрунті за вирощування ячменю ярого залежить від кількох факторів, зокрема агротехнічних прийомів, погодних умов, та фаз розвитку культури. Нижче описано основні етапи змін умісту мінерального азоту протягом вегетаційного періоду.

Передпосівний період. У цей час ґрунт зазвичай містить максимальну кількість доступного мінерального азоту, зокрема у формах нітратів (NO_3^-) і амонію (NH_4^+). Це пояснюється низьким споживанням азоту рослинами та активною мінералізацією органічних речовин після зими. Рівень мінерального азоту залежить від попередника, рівня органічної речовини в ґрунті та внесення добрив.

Сходи і початок вегетації. У цей період ячмінь споживає помірну кількість азоту для формування кореневої системи та розвитку перших листків. Уміст мінерального азоту в ґрунті поступово знижується через поглинання рослинами та можливе вимивання нітратів у нижні горизонти.

Фаза кущіння. У фазу активного росту рослин потреба в азоті значно зростає, що призводить до помітного зниження його концентрації в ґрунті. Добрива, внесені перед сівбою або на початку вегетації, забезпечують рослинам достатню кількість елемента.

Фаза виходу в трубку. На цій стадії інтенсивність споживання азоту сягає максимуму. Ячмінь активно накопичує біомасу, формує генеративні органи. Якщо мінеральний азот недостатньо поповнюється з добрив або процесів мінералізації, його рівень у ґрунті може досягти мінімуму.

Колосіння і наливання зерна. Уміст мінерального азоту в ґрунті залишається на низькому рівні, оскільки азот активно перерозподіляється всередині рослин, переходячи до насіння. У цей період додаткове внесення азотних добрив може бути неефективним, оскільки рослина більше потребує інших елементів (калію, фосфору).

У нашому досліді вміст мінерального азоту коливався залежно від сформованих фоні ґрунтової неоднорідності і норм азотних добрив в складі повного удобрення і фоліарного внесення мікроелементів ПРОУніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га . Залежно від мікрофази вирощування ячменю ярого вміст мінерального азоту становив: кущення (ВВСН 21-24) $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 21,1 мг/кг, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 22,0, $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 23,2, вихід в трубку (ВВСН 30-33) відповідно 8,53, 9,05, 14,07 мг/кг, колосіння (ВВСН 51-52) – 12,8, 14,6, 20,1 і молочна стиглість (ВВСН 71-73) – 8,72, 10,0 і 15,3 мг/кг (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Динаміка накопичення мінерального азоту в сірому лісовому ґрунті за вирощування ячменю ярого, мг/кг, 2024 р.

Зони неоднорідності	Фон удобрення	кущення (ВВСН 21-24)	вихід в трубку (ВВСН 30-33)	колосіння (ВВСН 51-52)	молочна стиглість (ВВСН 71-73)
Без добрив (контроль)		16,9	7,2	11,8	5,9
Низький рівень забезпеченості	$N_{30}P_{30}K_{30}$ + ПРОУніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	21,1	8,53	12,8	8,72
Середній рівень забезпеченості	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + ПРОУніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	22,0	9,05	14,6	10,0

Високий рівень забезпеченості	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	23,2	14,7	20,1	15,3
-------------------------------	--	------	------	------	------

3.4 Вплив різних фонів удобрення на вміст мікроелементів і важких металів в сірому лісовому ґрунті

Підвищення продуктивності рослинництва безпосередньо залежить від інтенсивного використання мінеральних добрив, а також від вапнування кислих ґрунтів. Усі ці заходи впливають на мікроелементний склад ґрунтів і доступність цих елементів рослинам. Нестача мікроелементів у ґрунті, як і надлишок, пригнічує ріст і розвиток рослин, знижує їх стійкість до несприятливих умов навколишнього природного середовища та хвороб.

Важкі метали залежно від їх вмісту у ґрунті є або каталізаторами, або інгібіторами ґрунтових біохімічних процесів. Антропогенні чинники значно впливають на вміст важких металів у ґрунті, зокрема, надмірна кількість меліорантів і мінеральних добрив може різко збільшити вміст важких металів у ґрунті. Поглинання і накопичення важких металів рослинами залежить від низки чинників: типу ґрунту, його фізичних і фізико-хімічних властивостей, умісту органічної речовини, окислювально-відновних умов, антагонізму чи синергізму між металами, їх кількості в педосфері; температури ґрунту, типу рослинності тощо (табл. 3.4) Оптимізація мікроелементного живлення сільськогосподарських культур відіграє важливе значення у розробці сучасних систем удобрення. За застосування мінеральних добрив, макро- і хелатних форм мікроелементів відбулась зміна вмісту мікроелементів і важких металів у сірому лісовому ґрунті.

За вирощування ячменю ярого встановлена чітка тенденція до підвищення вмісту мікроелементів в сірому лісовому ґрунті за мінеральної системи удобрення не визначено суттєвого зростання Cu і Zn порівняно з

контролем, без добрив, але відбулось накопичення Mn по мірі зростання доз добрив: $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 25 мг/кг; $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 32,9; $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 38,8 мг/кг із відповідним приростом – 25%, 64, 94%, до вихідного умісту. (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Вміст мікроелементів у сірому лісовому ґрунті залежно від системи удобрення за вирощування ячменю ярого, 2024р.

Зони неоднорідності	Фон удобрення	загальний вміст, мг/кг на повітряно суху речовину			
		Мідь (Cu)	Цинк (Zn)	Марганець (Mn)	Залізо (Fe)
Без добрив (контроль)		0,17	1,3	10,4	5,3
Низький рівень забезпеченості	$N_{30}P_{30}K_{30}$ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	0,15	1,1	25,1	6,9
Середній рівень забезпеченості	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	0,15	1,1	32,9	7,7
Високій рівень забезпеченості	$N_{90}P_{90}K_{90}$ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	0,19	1,1	38,8	10,6
ГДК		3,0	23	140	–

Екологічна експертиза визначення вмісту важких металів за різної зони неоднорідності засвідчила, що за систематичного їх застосування, за вирощування ячменю ярого відбувається підвищення концентрації важких металів по свинцю на 10-20 %, нікелю – 10-27, кадмію – 10-50 % порівняно із вихідним умістом, що становив відповідно: 1,0; 1,1; і 0,1 мг/кг (3.5).

Таблиця 3.6

Вміст важких металів у сірому лісовому ґрунті залежно від зон неоднорідності за вирощування ячменю ярого, 2024р.

Зони неоднорідності	Фон удобрення	загальний вміст, мг/кг на повітряно суху речовину		
		Свинець (Pb)	Нікель (Ni)	Кадмій (Cd)
Без добрив (контроль)		1,1	1,1	0,11
Низький рівень забезпеченості	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	1,1	1,2	0,12
Середній рівень забезпеченості	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	1,1	1,0	0,15
Високій рівень забезпеченості	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	0,9	1,3	0,13
ГДК		2,0	4,0	0,7

3.5 Вплив різних систем удобрення на морфологічні показники

Ріст рослин є однією із діагностичних ознак, що вказують на умови вирощування культури. Ростові процеси, розвиток вегетативних і репродуктивних органів значною мірою визначаються забезпеченням рослин вологою і елементами живлення. Відомо, що існує пряма залежність між урожаєм, вегетативною масою та висотою рослин, оскільки стебла та листки є органами транспортування органічних і мінеральних речовин. Дослідники відзначають пряму залежність між врожаєм зерна пшениці та масою вегетативних органів.

Результати наших досліджень показали, що висота рослин становила $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 84 см; $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 86; $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 89 см за контрольного вмісту – 74 см, кількість продуктивних стебел шт/м² – $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 655; $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 695; $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 740 за контрольного вмісту – 420, довжина колосу відповідно 10,8, 11,2 і 11,8 см., що узгоджується і рівнями інтенсивності навантаження мінеральними туками та позакореневим підживленням культури (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6

Вплив різних систем удобрення на морфологічні показники ячменю ярого за традиційної технології вирощування, 2024 рр.

Зони неоднорідності	Фон удобрення	Висота рослини см	Кількість продуктивних стебел, шт/м ²	Довжина колосу см	Довжина стебла см
Без добрив (контроль)		74	420	10.5	63.5
Низький рівень забезпеченості	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	84	655	10,8	72,3
Середній рівень забезпеченості	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	86	695	11,2	70,3
Високій рівень забезпеченості	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	89	740	11,5	77,5

РОЗДІЛ 4 УРОЖАЙНІСТЬ ТА СТРУКТУРА ВРОЖАЮ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ГРУНТОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ

4.1 Урожайність ячменю ярого

Істотні темпи інтенсифікації виробництва зерна ячменю ярого в Україні поки що не здатні стабілізувати рівень врожайності цієї культури.

В умовах сучасної ринкової економіки попит на зернову продукцію стрімко зростає, водночас через різні обставини (економічні, соціальні, побутові) зменшуються площі після оптимальних попередників озимих зернових культур. Як наслідок — не вдається одержувати стабільної врожайності зерна з високими показниками якості. Зерновиробник змушений шукати нові способи підвищення урожайності та якості ячменю ярого. Необхідною передумовою для цього є пошук та запровадження нових технологій вирощування, що передбачають систему оптимізованого мінерального живлення і захист рослин від хвороб, шкідників та бур'янів після кращих попередників — парів, зернобобових, багаторічних трав та ін

Сучасне рослинництво здатне управляти врожайністю ячменю ярого на достатньо високому рівні, однак екологічні фактори проявляють набагато більший вплив на формування врожайності.

Чим нижчий рівень землеробства, тим більше воно залежить від ґрунтово-кліматичних умов. Так, при екстенсивному рівні ефективність землеробства на 60 % залежить від природних факторів, а при інтенсивному вплив умов.

За урожайності зерна ячменю ярого на контролі (без добрив) 2,21 т/га, по фоні позакореневого підживлення рослин добривами ТМ «Ярило(у фазі кущення – ПРОУніверсал – 1л/га + марганець 0,5 л/га; виходу в трубку – Зерновий – 2 л/га + Аміно Мікс - 1л/га) найвищі прирости врожаю у 2024 р.

одержано за мінеральної системи удобрення (потрійна доза – $N_{90}P_{90}K_{90}$) – 1,59 (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Урожайність зерна ячменю ярого за різних рівнів навантаження на сірому лісовому ґрунті, 2024 р., т/га

Зони неоднорідності	Фон удобрення	Урожайність, т/га	Приріст до контролю	
			т/га	%
Без добрив (контроль)		2,21	-	-
Низький рівень забезпеченості	$N_{30}P_{30}K_{30} +$ ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	3,11	0,90	45
Середній рівень забезпеченості	$N_{60}P_{60}K_{60} +$ ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	3,31	1,10	50
Високий рівень забезпеченості	$N_{90}P_{90}K_{90} +$ ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	3,80	1,59	72
НІР ₀₅		0,04		

Отже, впровадження комбінованих систем удобрення за високих рівнів забезпеченості ґрунту поживними речовинами дозволить отримати високий

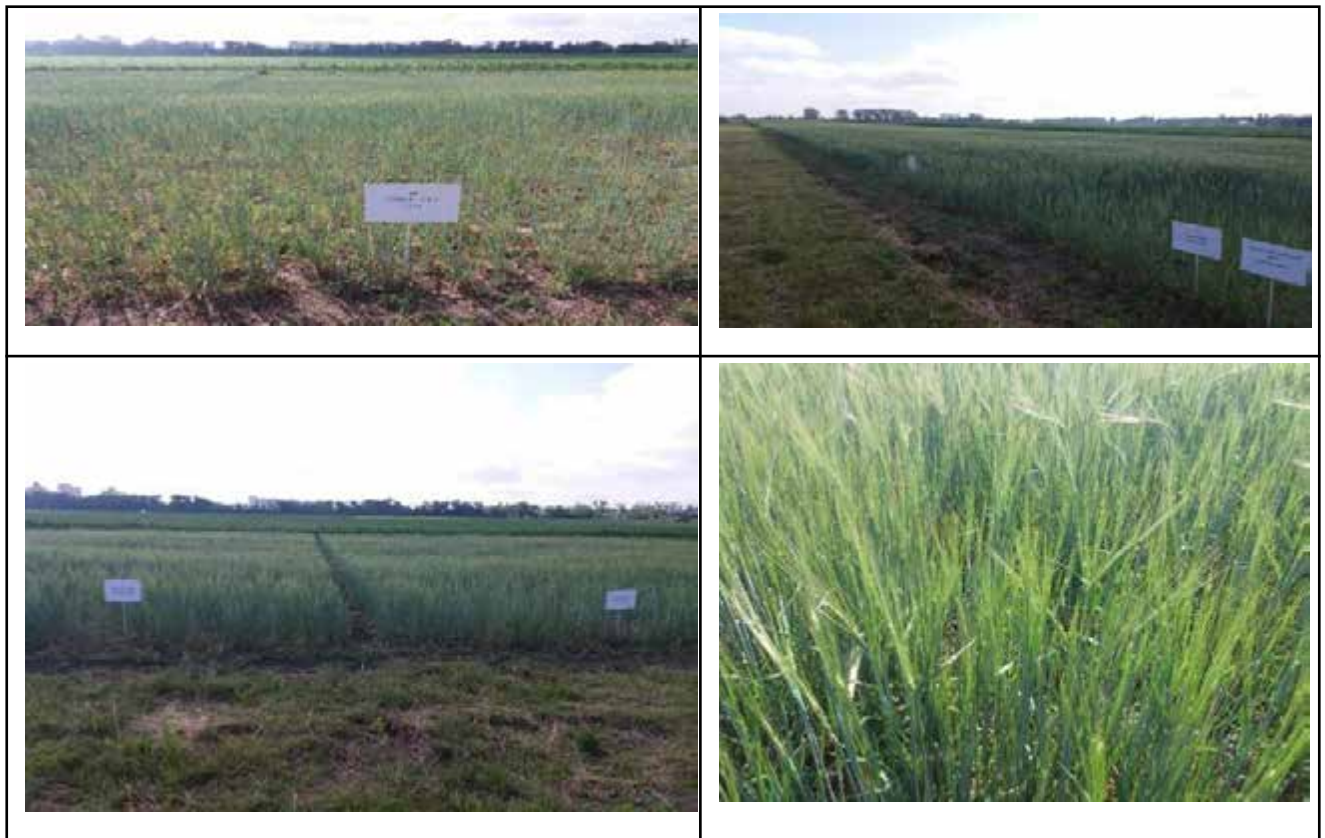
рівень урожайності сільськогосподарських культур із приростом до 45-77 % порівняно з контролем без добрив.

4.2 Якість основної продукції за різних систем удобрення

Основними показниками якості зернових і зернобобових культур визначено протеїн, білок, клітковина – перемінні величини, що підлягають впливу добрив, а також жир, зола і зольні елементи фосфор і калій – генетично залежні показники, що слабо реагують на зовнішні впливи.

Перемінні величини в основній продукції рослинництва тісно залежать від рівня азотного живлення рослин, адже протеїн і білок є похідними від органічних сполук.

На варіантах із застосуванням добрив на фоні позакореневих підживлень халатних форм мікроелементів, вміст білка і протеїну у зерні ячменю коливався відповідно в межах 11,3-12,8 % і 10,3-11,7. Вміст жиру і крохмалю за всіх рівнів удобрення знаходився на рівні контролю 3,3 і 50,1 % відповідно(табл. 4.2).



Якість зерна ячменю, %, на повітряну суху масу, 2024 р.

Зони неоднорідності	Фон удобрення	П	Бі	К	З	Ж	К	Р ₂	К	Гі
		р от еї н	л о к	л і т к о в и н а	о л а	и р	р о х м ал ь	О ₅	О ₂	гр о с к о пі ч н а в о л ог а
Без добрив (контроль)		11,3	10,3	5,2	2,1	3,1	50,8	0,8	0,5	9,6
Низький рівень забезпеченості	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + ПРОуніверсал , 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	12,8	11,3	5,3	2,2	3,0	50,1	0,8	0,5	9,2
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ПРОуніверсал , 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	12,8	11,7	5,2	2,3	3,3	49,8	0,8	0,5	9,8
Середній рівень забезпеченості	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + ПРОуніверсал , 1,0л/га +	12,7	11,6	5,3	2,3	3,3	49,9	0,83	0,55	9,76

	Мп, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га									
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Визначення показника збору білку у т/га узгоджувалось із одержаними рівнями урожайності зерно ячменю ярого і вмістом його у зерновій продукції (рис.4.1).

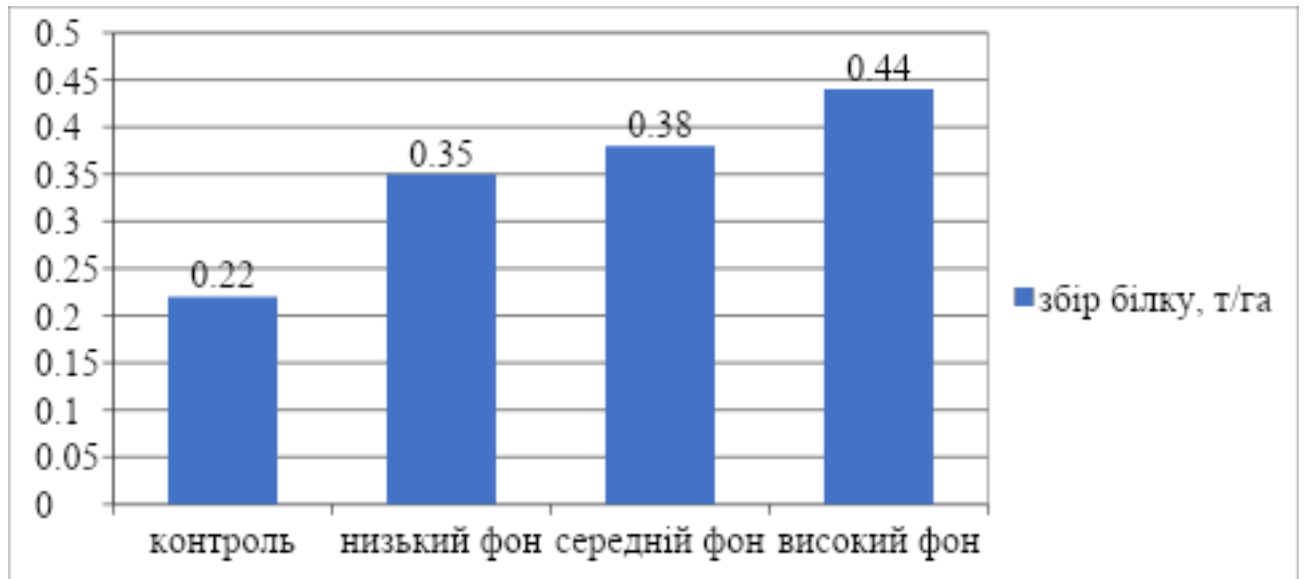


Рис. 4.1 Вплив різних рівнів навантаження на збір білку зерно ячменю ярого, т/га

Отже ефективність прийомів точного землеробства має значну перевагу не лише у стабільних показниках урожайності культур, а і відкриває широкі межі щодо одержання високоякісної продукції, ці заходи дають можливість зменшити навантаження агрохімікатами та максимально залучити у системи живлення мікро препарати.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ

Застосування органічних і мінеральних добрив у польовій сівозміні є однією із найважливіших витратною частиною, що пов'язано із перманентним зростанням цін на агрохімікати і подорожчанням пального на їх перевезення і внесення. Тому вибір оптимальної дози добрив і її рентабельність слід узгоджувати із внесенням мінімально-оптимальних доз мінеральних добрив за умови застосування позакореневих підживлень. Визначена економічна ефективність вирощування ячменю ярого за раціонального застосування добрив є економічно вигідною і рентабельною, що підтверджується результатами досліджень у польовому досліді за 2024 р.

Розрахунок економічної ефективності впровадження у виробництво ячменю ярого та технологічних прийомів його вирощування спонукає розрахунків чистого прибутку з одиниці площі і рівнів рентабельності. Аналіз необхідно проводити у розрізі кожного рівня забезпечення, що відображає повну доцільність використання мінеральних туків на різних фонах удобрення (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування ячменю ярого за традиційної системи удобрення у польовому досліді

Зони неоднорідності і	Фон удобрення	Собівартість, 1 продукції, грн	Прибуток, грн/га	Рентабельність , %
Без добрив (контроль)		2616	9124	126
Низький рівень забезпеченості	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	2885	13977	121
Середній рівень забезпеченості	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	2869	12285	80
Високій рівень забезпеченості	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + ПРОуніверсал, 1,0л/га + Mn, 0,5 л/га + Зерновий, 2,0 л/га + Аміно Мікс, 1,0 л/га	2567	12076	102

Рівень прибутку і рентабельності мав обернено пропорційну залежність із зонами неоднорідності і фонами удобрення, високі навантаження є економічно обтяжливими на сьогодні навіть за створення агрономічно високих рівнів родючості.

ВИСНОВКИ

Доведено, що створення відповідних рівнів родючості забезпечує умови для одержання сталих врожаїв ячменю ярого із відповідними показниками якості основної продукції. Найвищі рівні урожайності сформовано за застосування високих і середніх рівнів удобрення за позакореневого підживлення препаратами, за цих умов одержано найбільший приріст білка та економічну ефективність.

В результаті проведених досліджень встановлено, що за внесення різних норм мінеральних добрив ми можемо підвищити показники врожайності та якості зерна ячменю. Ефективність добрив в значній мірі залежить неоднорідності ґрунтового покриву.

Встановлено, що неоднорідність вмісту мінерального азоту в ґрунті значно впливає на продуктивність ячменю. Високий рівень азоту сприяє підвищенню врожайності за рахунок інтенсифікації ростових процесів, проте

надлишок може викликати зниження стійкості рослин до вилягання та хвороб. Використання зонального підходу до управління мінеральним живленням дозволяє раціонально використовувати добрива, зменшуючи їх перевитрати та забезпечуючи рівномірне формування врожаю в різних зонах поля.

Ефективним є поетапне внесення азотних добрив з урахуванням потреб ячменю у різні фази його росту. Найбільш значний приріст урожайності спостерігається при підживленні у фазі кущіння та перед виходом у трубку. Оптимізація системи внесення азотних добрив за рахунок врахування неоднорідності їх вмісту дозволяє зменшити витрати на добрива на 20–25% без зниження продуктивності, що забезпечує підвищення рентабельності виробництва ячменю.

Таким чином, впровадження зонального управління продуктивністю ячменю за неоднорідного вмісту мінерального азоту сприяє досягненню стійких урожаїв, підвищенню економічної ефективності господарювання та забезпеченню екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Мусатов А.Г. Ранні зернофуражні культури / А.Г. Мусатов // К.: Урожай, 1992. – 112 с.
2. Матвієнко В.Ф. Строки і способи внесення добрив під ячмінь / В.Ф. Матвієнко // Степове землеробство // К.: Урожай, 1982. – С.31-35.
3. Дубицький, О., Качмар, О., Дубицька, А., & Вавринович, О. (2021). Вплив екологізованих систем удобрення на родючість сірого лісового ґрунту та врожайність пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*, 99(9), 55-63.
4. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / Волкогон В.В., Надкернична О.В., Токмакова Л.М. та ін.; за наук. ред. В. В. Волкогона. Київ: Аграр. наука, 2010. 464 с.
5. Лопушняк В.І. Залежність рівня продуктивності ячменю ярого від норм внесення мінеральних добрив та позакореневих підживлень в умовах західного Лісостепу / В.І. Лопушняк, Н.І. Вега // Вісник Сумського

- національного аграрного університету. Серія «Агронія і біологія». 2015. Вип.3 (29). С.113-115.
6. Корецький, О. Є. (2013). Біологічна активність ґрунту у посівах пшениці озимої залежно від попередників у Лісостепу Лівобережному. Вісник Полтавської державної аграрної академії, (2), 146-149.
 7. Медведєв В.В. Про деякі дискусійні та невирішені проблеми у дослідженнях ґрунтів. Харків : ФОП Бровін О.В., 2017. 188 с.
 8. Башкирова Т.М. Комплексное применение средств химизации / Т.М. Башкирова // Земледелие. – 1999. - №3.- 56 с.
 9. Господаренко Г.М. Основи інтегрованого застосування добрив / Г.М. Господаренко // К. : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2010. – 344 с.
 10. Молдован В.Г., Вовколуп Н.В. Біологічні показники ґрунту під посівами пшениці озимої при застосуванні різних агротехнологій. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. 2012, № 2(1). С. 69-75.
 11. Матвійчук Б.В. Мікробіологічна активність – основний показник якості ясно-сірого лісового ґрунту. «Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку 21 століття» : тези доповідей Міжн. наук.-практ. конф., присвяч. 50-річчю з дня створення Ін-ту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського. Харків, 2006. С. 52–53.
 12. Потапенко Л.В., Скачок Л.М., Горбаченко Н.І. Біологічна трансформація органічної речовини у дерново-підзолистому ґрунті за впливу систем удобрення та мікробних препаратів. Сільськогосподарська мікробіологія. 2017. Вип. 26. С. 30–36.
 13. Проневич, В. А. (2014). Біологічна активність осушених торфових ґрунтів у кормових сівозмінах. *Сільськогосподарська мікробіологія*, (19), 42-46.
 14. Довідник по удобренню сільськогосподарських культур / [Дмитренко П.О., Колобова М.Л., Носко Б.С. та ін.]. К.: Урожай, 1987. – 208 с.
 15. Демідов О. Ячмінь ярий: реалізація потенціалу продуктивності / О. Демідов., В. Гудзенко // Пропозиція. 2017. №2. С. 66-69.

16. Жемела Г.П. Добрива, урожай і якість зерна / Г.П. Жемела // К.: Урожай, 1991. – 136 с.
17. Господаренко Г.М. Системи технологій в рослинницві / Г.М. Господаренко // Умань : СПД Сочінський, 2008.- 368 с.
18. Гирка А.Д. Вплив системи мінерального живлення на продуктивність рослин вівса і ячменю ярого в північному Степу України / А.Д. Гирка, Т.В. Гирка, І.О. Кулик та ін. // Бюллетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія – 2012. - №3. – С.28-33.
19. Гирка А.Д. Особливості формування врожайності вівса та ячменю ярого під впливом попередників та фонів мінерального живлення / А.Д. Гирка, І.О. Кулик, О.Г. Андрейченко // Бюллетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. – Дніпропетровськ : Нова ідеологія – 2013. - №4. – С.112-116.
20. Сенчук С. Відтворення родючості – проблема сьогодення. Тези доповідей Міжн. наук.-практ. конф., присвяч. 50-річчю з дня створення Ін-ту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського. «Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку 21 століття». Харків: 2006. С. 224–225.
21. Симочко Л.Ю. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті агробіоценозів при застосуванні різних агрозаходів / Л.Ю. Симочко, В.В. Симочко, І.Й. Бігарій // Науковий вісник Ужгородського університету. – 2010. – №28. – С.47-51
22. Бурденюк-Таррасевич Л. А., Лозінський М. В. Формування довжини головного колосу в ліній пшениці озимої різного екологогеографічного походження. Агробіологія. Біла Церква, 2013. № 11 (104). С. 30–33.
23. Звонар А. М. Надходження елементів живлення до рослин пшениці озимої різних сортів у контрастні за погодними умовами роки. Агрохімія і ґрунтознавство. Харків, 2018. К.2. С. 160-162.

24. Власюк О. С., Ковальчук Н. В. Ефективність бактеріальних препаратів залежно від удобрення пшениці ярої. Сільськогосподарська мікробіологія. 2018. Вип. 37. С. 18–28.
25. Формування якості зерна пшениці озимої залежно від систем удобрення за різних погодних умов / С. І. Попов та ін. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2014. Вип. 17. С. 50–59.
26. Фурдичко О. І., Дем'янюк О. С. Якість і безпечність сільськогосподарської продукції в контексті продовольчої безпеки України. Агроєкологічний журнал. 2014. № 1. С. 7–12
27. Циліорик О. І. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на урожайність парової пшениці озимої в Північному Степу України. Зернові культури. 2019. Т. 3, № 1. С. 110–119.
28. Вожегова Р. А., Мунтян Л. В. Вплив різних доз азотного добрива та норм висіву на елементи структури врожаю сортів пшениці озимої. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2015. Вип. 3 (86). С. 107-115.
29. Олійник К. М., Давидюк Г. В., Клименко І. І., Дем'янюк О. С. Вплив технологій вирощування пшениці озимої на морфологічні та агрохімічні аспекти формування врожаю. Агроєкологічний журнал. 2020. № 4. С. 95-105.
30. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Урожайність пшениці озимої після різних попередників на фоні тривалого застосування добрив у сівозміні. Землеробство. 2015. Вип. 1. С. 28-31.
31. БОНДАР С. О. Урожайність пшениці озимої залежно від системи удобрення в різноротаційних сівозмінах Лісостепу / С. О. Бондар // Вісник аграрної науки. - 2017. - №8. - С.77-80. 4. ГОЛУБЧЕНКО В. П. Вплив сірки на якість зерна пшениці озимої [Одеська область] / В. П. Голубченко, Е. В. Куліджанов // Агроєкологічний журнал. - 2018. - №3. - С.51-54.
32. САНДЕЦЬКА Н. Особливості позакореневого живлення озимої пшениці / Н. Сандецька // Пропозиція. - 2014. - №1. - С.58-61. 18. СЕДІЛО Г. М. Родючість ґрунту під пшеницею озимою за екологічно безпечних систем удобрення / Г. М. Седіло // Вісник аграрної науки. - 2018. - №12. - С.19-26.

33. ШИШКОВ І. Д. Агробіологічне обґрунтування системи мінерального удобрення пшениці озимої за стерньовим попередником в умовах Південного степу України / І. Д. Шишков, К. К. Соколов, С. І. Бурикiна // Аграрний вісник Причорномор'я: зб. наук. праць / ОДАУ. - Одеса, 2018. - Вип. 88. - С.67-73. 27. ЯМКОВА В. Інноваційні рішення в системі мінерального живлення озимих культур навесні / В. Ямкова, В. Павленко // Агроном. - 2018. - №1. - С.26-28.
34. ШВАРТАУ В. В. Фізіологічна роль амінокислот у живленні високопродуктивних сортів пшениці озимої / В. В. Швартау // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. - 2016. - №3. - С.52-58.
35. Andrii Butenko, Dmytro Litvinov, Natalia Borys, Olena Litvinova, Ihor Masyk, Viktor Onychko, Lidiia Khomenko, Nataliia Terokhina, Serhii Kharchenko (2020) The typicality of hydrothermal conditions of the forest steppe and their influence on the productivity of crops. *Journal of Environmental Research, Engineering and Management* Vol. 76. No.3. pp. 84–95.
36. Badreiner M.R., Talak V.B. Structure and organization of soil microorganisms in different ecological systems // *Biofutur.* – 1998. – №180. – P.19-22
37. Gadzalo Y.M., Patyka M.V., Zaryshnyak A.S., Patyka T.I. *Agroecological Engineering in Rhizosphere Biocontrol Plants and Formation of Soil Health.* *Microbiol J.* 2017; 79(4):88-109.
38. Marcos M.S., Olivera, N.L. Microbiological and biochemical indicators for assessing soil quality in drylands from Patagonia. *Biology and Biotechnology of Patagonian Microorganisms.* 2016. P. 91–108.
39. Sukhdev S. Malhi, Marvin Nyborg, Elston D. Solberg et al. Long-term straw management and N fertilizer rate effects on quantity and quality of organic C and N and some chemical properties in two contrasting soils in Western Canada. *Biology and Fertility of Soils.* 2011. V. 47. № 7. P. 785–800. doi: 10.1007/s00374-011-0587-8
40. Агрохімічний аналіз: Підручник / М.М. Городній, А.П. Лісовал, А.В Бикiн та ін. / за ред. М.М. Городнього. Київ: Арістей, 2005. 468 с.

41. Борко, Ю., Дегодюк, С., Дегодюк, Е., Патица, М., & Літвінова, О. (2022). Особливості формування мікробного ценозу сірого лісового ґрунту за різних систем удобрення в агроценозі пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*, 100(4), 14-22.
42. Дегодюк С.Е., Дегодюк Е.Г., Бондар Є.А., Літвінова О.А., Гуральчук С.З., Дегодюк Т.С., Дишлюк В.Є. Рациональне застосування органо-мінеральних біоактивних добрив у землеробстві (рекомендації). Київ: Аграрна наука, 2013. 36 с.
43. Шерстобоева Е.В. Биоиндикация экологического состояния почв / Е.В. Шерстобоева, Я.В. Чабанюк, Л.И. Федак // Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб. – Чернігів. – 2008. – №. 7. – С.48-56
44. Шерстобоева О.В., Дем'янюк О.С., Чабанюк Я.В. Біодіагностика і біобезпека ґрунтів агроєкосистем. *Агроєкологічний журнал*. 2017. № 2. С. 142–149.
45. Шустерук Т.З. Екологічна оцінка біологічного стану різних типів ґрунтів агроєкосистем України. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*, Випуск 19 (2006): 227–230
46. Дмитрук Ю.М. Еколого-геохімічний аналіз ґрунтового покриву агроєкосистем. — Чернівці: Рута, 2006. — 328 с
47. Макаренко Н.А. Методичні рекомендації з встановлення допустимих концентрацій шкідливих речовин в агрохімікатах / Н.А. Макаренко. — К., 2007. — 16 с
48. Гаврилов В.Л. До питання про джерела надходження в ґрунти екзогенних хімічних елементів / В.Л. Гаврилов, В.І. Кисіль, Л.О. Дикач // Тези доп. Четвертого з'їзду ґрунтознавців і агрохіміків України: Секція агрохімії та охорони навколишнього середовища (Харків, 1994 р.). — Х., 1994. — С. 82–84
49. ДСТУ 3750–98. Мікробіологія ґрунту. Терміни та визначення: Чинний від 1999-07-01. Київ: Держспоживстандарт України, 1999. 38 с. (Державний стандарт України).

50. ДСТУ 7847:2015. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів в ґрунті методом висівання на тверде (агаризоване) поживне середовище [Чинний від 2016–07–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 10 с.