

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Агрономічний факультет
Кафедра ґрунтознавства та землеробства

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КОЖУХ Віктор Вікторович

УДК 633.11:631.82:631.445

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЦИНКОВИХ ДОБРИВ ПІД
ПШЕНИЦЮ ОЗИМУ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТАХ В
УМОВАХ ФОП «КОЖУХ ВІКТОР ІВАНОВИЧ»
ЖИТОМИРСЬКОГО РАЙОНУ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

201 «Агрономія»

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело _____ В.В. Кожух

Керівник роботи

канд. с.-г. наук, доцент Довбиш Л.Л.

Житомир–2025

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	3
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. Огляд літератури та обґрунтування кваліфікаційної роботи	8
1.1. Вплив мінерального живлення на продуктивність пшениці озимої	8
1.2. Ефективність застосування мікроелементів при вирощуванні пшениці озимої	13
РОЗДІЛ 2. Умови та методика проведення досліджень	18
2.1. Місце та умови проведення досліджень	18
2.2. Програма та методика проведення досліджень	18
РОЗДІЛ 3. Формування продуктивності пшениці озимої залежно від норм цинкових добрив (результати досліджень)	21
3.1. Вплив цинкових мікродобрив на ріст і розвиток рослин пшениці озимої	21
3.2. Елементи продуктивності та урожайності пшениці озимої залежно від норм цинкових добрив	28
3.3. Економічна оцінка використання цинкових добрив при вирощуванні пшениці озимої	34
ВИСНОВКИ.....	37
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	39
ДОДАТКИ.....	44

АНОТАЦІЯ

Кожух В.В. Ефективність використання цинкових добрив під пшеницю озиму на дерново-підзолистих ґрунтах в умовах ФОП «Кожух Віктор Іванович» Житомирського району Житомирської області. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 201 – агрономія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Кваліфікаційна робота має обсяг 46 сторінок комп'ютерного тексту, складається зі вступу, 3 розділів, висновків і рекомендацій виробництву та додатків, містить 6 таблиць та 2 рисунки. Список використаних літературних джерел складає 45 джерел.

У кваліфікаційній роботі здійснено теоретичне обґрунтування та практичне розв'язання наукового завдання, спрямованого на оптимізацію системи живлення пшениці озимої шляхом застосування різних норм цинкових мікродобрив у поєднанні з мінеральним удобренням.

На дерново-підзолистих ґрунтах внесення цинкових добрива на фоні мінерального удобрення $N_{75}P_{15}K_{27}$ у нормі Zn_{300} підвищило врожайності пшениці озимої сорту Скаген до 5,87 т/га з умістом білка в зерні 14,5 % та клейковини 27,66 %. При цьому цинк рекомендується вносити поетапно: передпосівна обробка насіння (100 г/т зерна), позакореневе підживлення у фазу кущіння (100 г/га) та підживлення у фазу виходу рослин у трубку (100 г/га). Застосування такого удобрення забезпечило отримання максимального економічного ефекту – прибуток 22116 грн/га та рівень рентабельності 137,9 %.

Ключові слова: пшениця озима, мінеральні добрива, цинк, урожайність, показники якості.

ANNOTATION

Kozhukh V.V. The effectiveness of using zinc fertilizers for winter wheat on sod-podzolic soils in the conditions of the individual entrepreneur “Kozhukh Viktor Ivanovich” in the Zhytomyr district of the Zhytomyr region. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a master's degree in the specialty 201 – agronomy. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The qualification work consists of 46 pages of computer text, including an introduction, 3 chapters, conclusions and recommendations for production, and appendices, and contains 6 tables and 2 figures. The list of references includes 45 sources.

The thesis provides a theoretical justification and practical solution to a scientific problem aimed at optimizing the nutrition system of winter wheat by applying different rates of zinc micronutrients in combination with mineral fertilizers.

On sod-podzolic soils, the application of zinc fertilizers against the background of mineral fertilizer $N_{75}P_{15}K_{27}$ at a rate of Zn_{300} increased the yield of Skagen winter wheat to 5.87 t/ha with a protein content in grain of 14.5% and gluten content of 27.66%. At the same time, it is recommended to apply zinc in stages: pre-sowing seed treatment (100 g/t of grain), foliar feeding during the tillering phase (100 g/ha), and feeding during the stem elongation phase (100 g/ha). The use of this fertilizer ensured maximum economic effect – a profit of 22,116 UAH/ha and a profitability level of 137.9%.

Keywords: winter wheat, mineral fertilizers, zinc, yield, quality indicators

ВСТУП

Зернові культури є важливими структуроутворюючими культурами в агропромисловому комплексі, вони складають основу продовольчої безпеки держави. Україна є однією із провідних світових держав – виробників зерна. Динаміка валового збору зерна піддається великій мінливості через низку різних факторів: погодні та кліматичні умови, технологія вирощування та сорт. Але при цьому завдяки використанню прогресивних технологій, застосуванню якісно нових добрив, впровадженню нових сортів рослин, багато несприятливого впливу абіотичних і біотичних стресових факторів можна зменшити.

Одним із елементів вирощування сільськогосподарських культур є використання мікродобрив. Мікроелементи виконують важливі функції в процесах життєдіяльності рослин та є необхідним компонентом системи удобрення для забезпечення збалансованого живлення сільськогосподарських культур. Недостатній вміст їх рухомих форм у ґрунті часто є фактором, що обмежує формування врожаю та якість продукції. Це обумовлено зниженням запасів рухомих форм багатьох мікроелементів у більшості ґрунтів (особливо легкого гранулометричного складу), що пов'язано з їх негативним балансом в останні роки, зниженням доступності багатьох мікроелементів для рослин.

За результатами агрохімічного моніторингу ґрунтів господарства низький рівень вмісту рухомих форм цинку виявлено на 95,9% обстежених площ. Таким чином, у ґрунтах господарства цинк є гостродефіцитним елементом.

У рослинах цинк міститься у ферментативних системах, бере участь у синтезі хлорофілу та метаболічних процесах, впливає на фотосинтез, вуглеводний та білковий обмін, плодоношення, формування генеративних органів.

Пшениця озима є чутливою до застосування мікродобрив, особливо за умов вирощування на ґрунтах з низьким рівнем родючості. Водночас питання удобрення цієї культури хелатними формами цинку, зокрема за порівняльного використання таких способів, як передпосівна обробка насіння та позакореневе підживлення у різні фази росту й розвитку рослин, залишається недостатньо

дослідженням. Оптимізація застосування хелатних цинкових добрив на основі визначення найбільш ефективних доз і відповідних агрохімічних параметрів сприятиме вдосконаленню системи живлення пшениці озимої з метою отримання високого та якісного врожаю зерна.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження було оцінити ефективність різних способів внесення та доз цинкових добрив під пшеницю озиму сорту Скаген, що вирощується на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах у ґрунтово-кліматичних умовах Житомирського району Житомирської області.

Для реалізації поставленої мети передбачалося виконання таких завдань:

- дослідити вплив цинкових добрив на рівень урожайності та показники якості зерна пшениці озимої сорту Скаген;
- визначити зміни біометричних показників рослин залежно від доз і способів застосування цинкових добрив;
- оцінити вплив цинкових добрив на формування врожайності та якості зерна пшениці озимої;
- проаналізувати економічну й енергетичну ефективність використання цинкових добрив у технології вирощування озимої пшениці.

Об'єкт дослідження – формування продуктивності та ростові процеси пшениці озимої сорту Скаген в залежності від хелатних форм цинкових добрив.

Предмет дослідження – пшениця озима сорту Скаген, різні норми цинкових добрив, процес формування врожайності пшениці озимої.

Методи дослідження. Методологія досліджень базується на вивченні наукової літератури вітчизняних та закордонних авторів. Методи дослідження: теоретичні – обробка результатів досліджень методами статистичного, кореляційного і регресивного аналізів; емпіричні – польові досліді, графічне та табличне представлення результатів.

Перелік публікацій за темою:

1. Dovbysh L., Kravchuk M., Kozhukh V., Tkachuk P., Shlyakhtenko I. The influence of macro- and microelements on the production process of spring barley on sod-podzolic sandy loam soil. «InterConf+». Rome: Dana, 2025. № 63(272). P. 187-199.

2. Боровічук В., Кожух В., Мовчун В., Гайчення С, Аврамчук О. Ефективність використання азотних добрив на посівах сої при вирощуванні на чорноземах типових Вінницької області / *Інновації в агропромисловому виробництві* : збірник тез доповідей науково-практичної конференції молодих вчених і здобувачів освіти (м. Житомир, 07 листопада 2024), Житомир : Поліський національний університет. 2024. С. 60-64.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота має обсяг 46 сторінок комп'ютерного тексту, складається зі вступу, 3 розділів, висновків і рекомендацій виробництву та додатків, містить 6 таблиць та 2 рисунки. Список використаних літературних джерел складає 45 джерел.

РОЗДІЛ 1.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1. Вплив мінерального живлення на продуктивність пшениці озимої.

Головним призначенням пшениці озимої є забезпечення населення хлібом та хлібобулочними виробами. Харчова цінність пшеничного хліба зумовлена оптимальним хімічним складом зерна. Серед зернових культур саме пшениця характеризується найвищим вмістом білка, який у зерні м'якої пшениці залежно від сорту та умов вирощування в середньому становить 13–15 % [1, 2].

В умовах загострення глобальної продовольчої проблеми особливо актуальним стає виробництво високоякісного зерна пшениці озимої для задоволення внутрішніх потреб ринку, розвитку експортного потенціалу держави та формування стратегічних запасів. Світовий досвід свідчить, що підвищення врожайності пшениці відбувається за умов оптимізації ресурсного забезпечення, реалізації генетичного потенціалу сортів і максимальної адаптації технологій вирощування до конкретних ґрунтово-кліматичних умов [3].

Сучасне інтенсивне землеробство неможливе без раціонального використання мінеральних добрив. В Україні за останні два десятиліття середні норми внесення мінеральних добрив під пшеницю озиму суттєво знизилися. Хоча останніми роками спостерігається тенденція до їх збільшення, фактичні дози все ще значно поступаються рівням, прийнятим у розвинених країнах світу. Застосування добрив дає змогу цілеспрямовано регулювати процеси живлення рослин, впливати на формування врожаю та змінювати фізичні, хімічні й біологічні властивості ґрунту. Особливості мінерального живлення рослин проявляються не лише в рівнях внесення азоту, фосфору і калію, а й у правильному балансі між елементами живлення, що часто має важливіше значення, ніж загальна кількість добрив [4, 5].

Для отримання стабільних урожаїв і формування високоякісного зерна пшениці озимої необхідно забезпечити рослини оптимальним живленням макроелементами. Важливою умовою ефективного використання добрив є визначення потреб рослин з урахуванням вмісту рухомих форм поживних речовин у ґрунті. Дослідження вітчизняних учених засвідчують, що внесення добрив забезпечує в середньому 40–50 % приросту врожаю основних сільськогосподарських культур, що перевищує вплив якості насіння, засобів захисту рослин чи обробітку ґрунту [1, 2].

Рівень приросту врожаю від застосування добрив істотно змінюється залежно від природних зон і становить у Поліссі до 60 %, у Лісостепу – близько 40 %, у зволоженому Степу – 15 %, у сухому – 10 %, а в умовах зрошення – до 40 %. Раціональне удобрення сприяє не лише зростанню врожайності, а й підвищенню якості продукції, зокрема накопиченню білків, крохмалю, цукрів, жирів та інших цінних речовин [5].

Ефективність використання мінеральних добрив в Україні залишається порівняно низькою. За даними ФАО, приріст урожаю зернових культур від внесення 1 кг азоту в країнах Західної Європи сягає 20–24 кг, тоді як в Україні цей показник не перевищує 11–12 кг. Хоча частково це зумовлено ґрунтово-кліматичними особливостями, основною причиною є недосконалість системи живлення рослин [5].

На відміну від більшості інших зернових культур, м'яка озима пшениця характеризується підвищеними вимогами до забезпечення рослин поживними речовинами у легкодоступній формі. Рівень споживання елементів мінерального живлення визначається їх вмістом у ґрунті, фізіологічним станом рослин, інтенсивністю ростових процесів, розвитком кореневої системи, а також погодними умовами. У зв'язку з цим пшениця озима особливо чутлива до достатнього та збалансованого забезпечення ґрунту елементами живлення [1, 2].

Для формування врожаю зерна на рівні 5,0 т/га разом із відповідною кількістю соломи рослини в середньому засвоюють близько 150 кг азоту, 60 кг

фосфору та приблизно 130 кг калію. Забезпечення потреб пшениці в елементах мінерального живлення здійснюється як за рахунок використання потенціалу ґрунтової родючості, так і шляхом внесення мінеральних добрив [1, 2, 4].

За умов середньої забезпеченості ґрунту рухомими формами поживних речовин внесення лише азотних добрив під основний обробіток сприяло підвищенню врожайності зерна на 3,22 т/га, тоді як застосування тільки фосфорних – лише на 0,22 т/га. На різних типах ґрунтів озима пшениця найбільш чутливо реагує на внесення азотних добрив, які забезпечують приріст урожайності на рівні 1,2–1,5 т/га [6].

За узагальненими даними вітчизняних і зарубіжних досліджень, одна тонна мінеральних добрив у перерахунку на діючу речовину забезпечує в середньому приріст урожаю зерна близько 4,5 т/га [7].

При використанні мінеральних добрив необхідно враховувати біологічні особливості районованих сортів м'якої озимої пшениці. Підвищені норми добрив, особливо азотних, доцільно застосовувати для низькорослих, стійких до вилягання сортів, тоді як для високорослих, схильних до вилягання, рекомендовано знижені дози [1, 2].

Озима пшениця характеризується тривалим вегетаційним періодом, інтенсивним кущенням восени та формуванням потужної кореневої системи. Навесні рослини рано відновлюють ріст і засвоюють значну частину азоту, при цьому від сходів до фази виходу в трубку поглинається 75–90 % загальної його кількості. Доведено, що в фазу кущення нестача або надлишок азоту, строки його внесення та метеорологічні умови суттєво впливають на формування та реалізацію потенціалу пагонів. [1]. У період наливу зерна умови азотного живлення разом із погодними чинниками визначають ступінь озерненості колоса та масу зернівки, що безпосередньо формує рівень урожайності. Засвоївши до початку колосіння понад дві третини необхідного азоту, під час цвітіння пшениця майже припиняє його споживання. На початкових етапах формування зерна потреба рослин у цьому елементі знову зростає, і за сприятливих умов вони

засвоюють ще 25–30 % азоту, який переважно спрямовується на покращення якості зерна [1, 2, 3].

Для оптимізації живлення пшениці озимої та підвищення ефективності удобрення необхідно враховувати потреби культури в окремих елементах і джерела їх надходження з ґрунту та добрив. Азот засвоюється рослинами від появи сходів до завершення наливу зерна, фосфор — до фази воскової стиглості, а калій — переважно до колосіння. В осінній період і до відновлення весняної вегетації пшениця споживає 40–50 кг/га азоту, 8–11 кг фосфору та 30–40 кг/га калію, що становить відповідно 21–25 %, 15–16 % і 14–15 % від загального їх виносу врожаєм [8].

Після малоефективних попередників і на ґрунтах із низькою родючістю норми внесення азоту зазвичай становлять 90–150 кг/га, з яких N_{25-30} вносять під основний обробіток або передпосівну культивуацію. Після зайнятих парів оптимальна доза азоту становить 60–90 кг/га діючої речовини, тоді як на добре окультурених родючих ґрунтах її доцільно зменшувати до 30–45 кг/га [9].

Особливу роль у системі удобрення відіграють підживлення озимої пшениці, які на високому агрофоні проводять дворазово, а на низькому — триразово. Перше підживлення здійснюють по таломерзлому ґрунті у фазу кушення із внесенням 30 % загальної норми азоту (N_{30-60}), друге — у фазу виходу в трубку (50 %, N_{60-90}), а решту 20 % — на початку колосіння. Останнє підживлення доцільно проводити позакореневим способом із застосуванням 20–30 % розчину сечовини [1, 10].

Внесення азотних добрив у фазу весняного кушення сприяє формуванню більшої кількості члеників колосового стрижня та подовженню колоса, що зумовлює збільшення кількості колосків. Застосування азоту на початку колосіння позитивно впливає на продуктивність колоса завдяки збільшенню кількості квіток і підвищенню їх фертильності. Азотні добрива, внесені в цей період, активізують розвиток асиміляційного апарату верхніх листків,

посилюють фотосинтез і створюють умови для інтенсивного синтезу білків у зерні, що покращує його якість [8, 11, 12].

Не менш важливу роль у життєдіяльності рослин озимої пшениці відіграє фосфор, який входить до складу багатьох органічних сполук і бере участь у процесах синтезу, росту та розмноження. Достатнє фосфорне живлення стимулює розвиток кореневої системи та покращує використання азоту. Найбільша потреба рослин в азоті припадає на період від виходу в трубку до цвітіння, тоді як дефіцит фосфору гальмує засвоєння азоту, синтез білкових сполук і загальний ріст пшениці озимої [13].

У світовому масштабі проблема фосфорного живлення постійно загострюється через низький рівень забезпеченості ґрунтів фосфатами та необхідність систематичного застосування фосфорних добрив [13].

Встановлено, що найбільшу кількість фосфору пшениця озима засвоює від початку вегетації до фази колосіння. За його дефіциту в ґрунті спостерігається слабкий розвиток кореневої системи, затримка формування колосків, утворення тонких стебел, зменшення площі листків і потемніння їх забарвлення. Характерною ознакою фосфорного голодування є череззерниця колосу [14].

Систематичні дослідження ефективності застосування фосфорних добрив під пшеницю озиму на ґрунтах із різним вмістом рухомих фосфатів були проведені Б. С. Носком [13]. Автор встановив залежність дії фосфорних добрив від концентрації розчинних фосфатів у чорноземах опідзолених, типових і звичайних. Для цих типів ґрунтів оптимальний рівень фосфору для пшениці озимої з урахуванням попередників становить 11–14 мг P_2O_5 на 100 г ґрунту. Перевищення цього рівня призводить до зниження ефективності фосфорних добрив. Більшість науковців вважають оптимальними норми фосфорного удобрення для пшениці озимої на типових чорноземах у межах 60–90 кг/га P_2O_5 . [4, 5, 14]

Результати сучасних досліджень суттєво розширили уявлення про роль калію в живленні рослин та ефективність застосування калійних добрив. Калій,

як і інші поживні елементи, надходить у рослини пшениці озимої з ґрунту з перших днів росту, проте максимальне його засвоєння відбувається у фазах трубкування та колосіння. Він сприяє підвищенню холодостійкості рослин і зміцненню стебел, що є особливо важливим для сортів, схильних до вилягання. За дефіциту калію спостерігається вкорочення головного стебла через формування коротких і тонких міжвузлів, пожовтіння листків та їх подальше відмирання, особливо в умовах посухи [1, 4, 5].

На чорноземах Граківського дослідного поля рядом дослідників вивчалася ефективність різних форм калійних добрив у сівозміні: пшениця озима – буряк цукровий – ячмінь ярий. Установлено, що приріст урожайності пшениці озимої залежав від форми калійного добрива і становив: при застосуванні хлористого калію – 0,9 ц/га, сильвініту – 1,4 ц/га, калімагу – 2,2 ц/га, 40% калійної солі на основі сильвініту – 1,7 ц/га, а 40% калійної солі на калімазі – 1,6 ц/га [15].

Коефіцієнт використання калію пшеницею озимою з різних типів чорноземів коливається в межах 9–15 %, тоді як засвоєння калію з калійних добрив становить 15–39 % [4, 16].

1.2. Ефективність застосування мікроелементів при вирощуванні пшениці озимої

Для повноцінного росту й розвитку рослин недостатньо забезпечення лише азотом, фосфором і калієм. Важливу роль у функціонуванні рослинного організму відіграють мікроелементи, які активізують фотосинтез, підвищують посухостійкість, зміцнюють імунітет рослин, що забезпечує зростання врожайності та покращення якості зерна [17, 18, 19]. Навіть за високого рівня макроелементного живлення дефіцит мікроелементів може суттєво обмежувати продуктивність культур.

Мікроелементи – зокрема бор, молібден, мідь, цинк, залізо та марганець – мають ключове значення в оптимізації мінерального живлення рослин. Вони є складовими або активаторами ферментів, вітамінів, гормонів та інших біологічно

активних речовин. За їх участі відбуваються процеси синтезу білків, вуглеводів, жирів і вітамінів. Мікроелементи підвищують уміст хлорофілу в листках, інтенсивність асиміляційних процесів, ефективність фотосинтезу, а також стійкість рослин до несприятливих умов, хвороб і шкідників. Водночас нестачу мікроелементів рослини переносять значно гірше, ніж їх надлишок, що обумовлює доцільність застосування комплексних мікродобрив не лише для підвищення врожайності, а й для покращення якості продукції [17, 18, 19].

Дослідження, проведені науковцями ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», свідчать, що значна частина орних земель України характеризується недостатнім умістом мікроелементів. Внесення органічних добрив у дозі 20 т/га не компенсує винесення міді та бору з урожаєм, унаслідок чого їх негативний баланс зберігається [18]. За результатами дослідів [19] встановлено, що застосування мікродобрив поліпшує перезимівлю озимих культур і створює сприятливі умови для фотосинтетичної діяльності, що сприяє формуванню вищої врожайності.

Вчені досліджували ефективність полікомпонентного добрива, до складу якого входили марганець, мідь, цинк і кобальт. За їхніми даними, підвищення врожайності пшениці відбувалося за рахунок збільшення маси 1000 зерен до 40,95 г і формування більшої кількості продуктивних стебел [20, 21].

Поєднане застосування азотних добрив і мікроелементів позитивно впливає на показники якості зерна пшениці озимої. Зокрема, використання міді та цинку сприяє збільшенню вмісту клейковини на 0,9–1,0 % [11, 22].

Мікроелементи виконують у рослинному організмі регуляторні та структурні функції, входячи до складу ферментних систем або впливаючи на їх активність. Забезпечення сільськогосподарських культур мікроелементами є одним із ключових завдань сучасного рослинництва, при цьому дефіцит цинку та міді в ґрунтах і рослинах залишається поширеною проблемою [18].

Уміст цинку в рослинній біомасі коливається в межах 7–150 мг/кг сухої речовини й залежить від культури, органу рослини та ґрунтових умов. У зерні

його концентрація, як правило, вища, ніж у соломі, а на дерново-підзолистих ґрунтах – вища, ніж на чорноземах [23]. Цинк є складовою багатьох ферментів, зокрема карбоангідрази, яка бере участь у процесах дихання. Він впливає на синтез хлорофілу, перебіг фотосинтезу та вуглеводний обмін. За його нестачі зменшується вміст ауксинів, що призводить до пригнічення ростових процесів [23, 24].

Цинк відіграє важливу роль у формуванні генеративних органів, процесах плодоношення, активності ферментів у проростаючому насінні та підвищенні стійкості рослин до несприятливих погодних умов. За його дефіциту можливе порушення процесу утворення насіння. Критичним періодом забезпечення рослин цинком є фаза цвітіння та початок насіннеутворення. За нестачі цього елемента на листках з'являються світло-зелені або білі плями [23, 24].

Ознаки дефіциту цинку проявляються за його вмісту в сухій речовині рослин нижче 10 мг/кг і супроводжуються порушенням процесів дихання, енергетичного обміну, гліколізу, циклу Кребса та синтезу білків. Активуючи пептидази, цинк впливає на білковий обмін, зокрема через участь у функціонуванні глутаматдегідрогенази [19].

У ґрунтах цинк входить до складу численних мінералів і міститься в середньому на рівні близько 0,005 %. Його рухливість визначається властивостями материнських порід, вмістом органічної речовини та реакцією ґрунтового розчину. Найбільш доступним для рослин цинк є в кислих ґрунтах; за рН 6,0–7,0 його рухливість мінімальна, тоді як у лужному середовищі вона знову зростає внаслідок утворення цинкатів [6, 25].

Надмірне фосфорне удобрення знижує доступність ґрунтового цинку для рослин. Зокрема, внесення фосфору в дозах 60–120 кг д.р./га на лучно-темнокаштанових ґрунтах призводило до зменшення вмісту цинку в ярій пшениці та ячмені, тоді як азотні й калійні добрива, навпаки, сприяли його накопиченню та підвищенню врожайності. Разом із тим інтенсивне застосування макродобрив

збільшує господарський виніс цинку, що може посилювати його дефіцит у ґрунті [26].

Взаємодія цинку з іншими мікроелементами, зокрема з міддю, часто має антагоністичний характер, що може бути зумовлено ефектом «розведення» за рахунок збільшення біомаси. Надлишкове азотне живлення також загострює прояви цинкової недостатності. [18]

Дослідження, проведені на лугово-чорноземних ґрунтах Лісостепу, показали, що обробка насіння сульфатом цинку або міді істотно підвищує врожайність пшениці озимої та покращує показники якості зерна, зокрема натуру, вміст білка й клейковини [27].

Дефіцит цинку ефективно усувається шляхом позакоренових підживлень розчинами сульфату або хелатних форм цинку. Досвід зарубіжних і вітчизняних досліджень підтверджує доцільність цього заходу для підвищення врожайності та стійкості рослин [28, 29].

Залежно від забезпеченості ґрунтів мікроелементами, біологічних особливостей культури та форми добрив застосовують три основні способи внесення мікродобрив: передпосівну обробку насіння, позакореневе підживлення та основне внесення в ґрунт. Більшість науковців сходяться на думці, що обробка насіння розчинами мікроелементів є одним із найефективніших агротехнічних прийомів [30].

Ефективність мікроелементів значною мірою визначається їх формою. Найбільш результативними вважаються хелатні сполуки металів з органічними лігандами, зокрема на основі ЕДТА, ДТПА, ДБТА та інших комплексоутворювачів [8, 19, 31].

Загалом численні дослідження підтверджують негативний вплив дефіциту цинку на ріст, розвиток і продуктивність пшениці. Водночас питання оптимальних форм і строків його внесення залишаються дискусійними, оскільки ефективність застосування цинку залежить від ґрунтово-кліматичних умов, рівня родючості ґрунту та погодних факторів конкретного року [23].

Найвищу ефективність забезпечує позакореневе підживлення цинком у фазах кущіння та стеблування, особливо за дворазового обприскування. Застосування комплексонатів цинку в дозі 250 г/га сприяє підвищенню врожайності пшениці озимої на 0,20–0,54 т/га та зростанню концентрації цинку в зерні без перевищення гранично допустимих норм [23, 29, 31].

Таким чином, макро- і мікродобрива, ефективні при вирощуванні сільськогосподарських культур на різних ґрунтах. При цьому велике значення мають особливості їх використання (спосіб внесення, фаза розвитку, доза). Але вивчення і порівняння застосування доз хелатних форм мікродобрив цинку під пшеницю озиму різними способами (обробка насіння і позакореневе підживлення в різні фази росту) для виявлення оптимальної технології в умовах Полісся проводилися недостатньо, тому дана тема досліджень є актуальною.

РОЗДІЛ 2.

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце та умови проведення досліджень.

Виробничий дослід щодо впливу різних норм мінеральних добрив на врожайність пшениці озимої проводили в 2023–2025 роках на полях ФОП «Кожух Віктор Іванович», що розташовані в Житомирському районі Житомирської області.

Дослідження проводили на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті, який мав таку агрохімічну характеристику орного шару (0–20 см): вміст лужногідролізованого азоту становив 75–82 мг/кг ґрунту (за методом Корнфілда), кількість рухомого фосфору – 108,3–111,7 мг/кг ґрунту, а обмінного калію – 105,5–111,6 мг/кг (за методом Кірсанова). Реакція ґрунтового розчину (рН) варіювалася від 5,0 до 5,8, а вміст гумусу складав 1,56–1,78%.

Погодні умови за роки проведення досліджень. Погодні умови протягом років досліджень зазнавали змін, але в цілому залишалися типовими для Північного Лісостепу. Це дозволяє застосовувати отримані результати в зональних системах землеробства, оскільки умови в період росту і розвитку озимої пшениці відповідали характерним кліматичним особливостям регіону.

2.2. Програма та методика проведення досліджень

Метою дослідження було оцінити ефективність використання різних способів внесення та доз цинкових добрив під пшеницю озиму сорту Скаген, що вирощується на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах у ґрунтово-кліматичних умовах Житомирського району Житомирської області.

Для реалізації поставленої мети передбачалося виконання таких завдань:

- дослідити вплив цинкових добрив на рівень урожайності та показники якості зерна пшениці озимої сорту Скаген;

- визначити зміни біометричних показників рослин залежно від доз і способів застосування цинкових добрив;
- оцінити вплив цинкових добрив на формування врожайності та якість зерна пшениці озимої;
- проаналізувати економічну й енергетичну ефективність використання цинкових добрив у технології вирощування озимої пшениці.

Таблиця 2.1

Схема дослідю

№ з/п	Варіанти удобрєння	Період внесення
1	N ₇₅ P ₁₅ K ₂₇ - фон	при посіві та у підживлення
2	Фон + Zn ₁₀₀ (I)	обробка насіння (1 л/1000 кг зерна)
3	Фон + Zn ₂₀₀ (I+II)	обробка насіння (1 л/1000 кг зерна) + позакорєневе підживлення в фазу кушення (1 л/га)
4	Фон + Zn ₂₀₀ (I+III)	обробка насіння (1 л/1000 кг зерна) + підживлення в фазу виходу в трубку (1 л/га)
5	Фон + Zn ₃₀₀ (I+II+III)	обробка насіння (1 л/1000 кг зерна) + підживлення в фазу кушення (1 л/га) + підживлення в фазу виходу в трубку (1 л/га)

В досліді використовували комплексне добриво Makosh universal (N – 4%, P₂O₅ – 10%, K₂O - 18%, CaO – 12%, SO₃ – 26%, B – 0,2%) 150 кг/га при посіві, з азотних: аміачна селітра 200 кг/га у підживлення по мерзло-талому ґрунті. З цинкових добрив використовували мікродобриво Реаком Хелат Цинку 100.

Технологія вирощування пшениці озимої була загальноприйнята для зони. Попередником пшениці озимої була соя.

Повторність триразова, розміщення ділянок – послідовне. Площа облікової ділянки 50 м².

Методи дослідження. Лабораторний метод – було використано для дослідження фізіолого-біохімічних, анатомо-морфологічних змін у рослинах пшениці. Польовий метод – передбачав проведення експериментальних робіт у контрольованих умовах з метою поглибленого вивчення впливу цинкових добрив

на фізіологічні та біологічні процеси рослинних організмів. Статистичний метод – застосовувався для підтвердження вірогідності та статистичної значущості отриманих результатів шляхом дисперсійного та кореляційного аналізів. Порівняльно-розрахунковий метод – спрямований на кількісну оцінку біоенергетичної та економічної доцільності застосування певних технологічних прийомів при вирощуванні пшениці озимої.

Польові досліді були закладені та проведені відповідно до методичних рекомендацій і чинних ДСТУ. Відбір ґрунтових і рослинних зразків, а також їх підготовка до аналізу та визначення показників їх якості здійснювалися згідно з визначеними стандартами [32].

Спостереження й облік урожаю проводили згідно із загальноприйнятими методиками та рекомендаціями для проведення таких досліджень [33], Аналіз отриманих зразків ґрунту й рослин виконували у вимірювальній лабораторії Поліського національного університету відповідно до вимог ДСТУ.

Протягом вегетаційного періоду здійснювали моніторинг біометричних показників (висоти рослин) та спостереження за проходженням фенологічних фаз розвитку культури [33].

Якісні показники зерна, зокрема вміст білка, клейковини, натура та маса 1000 зерен, аналізувалися відповідно до діючих національних стандартів: ДСТУ відповідно [33].

Оцінка економічної ефективності вирощування пшениці озимої проводилася із застосуванням сучасних загальновизнаних методик. Розрахунок економічної доцільності ґрунтувався на даних технологічної карти вирощування пшениці озимої в господарстві та актуальних ринкових цінах станом на 01.11.2025 р. Статистична обробка отриманих експериментальних даних здійснювалася із використанням загальноприйнятих методів дисперсійного аналізу [34].

РОЗДІЛ 3.

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ЦИНКОВИХ ДОБРИВ (РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ)

3.1. Вплив цинкових мікродобрив на ріст і розвиток рослин пшениці озимої.

Продуктивність озимої пшениці є наслідком інтегративного взаємозв'язку процесів росту та розвитку рослин на всіх стадіях онтогенезу, починаючи від появи сходів до настання повної стиглості зерна. Величина врожайності затверджується реалізацією адаптивних і продуктивних властивостей сортів, що знаходяться в залежності від комбінації агротехнічних заходів і кліматичних умов під час періоду вегетації. Для забезпечення високих та стабільних показників врожайності необхідно дотримуватись технологічних принципів вирощування, які включають правильний вибір сортів, рекомендованих для конкретної агрокліматичної зони, а також врахування типу попередніх культур. [24, 35]

Ключовим чинником, що впливає на формування врожайності сільськогосподарських культур та поліпшення їхньої якості, є збалансоване забезпечення рослин усіма необхідними елементами живлення, поєднане з комплексним застосуванням засобів хімізації, таких як добрива, регулятори росту та засоби захисту рослин [4, 35].

Один зі шляхів підвищення ефективності використання мінеральних добрив полягає у впровадженні мікродобрив. Мікроелементи є невід'ємною складовою різноманітних фізіологічно активних сполук, а також беруть участь у біохімічних процесах синтезу білків, вуглеводів, вітамінів і жирів. Вони відіграють важливу роль у підвищенні стійкості рослин до несприятливих умов зовнішнього середовища та численних захворювань, які можуть бути пов'язані як із браком цих елементів, так і з дією патогенів [18, 19].

Покращення ефективності застосування мікродобрив можливе через переведення їх у комплексні сполуки, такі як хелати. Ці сполуки характеризуються

високою ефективністю незалежно від ґрунтово-кліматичних умов і сумісністю з регуляторами росту [18, 19]..

Період вегетації пшениці озимої складається з окремих фаз розвитку й етапів органогенезу, які пов'язані з морфологічними змінами в будові та утворенні органів рослин: коренів, листків, пагонів, генеративних органів. Тривалість окремих фаз вегетації неоднакова і залежить як від умов вирощування, так і від біологічних особливостей культури і навіть сорту [1, 2].

Ефективне застосування елементів технологій вирощування дозволяє направити їх вплив на оптимальне формування органів рослин, які визначають величину та якість урожаю [1, 2].

Польова схожість є ключовим критерієм у системі біологічного контролю при агротехнологічному вирощуванні як озимої пшениці, так і інших зернових культур. Варто підкреслити, що початкові етапи росту і розвитку рослин, зокрема проростання, мають вирішальне значення, оскільки в цей період насіння разом із проростком функціонують без залучення зовнішніх органів живлення. Реалізація продуктивного потенціалу рослин на цьому етапі значною мірою визначається якістю проведення передпосівної підготовки ґрунту та правильністю виконання сівби. Живлення рослини на початкових стадіях забезпечується переважно за рахунок поживних речовин, накопичених у насінневих тканинах. [1, 2, 4].

Наукові дані свідчать, що зниження польової схожості пшениці озимої викликає нерівномірність у просторовому розміщенні рослин на полі що, своєю чергою, посилює коливання індивідуального онтогенезу. Цей фактор опосередковано впливає на формування посівів та їх зимостійкість [1, 2].

Кількість рослин на одиниці площі залежить в значній мірі від польової схожості та виживання рослин, на яку має вплив внесення добрив [4, 5].

Головною умовою для формування високопродуктивного агроценозу пшениці озимої є оптимальна густота стояння рослин, яка має істотний вплив на процеси росту, строки настання фаз розвитку, висоту та масу рослин, структуру врожаю [1, 2].

Процес кущення пшениці озимої являє собою біологічний механізм, під час якого формується багатостебельна рослина. Його перебіг переважно визначається агрофоном та рівнем вологозабезпеченості ґрунту. Осіннє кушіння озимої пшениці можливе за наявності майже 20% річної кількості опадів у цей період [1, 2, 36].

Таблиця 3.1.

Польова схожість насіння пшениці озимої при внесенні різних доз цинку.

№ варіанту	Норма внесення цинку	Польова схожість, %	Коефіцієнт кущення	Густота рослин, шт./м ²
1	N ₇₅ P ₁₅ K ₂₇ – фон*	90,3	2,8	412
2	Фон + Zn ₁₀₀ (I)	90,8	2,9	419
3	Фон + Zn ₂₀₀ (I+II)	90,8	3,4	427
4	Фон + Zn ₂₀₀ (I+III)	90,8	3,5	430
5	Фон + Zn ₃₀₀ (I+II+III)	90,8	3,7	432

Примітка: 1. N₇₅P₁₅K₂₇ – фон (контроль); 2. N₇₅P₁₅K₂₇ + Zn₁₀₀ (I+II) (обробка насіння); 3. N₇₅P₁₅K₂₇ + Zn₂₀₀ (I+II) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу кущення); 4. N₇₅P₁₅K₂₇ + Zn₂₀₀ (I+III) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу виходу в трубку); 5. N₇₅P₁₅K₂₇ + Zn₂₀₀ (I+II+III) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу кущення + позакореневе підживлення у фазу виходу в трубку).

Результати досліджень свідчать, що застосування хелатів цинку на фоні мінерального живлення N₇₅P₁₅K₂₇ позитивно впливало на показники польової схожості насіння та формування продуктивного стеблостою озимої пшениці (табл. 3.1).

У контрольному варіанті (фон без внесення цинку) польова схожість насіння становила 90,3 %, коефіцієнт кущення – 2,8, а густота рослин – 412 шт./м². Внесення хелатів цинку у різних нормах сприяло незначному, але стабільному підвищенню польової схожості до 90,8 %, що свідчить про покращення умов проростання насіння та початкового росту рослин.

Застосування цинку істотно вплинуло на інтенсивність кущення рослин. За норми Zn_{10} коефіцієнт кущення коливався в межах 2,9–3,3, що на 0,1–0,5 одиниці перевищувало контроль. При збільшенні норми цинку до Zn_{20} та Zn_{30} спостерігалось подальше зростання цього показника до 3,4–3,7, що свідчить про активізацію ростових процесів та формування більш продуктивного стеблостою.

Відповідно до змін коефіцієнта кущення зростала й густота рослин на одиниці площі. Так, у варіантах із застосуванням хелатів цинку густота посіву становила 419–432 шт./м², що на 7–20 шт./м² більше порівняно з фоновим варіантом. Найвищі значення густоти рослин зафіксовано при внесенні цинку в нормі Zn_{300} – 432 шт./м².

Отже, результати досліджень підтверджують доцільність застосування хелатів цинку в технології вирощування озимої пшениці. Їх використання сприяє покращенню польової схожості насіння, підвищенню коефіцієнта кущення та формуванню оптимальної густоти посівів, що є важливими передумовами для отримання високої врожайності культури.

Оцінку впливу різних норм цинку (Zn) на динаміку росту рослин пшениці озимої в основні фази органогенезу: весняне кущення, вихід у трубу, колосіння та повну стиглість показана в таблиці 3.2.

У фазі весняного кущення висота рослин на контрольному варіанті ($N_{75}P_{15}K_{27}$ – фон) становила 26,4 см. Застосування цинку в нормі 100 г на 1 т насіння сприяло збільшенню висоти до 27,6 см, що на 1,2 см або 4,5 % більше порівняно з фоном. Подальше підвищення норми Zn до 200–300 г/га забезпечило поступове й стабільне зростання висоти рослин до 32,3 см, що свідчить про стимулюючий вплив цинку на початкові ростові процеси.

У фазі виходу в трубу спостерігається чітка тенденція до зростання висоти рослин зі збільшенням дози цинку. На фоні без цинку висота становила 36,4 см, тоді як за внесення Zn_{300} вона досягала 43,2 см, що на 6,8 см (18,7 %) більше. Це підтверджує важливу роль цинку в активізації поділу клітин і росту міжвузлів у період інтенсивного вегетативного розвитку.

Таблиця 3.2.

Вплив доз цинку на формування висоти рослин пшениці озимої, см (у середньому за 2023-2025рр.)

Норма внесення цинку	Весняне кущення	Вихід в трубу	Колосіння	Повна стиглість
N ₇₅ P ₁₅ K ₂₇ – фон*	26,4	36,4	77,6	90,1
Фон + Zn ₁₀₀ (I)	27,6	37,8	80,4	90,9
Фон + Zn ₂₀₀ (I+II)	29,2	39,1	82,9	91,2
Фон + Zn ₂₀₀ (I+III)	30,4	41,8	83,1	91,7
Фон + Zn ₃₀₀ (I+II+III)	32,3	43,2	85,4	92,6

Примітка: 1. N₇₅P₁₅K₂₇ – фон (контроль); 2. N₇₅P₁₅K₂₇ + Zn₁₀₀ (I+II) (обробка насіння); 3. N₇₅P₁₅K₂₇ + Zn₂₀₀ (I+II) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу кущення); 4. N₇₅P₁₅K₂₇ + Zn₂₀₀ (I+III) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу виходу в трубку); 5. N₇₅P₁₅K₂₇ + Zn₂₀₀ (I+II+III) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу кущення + позакореневе підживлення у фазу виходу в трубку).

У фазі колосіння різниця між варіантами зберігається, але темпи приросту висоти дещо вирівнюються. На контрольному варіанті висота рослин становила 77,6 см, тоді як за максимальної дози цинку – 85,4 см, що на 7,8 см більше. Це свідчить про пролонговану дію цинку, який впливає не лише на ранні, а й на пізні етапи росту рослин.

У фазі повної стиглості різниця у висоті між варіантами зменшується, однак залишається стабільною на користь варіантів із внесенням цинку. Висота рослин коливалася від 90,1 см на фоні до 92,6 см за внесення Zn₃₀₀, що вказує на завершений, але все ж позитивний ефект мікроелемента.

Отримані дані свідчать, що внесення цинку у поєднанні з мінеральним фоном N₇₅P₁₅K₂₇ забезпечує послідовне збільшення висоти рослин пшениці озимої протягом усіх фаз розвитку.

Найбільш ефективною в умовах дослідів виявилася норма Zn₃₀₀, де вносили цинк дозовано, а саме обробка насіння (100 г/т зерна) + підживлення в фазу кущення (100 г/га) + підживлення в фазу виходу в трубку (100 г/га), яка

забезпечила максимальні показники висоти та свідчить про доцільність застосування цинку як важливого елемента мікроживлення.

Густота продуктивного стеблостою пшениці озимої є важливим складником структури врожаю. Два інші показники, такі як кількість зерен у колосі та маса однієї зернівки, значною мірою залежать від біологічної діяльності самого стебла, яке разом із міжвузлями, листям і колосом виконує ключові функції в процесі формування врожайності. Отже, стебло можна вважати базовою біологічною одиницею, що забезпечує синтез органічних речовин. [1, 2, 36, 37].

Продуктивність посівів безпосередньо пов'язана з цим структурним компонентом, і для його оцінки часто потрібні спеціалізовані дослідження. Густота продуктивного стеблостою пшениці озимої перебуває під впливом численних факторів, що унеможлиблює встановлення універсального показника для всіх умов вирощування. Тому ця тема є актуальною для подальших досліджень і наукових експериментів. Більшість сучасних науковців схиляються до використання оптимальних показників густоти, адаптованих під конкретні умови, аби забезпечити формування високопродуктивних посівів. [1, 2].

Продуктивність озимої пшениці обумовлена складним поєднанням навколишніх умов, кожен з яких впливає на обсяг та якість врожаю. Для визначення впливу різних факторів на формування зерна було проведено дослідження структурних елементів врожайності, що мають істотне наукове й практичне значення. [36].

Одним із ключових чинників, які визначають продуктивність озимої пшениці, є густота продуктивного стеблостою. Цей показник може змінюватися залежно від агротехнічних заходів та біологічних властивостей конкретного сорту. Як правило, збільшення густоти посіву сприяє підвищенню кількості продуктивних стебел. Утім, цей ефект має свої межі. Існує гранична кількість продуктивних стебел на одиницю площі, яка залежить від щільності посіву та визначається комплексом факторів, серед яких ґрунтово-кліматичні умови та сортові особливості. [1, 2, 38].

Вплив норм внесення цинку на кількість продуктивних стебел представлені на рис. 3.1.

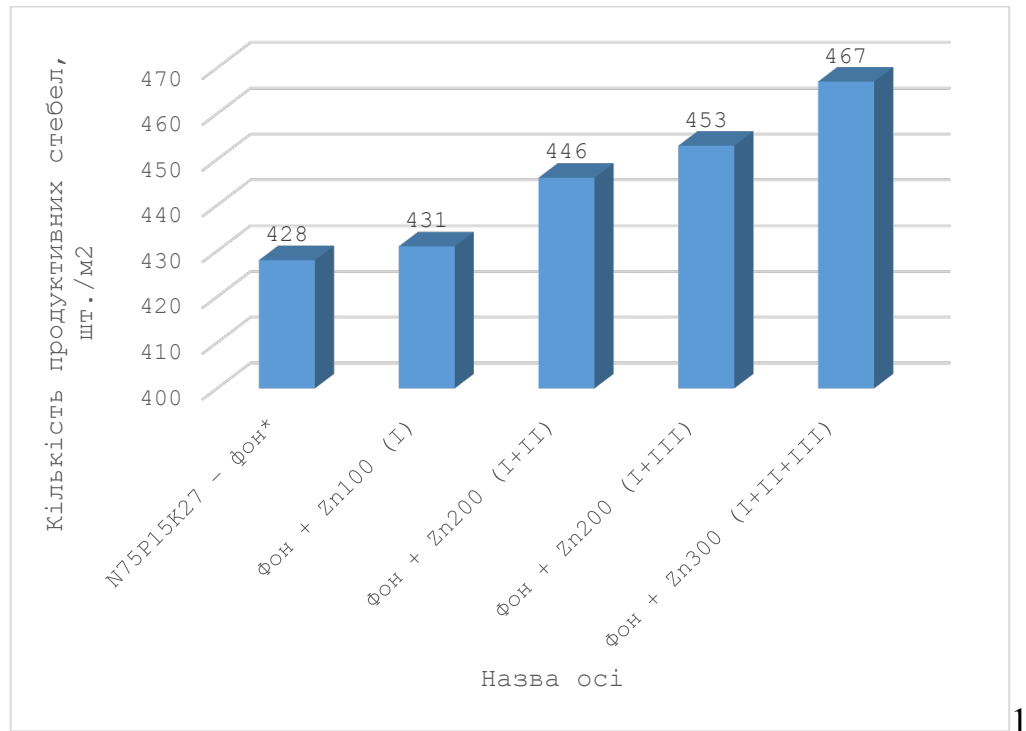


Рис. 3.1. Формування продуктивних стебел пшеницею озимою залежно від цинкових добрив, шт./м².

На варіанті 1, де вносили мінеральні добрива без цинку, кількість продуктивних стебел становила 428 шт./м².

Додавання цинку в нормі Zn_{100} при обробці насіння перед посівом 10 г/100 кг насіння (варіант 2) сприяло незначному підвищенню кількості продуктивних стебел до 431 шт./м², що на 3 шт./м² більше порівняно з фоном.

У варіанті 3, де проводили позакореневе внесення у фазу кущення Zn_{10} , кількість продуктивних стебел зросла до 446 шт./м², що свідчить про суттєвіший позитивний вплив цинку порівняно з меншою нормою.

Варіант 4, де проводили позакореневе внесення Zn_{10} у фазу виходу в трубку, показав ще вищий результат – 453 шт./м².

Найбільшу кількість продуктивних стебел зафіксовано у варіанті 5 з нормою Zn_{300} – 467 шт./м², що на 39 шт./м² перевищує фоновий варіант і свідчить про максимальну ефективність цієї норми серед досліджуваних.

Загалом результати показують чітку тенденцію до збільшення кількості продуктивних стебел зі зростанням норми внесення цинку, що підтверджує його важливу роль у формуванні стеблостою.

3.2. Елементи продуктивності та урожайність пшениці озимої залежно від норм цинкових добрив

Серед параметрів структури врожаю, таких як кількість зерен у колосі, дослідники приділили увагу й іншим технологічним заходам, зокрема використанню мікродобрив [36, 39, 40]. Деякі дослідники підтверджують і доводять, що застосування мінеральних добрив на високому агрофоні здатне суттєво підвищити озерненість колоса, що, у свою чергу, сприяє збільшенню врожайності зерна пшениці. Маса зерна в колосі залежить від маси зернівки, формування якої тісно пов'язане з умовами росту в пізніші етапи органогенезу. Варто також підкреслити, що маса зернівки визначається довжиною квіткових лусок, ріст яких завершується на стадії колосіння [11].

За результатами проведених досліджень було встановлено, що формування продуктивності зерна найбільше залежить від взаємодії структурних елементів індивідуальної продуктивності пшениці, зокрема густоти продуктивного стеблостою та продуктивності колоса (табл. 3.3).

В наведеній таблиці відображено вплив різних норм внесення цинку на формування елементів структури врожаю пшениці озимої у 2023–2025 рр.

За фонових умов удобрення ($N_{75}P_{15}K_{27}$) кількість зерен у колосі становила 37,1 шт., маса зерна з колоса – 1,31 г, а маса 1000 зерен – 39,9 г.

Внесення цинку у нормі 100 г/т (Фон + Zn_{100} (I)) сприяло зростанню кількості зерен у колосі до 41,3 шт., а також незначному підвищенню маси зерна з колоса до 1,38 г і маси 1000 зерен - 40,1 г. За внесення цинку у нормі 200 г/га, варіант Фон

+ Zn₂₀₀ (I+II) та варіант Фон + Zn₂₀₀ (I+III), відмічено подальше покращення показників продуктивності, зокрема маса зерна з колоса зросла до 1,45–1,49 г, а маса 1000 зерен – до 40,7–41,0 г.

Таблиця 3.3

Формування елементів структури врожаю пшениці озимої залежно від норми цинку, 2023–2025 рр.

Норма внесення цинку	Кількість зерен в колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г
N ₇₅ P ₁₅ K ₂₇ – фон*	37,1	1,31	39,9
Фон + Zn ₁₀₀ (I)	41,3	1,38	40,1
Фон + Zn ₂₀₀ (I+II)	40,8	1,45	40,7
Фон + Zn ₂₀₀ (I+III)	40,4	1,49	41,0
Фон + Zn ₃₀₀ (I+II+III)	42,5	1,54	42,4

Примітка: 1. N₇₅P₁₅K₂₇ – фон (контроль); 2. N₇₅P₁₅K₂₇ + Zn₁₀₀ (I+II) (обробка насіння); 3. N₇₅P₁₅K₂₇ + Zn₂₀₀ (I+II) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу кушення); 4. N₇₅P₁₅K₂₇ + Zn₂₀₀ (I+III) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу виходу в трубку); 5. N₇₅P₁₅K₂₇ + Zn₂₀₀ (I+II+III) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу кушення + позакореневе підживлення у фазу виходу в трубку).

Найвищі значення всіх елементів структури врожаю отримано за норми цинку 300 г/га (Фон + Zn₃₀₀ (I+II+III)), де кількість зерен у колосі досягла 42,5 шт., маса зерна з колоса – 1,54 г, а маса 1000 зерен – 42,4 г, що свідчить про оптимальний рівень мікроелементного живлення для реалізації потенціалу продуктивності пшениці озимої.

Загалом результати досліджень підтверджують, що застосування цинку на фоні мінерального удобрення позитивно впливає на всі основні елементи структури врожаю, а найефективнішою в умовах дослідів була норма 300 г/га, яка забезпечила максимальні показники продуктивності.

Отже, внесення цинку на фоні N₇₅P₁₅K₂₇ позитивно впливає на всі елементи структури врожаю пшениці озимої. Зі збільшенням норми цинку від Zn₁₀₀ до Zn₃₀₀ спостерігається стабільна тенденція зростання кількості зерен у колосі, маси зерна

з колоса та маси 1000 зерен. Найефективнішою нормою виявилось внесення Zn_{300} , що забезпечило найкращі умови для формування продуктивності колоса.

Урожайність зерна пшениці озимої є завершальним результатом комплексного та складного процесу онтогенезу, який відображає результативність застосованих агротехнічних заходів під час вирощування рослин упродовж вегетаційного періоду [1, 2, 41].

Рівень урожайності посівів у різні роки досліджень був зумовлений взаємодією елементів продуктивності пшениці озимої під впливом поєднання абіотичних та біотичних факторів разом із впровадженими агротехнічними прийомами (табл. 3.5).

Таблиця 3.4

Урожайність зерна пшениці озимої залежно способу внесення цинкових мікродобрив (2023-2025 рр.), т/га.

Норма внесення цинку	Урожайність, т/га				Приріст	
	2023	2024	2025	середня	т/га	%
$N_{75}P_{15}K_{27}$ – фон*	5,18	4,51	5,03	4,91	—	—
Фон + Zn_{100} (I)	5,26	4,68	5,24	5,06	0,15	3,05
Фон + Zn_{200} (I+II)	5,74	4,77	5,58	5,36	0,45	9,23
Фон + Zn_{200} (I+III)	6,12	4,89	5,88	5,63	0,72	14,66
Фон + Zn_{300} (I+II+III)	6,51	5,02	6,08	5,87	0,96	19,55
$НIP_{05}$				0,02		

Примітка: 1. $N_{75}P_{15}K_{27}$ – фон (контроль); 2. $N_{75}P_{15}K_{27} + Zn_{100}$ (I+II) (обробка насіння); 3. $N_{75}P_{15}K_{27} + Zn_{200}$ (I+II) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу кущення); 4. $N_{75}P_{15}K_{27} + Zn_{200}$ (I+III) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу виходу в трубку); 5. $N_{75}P_{15}K_{27} + Zn_{200}$ (I+II+III) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу кущення + позакореневе підживлення у фазу виходу в трубку).

Аналіз таблиці показує стабільний позитивний вплив цинкових мікродобрив на врожайність озимої пшениці. Дані свідчать про те, що цинк є критично важливим мікроелементом для реалізації продуктивного потенціалу культури на фоні основного живлення.

За фонового удобрення $N_{75}P_{15}K_{27}$ середня врожайність за роки досліджень становила 4,91 т/га. Внесення цинку в нормі 100 г/т забезпечило незначне, проте стабільне зростання середньої врожайності до 5,06 т/га, що відповідало приросту 0,15 т/га або 3,05 % порівняно з контролем. Застосування цинку в нормі 200 г/га, за обробки насіння та проведення позакореневого підживлення у фазу кущення, сприяло підвищенню зернової продуктивності, оскільки середня врожайність зросла до 5,36 т/га, а приріст становив 0,45 т/га, або 9,23 %. Варіант 4 забезпечив середній рівень урожайності 5,63 т/га, що перевищувало контроль на 0,72 т/га або 14,66 %.

Найвищу середню врожайність зерна пшениці озимої – 5,87 т/га – отримано за внесення цинку в нормі 300 г/га, де приріст становив 0,96 т/га або 19,55 % відносно фону, що свідчить про максимальну реалізацію продуктивного потенціалу культури за даного варіанта удобрення.

Отже, застосування цинкових мікродобрих на фоні мінерального живлення є високоефективним агротехнічним заходом. Найбільш виправданим є внесення цинку в нормі Zn_{300} , що дозволяє збільшити врожайність озимої пшениці майже на 1/5 (19,55%) порівняно з технологією без мікродобрих. Також дані вказують на важливість вибору способу внесення при нормі Zn_{200} (I+II) та Zn_{200} (I+III), оскільки різниця в урожайності між двома однаковими дозами склала 0,27 т/га.

Однією з ключових вимог сучасного виробництва озимої пшениці виступає не лише досягнення високих показників валових зборів, але й забезпечення продукції високої якості. За наявності поживних речовин зерно пшениці озимої вигідно відрізняється від зерна інших культур, воно містить велику кількість сполук, які необхідні для життя людини. Основні із них білки та вуглеводи. Технологічні властивості зерна зумовлені вмістом клейковини [1].

Технологічні аспекти вирощування новітніх сортів озимої пшениці мають бути спрямовані на оптимізацію вмісту білкових сполук у зерні, що є особливо актуальним після висаджування на полях з непаровими попередниками. Формування якості зерна визначається низкою факторів, серед яких важливими є

технологічні заходи вирощування, кліматичні умови, склад ґрунту та біологічні характеристики самих сортів. [1, 2, 4, 5].

Наукові дослідження вказують на можливість істотного впливу на якість зерна через застосування агротехнічних заходів, серед яких значну роль відіграють правильний вибір попередників та регулювання режиму мінерального живлення. Результати свідчать, що зазначені фактори здатні суттєво покращувати якісні характеристики зерна озимої пшениці, набуваючи ще більшого значення в умовах впровадження нових сортів на насіннєвому ринку України. Біохімічний склад зерна завжди був критично важливим у дослідженнях сільськогосподарських культур. У рамках аналітичної роботи приділяється увага різноманітним аспектам біохімічної якості зерна, однак саме вміст білка традиційно залишається основним критерієм, незважаючи на широкий спектр можливостей для подальшого використання продукції. [35].

Аналіз наданих даних показує позитивний вплив внесення цинку на якісні показники зерна пшениці озимої, а саме скловидність, вміст білка та клейковини.

Порівняно з фоновим варіантом без цинку, внесення Zn у нормі 100 г/т сприяло незначному підвищенню скловидності зерна з 49,1 до 49,4 %, а також збільшенню вмісту білка до 13,47 % і клейковини до 27,16 %.

Подальше підвищення норми цинку до 20 кг/га загалом позитивно впливало на якісні показники, оскільки скловидність зросла до 49,8–50,1 %, а вміст білка – до 13,98 % у першому варіанті, що є максимальним значенням серед усіх досліджуваних варіантів.

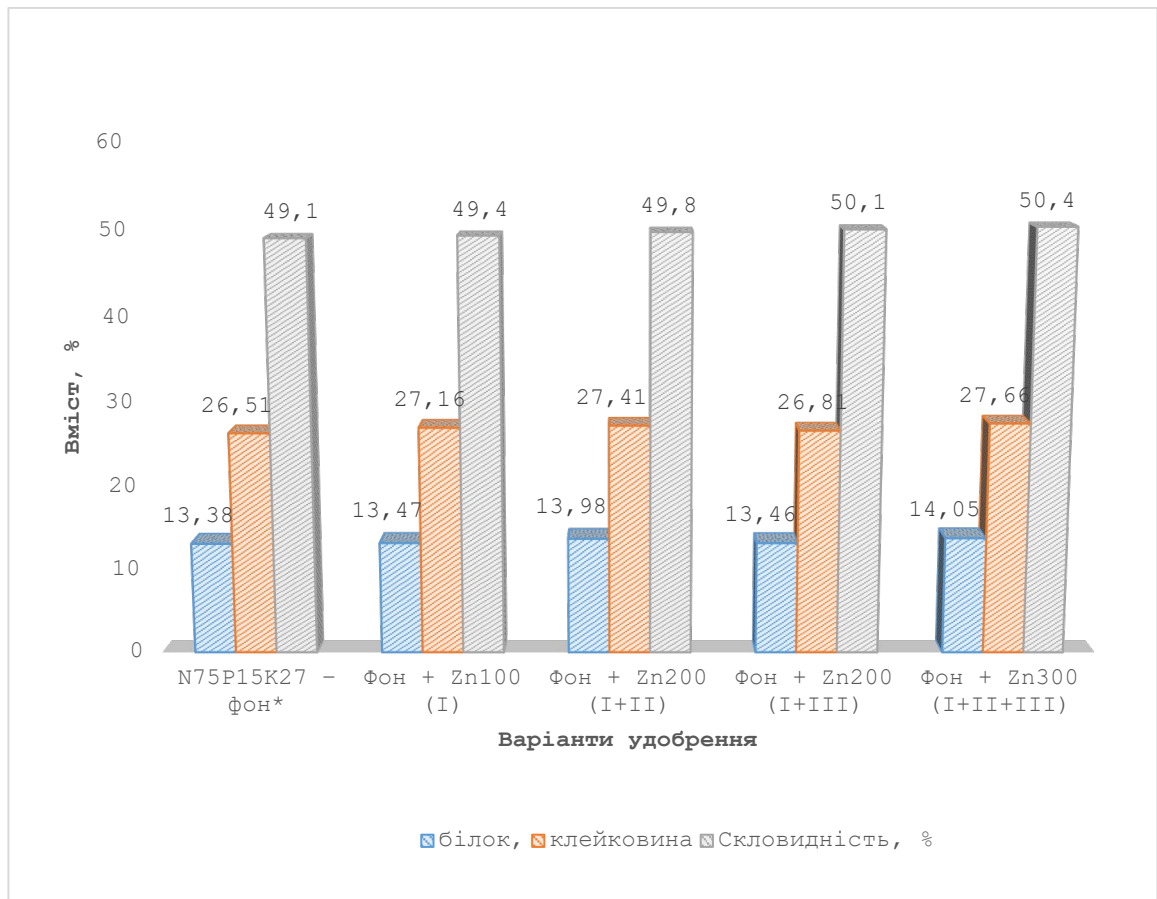


Рис. 3.2. Показники якості зерна пшениці озимої в залежності від внесення макро- і мікродобрих (середнє 2023-2025 рр.)

Разом з тим, другий варіант із нормою Zn_{200} показав дещо нижчі значення вмісту білка (13,46 %) та клейковини (26,81 %), що може свідчити про варіабельність реакції культури або вплив додаткових факторів вирощування.

Найвищі показники якості зерна зафіксовано за внесення цинку в нормі 300 г/га, де скловидність досягла 50,4 %, вміст білка – 14,05 %, а клейковини – 27,66 %, що свідчить про найкращий технологічний ефект цього варіанту.

Отже, результати досліджень демонструють загальну тенденцію покращення якості зерна зі зростанням норми внесення цинку, при цьому найбільш ефективною виявилася норма Zn_{300} на фоні $N_{75}P_{15}K_{27}$.

3.3. Економічна оцінка використання цинкових добрив при вирощуванні пшениці озимої.

У розвитку ринкових відносин особливу увагу слід приділяти економічній оцінці конкретних аграрних технологій, зокрема у сфері вирощування сільськогосподарських культур. Оцінювання економічної ефективності дозволяє враховувати реальні витрати та отримані вигоди, що дає змогу визначити найбільш доцільні технології для агровиробництва. [43].

За останні роки значно зросли затрати на паливно-мастильні матеріали та хімічні засоби, що суттєво збільшило їхню частку у загальних витратах на вирощування культур. У цьому контексті розробка і застосування енерго- та ресурсозберігаючих технологій набувають критично важливого значення. Такі підходи сприяють раціональному використанню матеріальних ресурсів, підвищують врожайність, відповідають вимогам екологічної безпеки та забезпечують адаптацію до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. [44].

Показники економічної ефективності відіграють суттєву роль у впровадженні мінерального живлення як складової технології вирощування сільськогосподарських культур. У європейських країнах використання добрив дозволяє підвищити врожайність на 45-50%. Водночас в Україні цей показник значно варіюється через нерівномірне забезпечення ґрунтів рухомими поживними речовинами, що коливається в межах від 30 до 70% за умов зрошення та від 30 до 50% за його відсутності. [44, 45].

За таких обставин особливу перспективу мають технології, орієнтовані на вибір оптимальних попередників, удосконалення систем удобрення та застосування регуляторів росту. Це стосується як обробки насіння перед посівом, так і проведення позакореневого підживлення культур. Такі підходи сприятимуть досягненню високих і стабільних урожаїв як у зрошуваних, так і в незрошуваних умовах без значного зростання витрат. [35, 45].

Результати досліджень економічної ефективності вирощування пшениці озимої після сої залежно від різних норм внесення цинкових добрив показали, що

найбільш прибутковим підходом виявився той, за якого було досягнуто максимальної врожайності культури (табл 3.6).

Аналіз економічної ефективності вирощування пшениці озимої показав високу окупність застосування цинкових добрив (Zn) на фоні мінерального живлення $N_{75}P_{15}K_{27}$.

На варіанті 1, де вносили лише мінеральні добрива у нормі $N_{75}P_{15}K_{27}$ виробничі затрати становили 15113 грн/га, при цьому прибуток становив 16802 грн/га, а рівень рентабельності –111,2 %. Застосування Zn у нормі 100 г/т (I обробка насіння) сприяло незначному зростанню урожайності до 5,06 т/га та підвищенню прибутку до 17455 грн/га, що забезпечило зростання рентабельності до 113,1 % порівняно з фоном.

Таблиця 3.5

Економічна оцінка вирощування пшениці озимої залежно від попередників та норми мінеральних добрив, у середньому за 2023–2025 рр.

Варіанти	Урожайність, т/га	Затрати на виробництво, грн./га	Ринкова вартість продукції, грн./га	Прибуток, грн./га	Рентабельність, %
$N_{75}P_{15}K_{27}$ – фон*	4,91	15113	31915	16802	111,2
Фон + Zn_{100} (I)	5,06	15435	32890	17455	113,1
Фон + Zn_{200} (I+II)	5,36	15737	34840	19103	121,4
Фон + Zn_{200} (I+III)	5,63	15737	36595	20858	132,5
Фон + Zn_{300} (I+II+III)	5,87	16039	38155	22116	137,9

Примітка: 1. $N_{75}P_{15}K_{27}$ – фон (контроль); 2. $N_{75}P_{15}K_{27} + Zn_{100}$ (I+II) (обробка насіння); 3. $N_{75}P_{15}K_{27} + Zn_{200}$ (I+II) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу кушення); 4. $N_{75}P_{15}K_{27} + Zn_{200}$ (I+III) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу виходу в трубку); 5. $N_{75}P_{15}K_{27} + Zn_{200}$ (I+II+III) (обробка насіння + позакореневе підживлення у фазу кушення + позакореневе підживлення у фазу виходу в трубку).

Подальше підвищення ефективності спостерігалось за внесення Zn_{200} (I+II), де урожайність зросла до 5,36 т/га, а прибуток – до 19103 грн/га, що зумовило збільшення рентабельності до 121,4 %, незважаючи на зростання затрат на виробництво. Варіант фон + Zn_{200} (I+III) продемонстрував ще вищу економічну доцільність, оскільки урожайність досягла 5,63 т/га, прибуток зріс до 20858 грн/га, а рівень рентабельності – до 132,5 %, що свідчить про ефективність позакоренових підживлень цинком.

Найкращі показники отримано у варіанті фон + Zn_{300} (I+II+III), де за максимальної урожайності 5,87 т/га сформувався найбільший прибуток — 22 116 грн/га, а рентабельність досягла 137,9 %, що переконливо доводить економічну ефективність внесення добрив, що містять цинк.

Навіть мінімальна доза цинку (Zn_{100}) підвищує рентабельність на 1,9% порівняно з базовим фоном, що підтверджує доцільність мікродобрив.

Отже, найбільш економічно вигідною технологією є трикратне внесення цинку (доза 300), що забезпечує найвищу урожайність, прибуток і рівень рентабельності. На цьому варіанті були одержані найкращі показники, максимальна урожайність 5,87 т/га, найбільший прибуток – 22 116 грн/га та рівень рентабельності досяг 137,9 %,

ВИСНОВКИ

У представлений кваліфікаційній роботі узагальнено результати польових досліджень, проведених у період 2023-2025 років, стосовно агротехніки озимої пшениці. Отримані результати, що відображають вплив різних норм та способів внесення цинкових мікродобрив на продуктивність пшениці озимої, дозволяють сформулювати наступні висновки:

1. Використання хелатів цинку при вирощуванні пшениці озимої сприяє покращенню польової схожості насіння, підвищенню коефіцієнта кущення та формуванню оптимальної густоти посівів. Так, у варіантах із застосуванням хелатів цинку густота посіву становила 419–432 шт./м², що на 7–20 шт./м² більше порівняно з фоновим варіантом. Найвищі значення густоти рослин зафіксовано при внесенні цинку в нормі Zn_{300} – 432 шт./м².

2. Внесення цинку у поєднанні з мінеральним фоном $N_{75}P_{15}K_{27}$ забезпечує послідовне збільшення висоти рослин пшениці озимої протягом усіх фаз розвитку. Найбільш ефективною в умовах дослідів виявилася норма Zn_{300} , де вносили цинк дозовано, а саме обробка насіння (100 г/т зерна) + підживлення в фазу кущення (100 г/га) + підживлення в фазу виходу в трубку (100 г/га).

3. Найбільшу кількість продуктивних стебел зафіксовано у варіанті 5 з нормою Zn_{300} – 467 шт./м², що на 39 шт./м² перевищує фоновий варіант і свідчить про максимальну ефективність цієї норми серед досліджуваних.

4. Внесення цинку на фоні $N_{75}P_{15}K_{27}$ позитивно впливає на всі елементи структури врожаю пшениці озимої. Зі збільшенням норми цинку від Zn_{100} до Zn_{300} спостерігається стабільна тенденція зростання кількості зерен у колосі, маси зерна з колоса та маси 1000 зерен.

5. Найвищу середню врожайність зерна пшениці озимої – 5,87 т/га – отримано за внесення цинку в нормі 300 г/га, де приріст становив 0,96 т/га або 19,55 % відносно фону, що свідчить про максимальну реалізацію продуктивного потенціалу культури за даного варіанта удобрення.

6. Результати досліджень демонструють загальну тенденцію покращення якості зерна зі зростанням норми внесення цинку, при цьому найбільш ефективною виявилася норма Zn_{300} на фоні $N_{75}P_{15}K_{27}$. На цьому варіанті показники якості пшениці озимої були такими: скловидність - 50,4 %, вміст білка – 14,05 %, а клейковини – 27,66 %,

7. Найбільш економічно вигідною технологією є трикратне внесення цинку (доза 300), що забезпечує найвищу урожайність, прибуток і рівень рентабельності. На цьому варіанті були одержані найкращі показники, максимальна урожайність 5,87 т/га, найбільший прибуток – 22 116 грн/га та рівень рентабельності досяг 137,9 %.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для досягнення урожайності на дерново-підзолистих ґрунтах пшениці озимої сорту Скаген на рівні 5,87 т/га із вмістом білка в зерні 14,5% та клейковини 27,66%, сільськогосподарським підприємствам різних форм власності Житомирської області рекомендується вносити цинкові добрива на фоні мінерального удобрення $N_{75}P_{15}K_{27}$ у нормі Zn_{300} , де вносили цинк дозовано, а саме обробка насіння (100 г/т зерна) + підживлення в фазу кущення(100 г/га) + підживлення в фазу виходу в трубку (100 г/га).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Озима пшениця // Рослинництво: Підручник. – К.: Аграрна освіта, 2001. – с. 183 – 210 с.
2. Зернові культури. За ред. Пікуша Г.Р., Бондаренка В.І. - К.: Урожай, 2015. -270 с.
3. Кияк Г.С., Дубровський С.Б., Онищук Д.М. Рослинництво. К.: Вища школа, 2012. - 417с.
4. Лихочвор В. Система удобрення озимої пшениці / В. Лихочвор // Агробізнес сьогодні. – 2014. – №7 (278).– С. 24–28.
5. Господаренко Г. М. Система застосування добрив : навч. посіб. Київ: ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2015. С. 184–198.
6. Балюк С.А. Ґрунтові ресурси України: стан і заходи їх поліпшення. *Вісник аграрної науки*. 2010. №6. С. 5–10.
7. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data>
8. Смірнова І. В. Формування зернової продуктивності сортами пшениці озимої під впливом мінерального живлення. Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур : тези доп. VI міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, м. Київ, 29 берез. 2018 р. Київ, 2018. С. 134–135
9. Gilman E. F. Irrigation and Container Type Impact Red Maple / E. F. Gilman // Journal of Agriculture. – 2003. – № 29. – P. 31-36
10. Panfilova A., Korkhova M., Gamajunova V., Drobitko A., Nikonchuk N., Markova N. Formation of Photosynthetic and Grain Yield of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on varietal characteristics and optimization of nutrition. *Research journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. March-April 2019. P. 78–85.
11. Лихочвор В.В. Продуктивність колоса озимої пшениці / В. Лихочвор, С. Костючко – Агробізнес сьогодні. – №14 (213) – липень, – 2011. agro-business.com.ua.

12. Носко Б. С. Азотний режим ґрунтів і його трансформація в агроєкосистемах. Харків: КП «Міська друкарня», 2013. 130 с.
13. Носко Б. С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України. Харків: ФОП Бровін О. В., 2017. 476 с
14. Панфілова А.В., Гамаюнова В.В. Формування надземної маси сортів пшениці озимої залежно від оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія. 2018. № 22(1). С. 332–339.
15. Domaratskiy Ye., Berdnikova O., Bazaliy V., Shcherbakov V., Gamaynova V., Larchenko O., Domaratskiy A., Baychuk I. Dependence of winter wheat yielding capacity an mineral nutrition in irrigation Conditions of Southern Steppe of Ukraine. *Indian journal of Ecology*. 2019. 46(3). P. 594–598.
16. Моторний В. А. Оптимізація елементів технології вирощування пшениці озимої в Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с. – г. наук: спеціальність 06.01.09 «Рослинництво» / Київ, 2015. – 21 с.
17. Логінова І. В. Ефективність різних форм і способів внесення мікроелементів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / І. В. Логінова, Н. М. Білера // Науковий вісник Наці. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Серія : Агрономія. – 2014. – Вип. 195 (1).– С. 71–78.
18. Фатєєв А. І., Мірошніченко М. М. Мікроелементи: чудодійні міліграми. Видання ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського». 2003. С. 115–118.
19. Жердецький І. В. Мікроелементи в житті рослин. *Агроном*. 2009. № 4. С. 28–30
20. Оничко В. І. Ефективність застосування комплексних водорозчинних добрив на посівах пшениці озимої / В. І. Оничко, С. І. Бердін, О. А. Коваленко // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Агрономія і біологія. – 2013. – Вип. 3. – С. 110–114.

21. Санін Ю. В. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами / Ю. В. Санін, В. А. Санін // *Агробізнес сьогодні*. – 2012. – № 6 (229). – С. 38–40.
22. Лукащук Л.Я., Курач О.В., Сніжок О.В., Гук Л.І., Кучерова А.В. Вплив систем удобрення та догляду за посівами на продуктивність і якість зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2020, №10 (811). С. 12-19
23. Кривенко А. І., Бурикiна С. І. Ефективність форм і строків внесення цинку на посівах пшениці озимої // *Вісник аграрної науки*. – 2019. – № 2 (791). – С. 23–30.
24. Гордій М.М. Формування продуктивності озимої пшениці при використанні макро- і мікродобрив в північних районах степу України: автореф. дис. канд. с-г наук: 01.06.09 «Рослинництво» /М.М. Гордій. – Дніпропетровськ, – 23 с.
25. Yingneng L. Research on the Water-saving Agriculture in China / L. Yingneng // *Water-saving Irrigation*. – 2002. – № 2. – P. 25-36.
26. Смірнова І. В. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від фону живлення в умовах Південного Степу України : дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 – рослинництво. – Миколаїв : Миколаївський національний аграрний університет МОН України, 2021. – 170 с.
27. Ткачук К. С. Вплив макро- і мікродобрив на врожайність і якість зерна за вирощуванням озимої пшениці на сірому лісовому ґрунті / К. С. Ткачук, Т. В. Жукова, М. М. Богдан, А. І. Шубенко // *Збірник наукових праць Інституту землеробства Української академії аграрних наук*– К. – 2005. – Вип. 3. – С. 22–27.
28. Чабан В. І., Крамарьов С. М., Подобєд О. Ю. Урожай і якість зерна пшениці озимої при використанні мікродобрив у північному Степу України // *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. – 2012.– № 2. – С. 7 – 80.
29. Genc Y., McDonald G.K., Graham R.D. Critical deficiency concentration of zinc in barley genotypes differing in zinc efficiency and its relation to growth responses. *J. Plant Nutr.* 2002. 25, № 3. P. 545 – 560.

30. Кліпакова Ю.О., Прісс О.П., Білоусова З.В, Єременко О.А. Урожайність пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння. Вісник аграрної науки. 2019. № 4. С. 16 – 23.

31. Kenbaev B., Sade B. Response of field-grown barley cultivars grown on zinc-deficient soil to zinc application. Commun. Soil Sci. and Plant Anal. 2002. 33, № 3 – 4. P. 533 – 544

32. Агрохімічний аналіз ґрунту, рослин і добрив на лабораторно-практичних заняттях з агрохімічної хімії / І. М. Карасюк, О. М. Геркіял, М. В. Недвига [та ін.] ; за ред. І. М. Карасюка. – К. : Нічлава, 2001. – 192 с.

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

34. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві : навчальний посібник / [В. О. Ушкаренко, В. Л. Нікішенко, С.П. Голобородько, С. В. Коковішін]. – Херсон : Айлант, 2008. – 272 с

35. Бикін А.В. Роль оптимізації живлення та удобрення пшениці озимої шляхом позакореневого підживлення на фоні твердих добрив у підвищенні якості зерна, борошна і хліба в умовах правобережного Лісостепу України / А.В. Бикін, Н.П. Бордюжа, В.І. Ярешко [та ін.] // Науковий вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – 2010. – Вип. 149. – С. 96-108

36. Лихочвор В.В. Оптимальні параметри структури врожаю озимої пшениці / В.В. Лихочвор – Агробізнес сьогодні. – №23 (246) – грудень, – 2015. agro-business.com.ua.

37. Генгало О.М., Павлюк С.Д., Чумак А.А., Кіщак В.М. Позакореневе підживлення водорозчинними добривами з мікроелементами як спосіб оптимізації умов живлення пшениці озимої. Науковий вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. 2010. № 149. С. 65 – 73.

38. Дмитренко О. В. Продуктивність пшениці озимої залежно від елементів технології вирощування в умовах Північної частини Полісся: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с. – г. наук 06. 01. 09 / О. В. Дмитренко. – Київ. – 2012. – 20 с.

39. Радченко М. В. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої залежно від позакореневого підживлення. / М. В. Радченко / Сумський національний аграрний університет Вісник Сумського національного аграрного університету серія «Агрономія і біологія», випуск 2 (33), 2017 ст. 52-57

40. Позакореневе підживлення водорозчинними добривами з мікроелементами як спосіб оптимізації умов живлення пшениці озимої / [О. М. Генгало, С. Д. Павлюк, А. А. Чумак, В. М. Кіщак] // Науковий вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – 2010. – № 149. – С. 65–73.

41. Богдан М. М. Вплив передпосівної обробки насіння мікродобривами на інтенсивність фотосинтезу і продуктивність рослин озимої пшениці / М. М. Богдан // Тези доп наук. конф. молодих учених [“Сучасні проблеми фізіології рослин і біотехнології”], (Ужгород, 1–3 грудня 2005 р). – Ужгород, 2005. – С. 16.

42. Бикін А. В. Ефективність позакорневих підживлень сільськогосподарських культур мікроелементвмісними добривами / А. В. Бикін, Н. М. Бикіна, Н. П. Бордюжа // Науковий вісник нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія. – 2012. – № 176. – С. 154–159.

43. Богдан М. М. Економічна і енергетична ефективність вирощування пшениці м'якої озимої за позакореневого підживлення комплексними мікродобривами / М. М. Богдан, Г. Б. Гуляєва, В. П. Карпенко // Збалансоване природокористування. – 2016. – № 1. – С. 72–75.

44. Казакова І. В. Економічна та енергетична оцінка ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур. *Інноваційна економіка: всеукр. наук.-виробн. журнал*. 2012. № 2. С. 113-116.

45. Гамаюнова В. В., Смірнова І. В. Економічна ефективність вирощування сортів пшениці озимої залежно від оптимізації фону живлення. *Наукові горизонти*, «Scientific horizons». Житомир, 2018. № 1 (64). С. 10–14.