

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С. ГЬИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ
КАФЕДРА АГРОХІМІЇ ТА ҐРУНТОЗНАВСТВА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітнього ступеня – МАГІСТР

на тему: «Продуктивність озимої пшениці за різних норм удобрення
чорнозему опідзоленого в умовах Волинської області»

Виконав студент VI-го курсу, групи Аг-62
спеціальності 201 «Агрономія»

ГАЛЯС ДЕНИС ВІТАЛІЙОВИЧ

Керівник: Оксана ГАСЬКЕВИЧ

Рецензент: _____

Дубляни 2025 року

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій ім. с. Гжицького
Факультет агротехнологій та охорони довкілля
Кафедра агрохімії та ґрунтознавства
Освітній ступінь "магістр"
Спеціальність 201 "Агрономія"

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Зав. кафедри _____
(підпис)

к. геогр. наук, доцент **Оксана ГАСЬКЕВИЧ**
(наук. ступ., вч. зв.) (ініціали і прізвище)

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту **Галюсу Денису Віталійовичу**

1. Тема роботи: «Продуктивність озимої пшениці за різних норм удобрення чорнозему опідзоленого в умовах Волинської області»

Керівник кваліфікаційної роботи Гаськевич Оксана Володимирівна,
кандидат географічних наук, доцент

Затверджені наказом по університету від “ 31 ” грудня 2024 р. № 906/к-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 1 грудня 2025 року

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи: Системи удобрення озимого ячменю: 1) контроль – без внесення добрив; 2) $N_{60}P_{40}K_{60}$; 3) $N_{90}P_{60}K_{90}$; 4) $N_{120}P_{80}K_{120}$; 5) $N_{150}P_{100}K_{150}$. Вплив мінерального живлення на вміст поживних елементів у ґрунті, продуктивність культури. Ґрунт – чорнозем опідзолений, ґрунтово-кліматична зона – Лісостеп.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які необхідно розробити)

Вступ

Розділ 1. Огляд літератури

Розділ 2. Умови, вихідний матеріал і методика досліджень

Розділ 3. Результати досліджень

Розділ 4. Охорона праці та захист населення

Розділ 5 Охорона навколишнього природного середовища

Висновки і пропозиції виробництву

Бібліографічний список.

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів з вказуванням їх кількості)

1. Ілюстративні таблиці за результатами досліджень в основній частині роботи (13 шт.) і в додатках (2 шт.)

2. Рисунки гідротермічних умов дослідження (2 шт.), динаміки досліджуваних показників (9).

6. Консультанти з розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис / дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
З охорони праці та захисту населення	Тимочко В.О. , доц.каф. фізики, інженерної механіки			
З охорони навколишнього середовища	Хірівський П.Р. , зав. каф. екології та захисту довкілля доцент			

7. Дата видачі завдання 20 вересня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Відмітка про виконання
1	Вивчення впливу удобрення озимої пшениці на властивості чорнозему опідзоленого та продуктивність культури в умовах Волинської області.	03.2024 – 08.2025	
2	Написання розділу 1. Огляд літератури	до 02.2025	
3	Написання розділу 2. Умови та методика проведення досліджень	01.02.2025- 01.04.2025	
4	Написання розділу 3. Результати досліджень	01.04.2025- 01.10.2025	
5	Написання розділу 4. Охорона праці та захист населення.	01.10.2025 – 31.10.2025	
6	Написання розділу 5. Охорона навколишнього природного середовища. Формування висновків, бібліографічного списку, додатків.	01.11.2025- 01.12.2025	

Студент

(підпис)

Денис ГАЛЯС

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Оксана ГАСЬКЕВИЧ

Продуктивність озимої пшениці за різних норм удобрення чорнозему опідзоленого в умовах Волинської області. Галяс Д. В. Кваліфікаційна робота. Кафедра агрохімії та ґрунтознавства. Дубляни, ЛНУВМБ ім. С. Гжицького, 2025.

78 с. текст. част., 18 табл., 5 рис., 70 джерела

Дослід з вивчення впливу різних норм мінеральних добрив на формування продуктивності озимої пшениці проведено на чорноземі опідзоленому на землях фермерського господарства “*****” Луцького району Волинської області. Варіанти удобрення: 1) контроль – без внесення добрив; 2) $N_{60}P_{40}K_{60}$; 3) $N_{90}P_{60}K_{90}$; 4) $N_{120}P_{80}K_{120}$; 5). $N_{150}P_{100}K_{150}$.

Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню кількості продуктивних стебел, зерен у колосі та маси зерна з одного колоса, що безпосередньо вплинуло на підвищення врожайності.

Найвищу врожайність зерна озимої пшениці сорту Колонія забезпечило внесення мінеральних добрив у нормі $N_{150}P_{100}K_{150}$, однак оптимальне поєднання врожайності та ефективності використання ресурсів було досягнуто за норми $N_{120}P_{80}K_{120}$, яка забезпечила стабільно високий урожай за помірних витрат.

Економічна оцінка показала, що застосування мінеральних добрив є економічно доцільним. Найвищий рівень рентабельності та оптимальний умовно-чистий прибуток отримано у варіанті $N_{120}P_{80}K_{120}$, який забезпечив найкраще співвідношення між витратами та додатковим доходом.

Отже, на чорноземі опідзоленому в умовах Волинської області оптимальною нормою мінерального удобрення озимої пшениці сорту Колонія є $N_{120}P_{80}K_{120}$, яка забезпечує високий рівень урожайності, покращення якості зерна, економічну та енергетичну доцільність виробництва.

Зміст

ВСТУП.....	6
Розділ 1. РОЛЬ ЖИВЛЕННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ (огляд літератури)	8
1.1. Біологічні вимоги культури	8
1.2. Продуктивність озимої пшениці залежно від рівня мінерального живлення.....	12
1.3. Роль мезо- та мікроелементів у формуванні врожаю зерна озимої пшениці	18
Розділ 2. ПРИРОДНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	21
2.1. Загальна характеристика господарства	21
2.2. Ґрунтовий покрив господарства та чинники його формування	22
2.3. Кліматична характеристика та погодні умови періоду досліджень	23
2.4. Методика проведення досліджень.....	27
2.5. Агротехніка вирощування пшениці озимої на ділянках досліду та характеристика сорту	28
Розділ 3. ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ (результати досліджень)	30
3.1. Морфологічна будова, фізичні та фізико-хімічні властивості чорнозему опідзоленого	30
3.2. Вміст поживних елементів у ґрунті за різних норм удобрення озимої пшениці	33
3.3. Особливості розвитку озимої пшениці за різних норм мінерального удобрення	35
3.4. Зміна структури врожаю озимої пшениці Колонія за різних умов мінерального живлення	38
3.5 Врожайність озимої пшениці Колонія за різних норм мінеральних добрив	40

3.6. Якість зерна озимої пшениці залежно від рівня мінерального удобрення	43
3.7. Оцінка економічної доцільності та енергетичної ефективності удобрення озимої пшениці	46
Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ	49
4.1 Аналіз стану охорони праці у господарстві.....	49
4.2 Покращення гігієни праці, пожежної безпеки і техніки безпеки при вирощуванні озимої пшениці	50
4.3 Захист населення у надзвичайних ситуаціях	51
Розділ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	53
5.1. Охорона ґрунтів	53
5.2. Охорона атмосферного повітря	54
5.3 Охорона водних ресурсів	54
5.4 Охорона флори та фауни.....	56
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	57
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	59
ДОДАТКИ	66
Додаток А. Технологічна карта вирощування озимої пшениці	67
Додаток Б. Статистична обробка даних врожайності озимої пшениці за 2024 рік	70
Додаток В. Статистична обробка даних врожайності озимої пшениці за 2025 рік	71
Додаток Д. Фотоматеріали виробничих посівів озимої пшениці (сорт Колонія)у ТзОВ «*****»	72
Додаток Д. Ксерокопія тез доповіді на студентській конференції	74

ВСТУП

Актуальність дослідження. Озима пшениця є однією з провідних зернових культур України та відіграє ключову роль у формуванні продовольчої безпеки держави. Висока адаптивність культури до ґрунтово-кліматичних умов, здатність забезпечувати стабільні врожаї та високі показники якості зерна зумовлюють її широке поширення у різних регіонах країни. Волинська область, зокрема її центральна та південна частина, характеризується переважанням чорноземів опідзолених, що мають значний потенціал родючості, проте потребують раціонального використання мінеральних добрив для максимальної реалізації продуктивних можливостей озимої пшениці.

Проблема оптимізації мінерального живлення озимої пшениці набуває особливої актуальності в умовах сучасного агровиробництва. Підвищення вартості добрив, необхідність збереження родючості ґрунтів та вимоги до отримання стабільних високоякісних урожаїв потребують науково обґрунтованих підходів до нормування застосування мінеральних добрив. Водночас чорноземи опідзолені Волині характеризуються нерівномірною забезпеченістю поживними елементами, що може стримувати ріст і розвиток рослин озимої пшениці та формування її врожайності. Саме тому дослідження впливу різних норм удобрення на продуктивність озимої пшениці сорту Колонія є важливим як з теоретичного, так і з практичного погляду.

Метою дослідження є встановлення впливу різних норм мінерального удобрення на агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого, ріст і розвиток рослин озимої пшениці сорту Колонія, показники структури врожаю, продуктивність та якість зерна в умовах Волинської області.

Для досягнення мети у роботі передбачено виконання таких **завдань**:

1. Проаналізувати сучасний стан наукових досліджень щодо ролі живлення у формуванні врожаю озимої пшениці.
2. Надати характеристику природних умов території досліджень та оцінити агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого.
3. Визначити особливості росту і розвитку рослин озимої пшениці за різних рівнів удобрення.

4. Дослідити формування структури врожаю та визначити врожайність сорту Колонія залежно від норм мінеральних добрив.

5. Оцінити якість зерна та визначити економічну й енергетичну ефективність удобрення.

6. Розробити практичні рекомендації щодо оптимізації норм удобрення озимої пшениці на чорноземах опідзолених Волинської області.

Об’єкт дослідження – озима пшениця сорту Колонія.

Предмет дослідження – зміна агрохімічних властивостей ґрунту, ріст і розвиток рослин, елементи структури врожаю, продуктивність і якість зерна залежно від рівня мінерального живлення.

Методи дослідження включають польовий, лабораторний, біометричний, статистичний та економічний методи. Статистичне опрацювання результатів здійснювали з використанням методів дисперсійного аналізу та визначення найменшої істотної різниці.

Наукова новизна роботи полягає в уточненні впливу норм мінерального добрива на формування продуктивності озимої пшениці сорту Колонія в умовах Полісся, що дозволяє оптимізувати систему удобрення для даного типу ґрунтів.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів у виробництві для підвищення врожайності та якості зерна озимої пшениці, а також при розробці технологічних карт вирощування культури на чорноземах опідзолених.

РОЗДІЛ 1

РОЛЬ ЖИВЛЕННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ (теоретико-методологічний огляд літератури)

1.1. Біологічні особливості озимої пшениці

Озима пшениця є однією з основних зернових культур України, яка займає найбільші площі в структурі посівів і відіграє провідну роль у забезпеченні населення високоякісним хлібом та іншими продуктами переробки. Завдяки своїм біологічним особливостям і широкій адаптивності культура успішно вирощується практично в усіх агрокліматичних зонах України – від Полісся до Степу [33].

За походженням пшениця є культурою помірного клімату, добре пристосованою до умов з відносно м'якою зимою і помірно теплою вегетацією. Вона характеризується достатньо високою холодостійкістю, проте реалізація цієї властивості значною мірою залежить від сортових особливостей, рівня живлення, строків сівби та умов загартування восени [31, 32].

За своїми біологічними властивостями озима пшениця належить до холодостійких культур. Насіння може проростати вже за температури ґрунту в посівному шарі 1–2°C [19, 63], однак за таких умов період «сівба–сходи» значно подовжується, сходи з'являються повільно, що створює загрозу їх ураження хворобами та пошкодження шкідниками. Оптимальною температурою для проростання є 12–20°C, за достатньої вологості ґрунту це забезпечує появу дружніх сходів уже через 5–6 діб.

За температури повітря вище 25°C при недостатньому зволоженні сходи стають ослабленими, підвищується ураження корневими гнилями, септоріозом, бурю іржею [7]. Тому оптимальними строками сівби вважають період, коли середньодобова температура повітря становить 14–17°C, а ґрунт має достатній запас продуктивної вологи.

Взимку, за умов доброго осіннього загартування, рослини озимої пшениці можуть витримувати зниження температури на глибині розміщення вузла кущення до –19...–20°C. За наявності стійкого снігового покриву товщиною 10

см і більше вони переносять зниження температури повітря до $-30...-35^{\circ}\text{C}$ без істотних пошкоджень [34]. Якщо сніговий покрив тонший (2–5 см), рослини можуть витримати короточасні морози до $-20...-26^{\circ}\text{C}$, оскільки температура в зоні вузла кущення є вищою, ніж у повітрі, на $4-6^{\circ}\text{C}$.

За відсутності снігового покриву навіть морозостійкі сорти озимої пшениці гинуть при температурі повітря нижче $-25...-30^{\circ}\text{C}$. Цю температуру прийнято називати температурою вимерзання. Особливо небезпечними є пізньозимові та ранньовесняні морози після відлиг, коли рослини втрачають стан загартування. У цей час навіть короточасне зниження температури до $-6...-8^{\circ}\text{C}$ може призвести до значного пошкодження або загибелі посівів [19, 21].

Оптимальна температура повітря для росту і розвитку рослин озимої пшениці впродовж більшої частини вегетації становить $+20...+25^{\circ}\text{C}$. За таких умов інтенсивно проходить поділ клітин, накопичуються пластичні речовини, добре розвивається коренева система, формуються генеративні органи. Короточасне підвищення температури вище $+35...+40^{\circ}\text{C}$ за умов достатнього зволоження ґрунту не призводить до критичних порушень, однак тривала дія високих температур негативно впливає на процеси фотосинтезу, підсилює дихання та сповільнює приріст сухої маси.

Озима пшениця належить до культур, які досить вимогливі до зволоження, особливо на окремих етапах онтогенезу. Для набубнявіння насіння необхідно 55–60% води від його повітряно-сухої маси. Нестача вологи в ґрунті в період проростання насіння та появи сходів зумовлює розтягнуті, зріджені сходи, що негативно позначається на густоті посіву і подальшій продуктивності [9].

Особливо негативно нестача вологи позначається на рослинах у фазі кущення. За низької забезпеченості ґрунту вологою знижується коефіцієнт кущення, формуються тонкі, слабкі пагони, частина з яких відмирає ще до виходу в трубку. У результаті формується менша кількість продуктивних стебел і істотно падає врожайність.

Найбільш критичними періодами щодо забезпечення водою є фази виходу в трубку – колосіння та формування і наливання зерна. У цей час рослини мають найбільшу листову поверхню, трансформація асимілянтів у генеративні

органи відбувається найбільш інтенсивно, а транспіраційні втрати значно зростають. Нестача вологи в період від виходу в трубку до цвітіння призводить до зменшення кількості колосків у колосі й квіток у колоску, а в період наливу – до формування щуплого, невиповненого зерна [32].

Оптимальною для росту й розвитку рослин озимої пшениці вважається вологість ґрунту на рівні 75–80% НВ (найменшої вологості). Витрати води впродовж усього періоду вегетації на формування врожаю озимої пшениці коливаються в межах 2500–4000 м³/га, а на утворення 1 кг сухої маси рослини використовують в середньому 300–500 л води.

Достатня кількість опадів з ранньої весни до фази колосіння сприяє інтенсивному наростанню вегетативної маси, розвитку кореневої системи та формуванню продуктивного стеблостою. Вважається, що від відновлення вегетації до колосіння рослини використовують до 70% загальної кількості води, необхідної для формування врожаю, а в період від цвітіння до молочної стиглості – близько 20% [32].

Перезволоження ґрунту також негативно впливає на ріст та розвиток рослин. Короткочасне надмірне зволоження за невисоких температур може не викликати помітного пригнічення, проте тривале затоплення призводить до дефіциту кисню в кореневій зоні, порушення дихання, загнивання коренів. За таких умов листки набувають блідо-зеленого забарвлення, сповільнюється ріст, знижується зимостійкість рослин.

Надлишкова кількість опадів упродовж весняно-літнього періоду спричиняє надмірний розвиток вегетативної маси, підвищену вологість повітря в посівах, що створює сприятливі умови для розвитку грибних хвороб (борошниста роса, іржа, септоріоз), а також збільшує ризик вилягання. Це, своєю чергою, веде до істотного недобору врожаю зерна і погіршення його якості.

Світло є основним джерелом енергії для процесу фотосинтезу. Озима пшениця належить до культур довгого дня, тому тривалість і інтенсивність освітлення мають вагомe значення для формування продуктивності [33].

Для росту пшениці важливим є не загальний потік сонячної радіації, а фотосинтетично активна радіація (ФАР) – частина спектра, яка використовується в процесі фотосинтезу. Її частка становить усього 1–3% від загальної сонячної радіації. За сприятливих умов добре сформовані посіви зернових можуть використовувати до 5% ФАР, що теоретично дозволяє сформувати до 300 ц сухої маси з 1 га.

Недостатня освітленість через загущення посівів, засміченість бур'янами або тривале похмуре літо знижує ефективність фотосинтезу й нагромадження пластичних речовин, що негативно відображається на формуванні колоса і наливі зерна [36].

Озима пшениця найкраще росте на окультурених, добре структурних ґрунтах середнього механічного складу, з достатнім вмістом гумусу і доступних форм елементів живлення. Найсприятливішими вважають чорноземи різних підтипів, темно-сірі й сірі опідзолені ґрунти, а також родючі каштанові та сірі лісові ґрунти [31].

Реакція ґрунтового розчину має бути близькою до нейтральної (рН 6,5–7,0). На кислих дерново-підзолистих ґрунтах без проведення вапнування, внесення органічних добрив і сидератів, а також без поглиблення орного шару отримання стабільно високих врожаїв є проблематичним. За належного окультурення навіть на дерново-підзолистих ґрунтах можна досягати досить високих показників урожайності.

Низьку продуктивність озима пшениця формує на солонцюватих, дуже легких піщаних та важких глинистих ґрунтах, де порушені водно-повітряний режим, структура та доступність елементів живлення. Непридатними для вирощування є ґрунти з порушеною структурою, ті, що запливають, а також ділянки з тривалим застоєм води впродовж вегетації [25].

Для умов Луцького району Волинської області характерні передусім чорноземи опідзолені, які відзначаються середнім вмістом гумусу, достатньо сприятливим гранулометричним складом, проте нерідко мають підвищену кислотність і недостатній вміст фосфору та калію. Це зумовлює необхідність

застосування раціональної системи удобрення для максимальної реалізації потенціалу сортів озимої пшениці.

1.2. Продуктивність озимої пшениці залежно від рівня мінерального живлення

Продуктивність озимої пшениці є інтегральним показником, що формується під впливом комплексу факторів – ґрунтово-кліматичних умов, рівня агротехніки, сортових особливостей та системи живлення. Серед цих чинників мінеральне живлення відіграє провідну роль, оскільки саме воно забезпечує формування кореневої системи, листкового апарату, елементів структури врожаю і показників якості зерна [29, 37].

Азот, фосфор і калій – три основні елементи живлення, що визначають рівень урожайності та якість зерна пшениці. Однак, окрім них, рослини потребують надходження цілого комплексу мезо- (сірка, магній, кальцій) і мікроелементів (залізо, мідь, бор, цинк, марганець, молібден тощо). Хоча потреба рослин у мікроелементах вимірюється сотими й тисячними частками відсотка, їх нестача або надлишок істотно впливають на ріст, розвиток і продуктивність рослин.

Дослідження, проведені в різних ґрунтово-кліматичних зонах України, показують, що за рахунок раціонального й збалансованого мінерального живлення урожайність зернових культур, у тому числі озимої пшениці, можна підвищити більш як на 50% [2, 38, 42, 56]. У сучасних умовах більшість господарств переходять на вирощування інтенсивних сортів пшениці, для яких вимоги до рівня живлення суттєво вищі, ніж у традиційних. Такі сорти можуть реалізувати свій генетичний потенціал щодо урожайності лише за умов повного забезпечення основними елементами живлення.

Бараболя О.В., Барат Ю.М., Кулик М.І., Онопрієнко О.В. [3] у результаті багаторічних дослідів установили, що комплексне застосування добрив дозволяє значною мірою нівелювати негативний вплив несприятливих погодних умов та забезпечити істотне підвищення урожайності зерна озимої пшениці. Вони відмічають особливо важливу роль поєднання основного внесення NPK із

кореневими та позакореневими підживленнями навесні. У варіантах без основного удобрення значно зростає питома роль комбінованого застосування позакорневих комплексних добрив і кореневого азотного підживлення.

Найвищий ефект досягається за повного забезпечення потреб рослини в азоті, фосфорі та калії. При цьому врожайність залежить від так званого лімітуючого елемента – тобто того, який є в найменшій доступній кількості. Порушення оптимального співвідношення азоту, фосфору і калію неминуче призводить до зниження продуктивності, погіршення якості зерна, посилення ураження рослин хворобами та пошкодження шкідниками.

У минулі десятиліття пріоритетним вважали співвідношення азоту, фосфору й калію як 1:1:1. Однак сучасна практика вирощування озимої пшениці за інтенсивною технологією показує, що за підвищених доз добрив доцільно підтримувати співвідношення на рівні 1,5:1:1 – 2:1:1 на користь азоту. Це пов'язано з тим, що за високих урожаїв винос азоту з ґрунту у 3–4 рази перевищує винос фосфору й калію, тож потреба в азоті істотно зростає [30, 33, 39].

Азот є основним пластичним елементом, який входить до складу амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, хлорофілу та низки ферментів. Він визначає інтенсивність росту вегетативної маси, ступінь кущення, розмір листової поверхні, формування колоса і накопичення білка в зерні. Відомо, що за рахунок правильного застосування азотних добрив врожайність озимої пшениці може бути підвищена на 30–50%, а вміст білка – на 1,5–3,0% [21, 24].

За достатнього азотного живлення формуються добре розвинений стеблостій, крупні колоси з більшою кількістю зернин, підвищується маса 1000 зерен. Разом з тим надлишок азоту, особливо на фоні недостатнього калійного живлення, спричиняє надмірний ріст вегетативної маси, підвищену схильність до вилягання, пізніше досягання та посилення ураження хворобами. Такі посіви важче збирати, зростають втрати зерна, а якість його часто погіршується [5, 6].

Нестача азоту на ранніх етапах органогенезу призводить до слабкого кущення, зменшення кількості продуктивних стебел і редукції колосків у колосі.

Дефіцит азоту в період інтенсивного росту стебла і колоса (V–VII етапи органогенезу) зумовлює зменшення числа квіток у колоску, а в період наливу зерна – зниження виповненості зерна та вмісту білка [4, 9, 42]. Симптомами азотного голодування є світло-зелене, інколи жовтувате забарвлення листків, передчасне їх відмирання, зменшення розмірів рослин.

Для умов чорноземів опідзолених, характерних для Волинської області, де природна забезпеченість азотом є недостатньою, азотні добрива є вирішальним фактором формування врожайності. Водночас внесення азоту має бути збалансованим із фосфорно-калійним живленням, а також диференційованим за строками – від основного внесення до ранньовесняних підживлень та, за потреби, пізніших коригувальних підживлень у фазі виходу в трубку – колосіння [16].

Професор Лихочвор В.В [32, 33] зазначає, що інтенсивне поглинання азоту рослинами починається з моменту формування кореневої системи і продовжується практично до повного досягання зерна. У ранні фази розвитку (сходи – кущення) азот засвоюється особливо інтенсивно, проте загальна його потреба восени відносно невелика – за цей період рослини використовують лише близько 8% загальної кількості азоту, потрібного для формування врожаю. Тому внесення великих доз азотних добрив восени недоцільне: надлишок азоту сприяє переростанню посівів, зниженню зимостійкості та підвищенню ризику пошкодження хворобами і шкідниками.

Реакція озимої пшениці на азот настільки виражена, що, коригуючи строки й дози внесення азотних добрив, можна суттєво впливати на всі елементи структури врожаю. Нестача азоту на початкових етапах росту погіршує процес кущення, зменшує кількість закладених колосків у колосі. Дефіцит азоту на V етапі органогенезу спричиняє зменшення кількості квіток у колоску, а в період VII–IX етапів – погіршує виповненість зерна і знижує його якість [15].

Найбільший ефект від азотних добрив спостерігається на ґрунтах із низькою природною родючістю та достатнім зволоженням. Тому для дерново-підзолистих і опідзолених чорноземів Волинської області, які характеризуються невисоким вмістом гумусу та рухомих форм азоту, саме азотне живлення має

вирішальне значення. Особливо високий ефект азоту виявляється на фоні достатнього фосфорного і калійного живлення.

Фосфор відіграє важливу роль у формуванні кореневої системи, підвищенні зимостійкості та покращенні енергетичного обміну. Рослини озимої пшениці ставлять підвищені вимоги до фосфорного живлення вже на ранніх етапах росту. Інтенсивне засвоєння фосфору починається з фази проростання насіння і триває впродовж усього періоду кушення. Нестача фосфору в цей час не може бути повністю компенсована внесенням його у пізніших фазах, оскільки вже на ранньому етапі формуються основи структури врожаю [10, 28].

За його нестачі затримується ріст коренів, слабо розвиваються вузлові корені, погіршується забезпечення рослин водою та іншими елементами живлення. У таких випадках рослини гірше переносять низькі температури, зростає ризик вимерзання. Дефіцит фосфору проявляється у вигляді темно-зеленого, інколи з фіолетовим відтінком забарвлення листків, сповільнення росту, затримки розвитку [14, 71].

Фосфорні добрива частіше за все малорозчинні, тому для максимальної ефективності їх рекомендують вносити під основний обробіток ґрунту або під передпосівну культивуацію з тим, щоб забезпечити їх рівномірний розподіл у орному шарі. Найбільш інтенсивне засвоєння фосфору рослинами озимої пшениці спостерігається у фазах виходу в трубку – колосіння, коли формуються генеративні органи і закладається потенціал врожаю, а також у період наливу зерна [11, 29].

Для чорноземів опідзолених характерним є середній або знижений вміст рухомих фосфатів, тому фосфорні добрива (в межах Р40–90 залежно від показників ґрунту та запланованої врожайності) є обов'язковим елементом системи живлення озимої пшениці [26].

Калій забезпечує формування міцної, стійкої до вилягання соломини, покращує кушення, сприяє розвитку потужної кореневої системи. Він бере участь у регуляції водного режиму, активізує процес фотосинтезу, підвищує стійкість рослин до посухи. Достатнє калійне живлення дозволяє зменшити

негативний вплив надлишкового азотного живлення, забезпечуючи більш повний перерозподіл вуглеводів із вегетативних органів у колос і зерно [14, 64].

Калій сприяє інтенсивному кущенню, формуванню добре розвиненої кореневої системи, позитивно впливає на процес наливу зерна, підвищуючи його виповненість і вирівняність. Відомо, що за достатньої забезпеченості калієм збільшується маса 1000 зерен, підвищується вміст білка в зерні, покращуються хлібопекарські властивості [13, 48, 63].

Найінтенсивніше засвоєння калію озимою пшеницею відбувається у фазі виходу в трубку – колосіння, коли формується максимальна листкова поверхня і відбувається активний ріст стебла [37]. Найбільші кількості калію накопичуються в рослинах у період цвітіння. Оптимальним строком внесення калійних добрив є основний обробіток ґрунту разом із фосфорними добривами, що дає змогу рівномірно розподілити їх у орному шарі та забезпечити доступність для кореневої системи.

При надлишковому азотному живленні без достатньої кількості калію посилюється розвиток слабко зміцнених тканин, рослини легше вилягають, частіше уражуються грибними хворобами. Достатнє калійне живлення дозволяє значною мірою нейтралізувати ці негативні наслідки, підвищуючи адаптивний потенціал посівів [22].

За даними Смірної І.В [53], мінеральні добрива істотно впливають на загальну та продуктивну кущистість озимої пшениці, а також на такі елементи структури врожаю, як довжина колоса та кількість колосків. Внесення розрахункових доз добрив у дослідках із сортами Кольчуга та Донецька 48 забезпечило збільшення кількості колосків на 25–27% порівняно з контролем. Крім того, під впливом азотних добрив значно підвищувався вміст білка і сирої клейковини в зерні, що є важливим показником хлібопекарської якості.

Позитивний вплив мінерального удобрення на продуктивність озимої пшениці підтверджено результатами численних наукових досліджень, зокрема у працях Олійника К. М. та ін. (2018), Щерби та ін. (2021), В. Іваніни й І. Коротенка (2022), Кліпакової та ін. (2021) та інших авторів [24, 27, 28, 41, 42]. Водночас, за даними вчених, повна відмова від мінеральних добрив і перехід

виключно на органічну систему удобрення є науково необґрунтованими. Як зазначають С. Дегодюк та А. Мулярчук (2023), роздільне застосування лише мінеральних або лише органічних добрив призводить до зниження врожайності озимої пшениці на 12–15 % порівняно з їх поєднаним використанням [16]. Так, за умов орґано-мінеральної системи удобрення врожайність культури становила 5,67 т/га, тоді як за мінеральної системи вона зменшувалася до 5,15 т/га, а за органічної – до 4,44 т/га.

Разом із тим, поряд із позитивним впливом мінеральних добрив на рівень урожайності, окремі дослідження вказують на можливі негативні наслідки їх надмірного застосування. Зокрема встановлено, що високі норми удобрення ($N_{150}P_{120}K_{120}$) на фоні приорювання соломи гороху як попередника озимої пшениці, незважаючи на отримання високої врожайності зерна (5,8 т/га), сприяли посиленню розвитку основних хвороб культури [22].

У зв'язку з цим під посіви озимої пшениці доцільно застосовувати орґано-мінеральну систему удобрення як найбільш збалансовану та ефективну. Зокрема, в умовах західного регіону України на сірих лісових ґрунтах за внесення мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ на фоні післядії 40 т/га гною було отримано найвищу врожайність зерна – в межах 3,55–5,20 т/га [51]. При цьому використання виключно органічної або біологізованої системи удобрення (сидерати та пожнивні рештки) виявилось значно менш ефективним за показниками продуктивності озимої пшениці.

Дослідження, проведені в умовах Західного Лісостепу на чорноземі типовому слабогумусованому, показали, що система удобрення $N_{160}P_{90}K_{120}$ у поєднанні з ранньовесняним позакореневим підживленням мікродобривами і стимуляторами росту забезпечує врожайність озимої пшениці сорту Дарунок Поділля на рівні понад 7 т/га [8].

Узагальнюючи результати багаторічних дослідів наукових установ та агрохімічних служб, для західних регіонів України рекомендують норми добрив у межах $N_{60}P_{40}K_{60}$ – $N_{200}P_{100}K_{140}$ залежно від типу ґрунту, попередників та погодних умов року. При цьому наголошується на необхідності уточнення норм

удобрення для кожного поля на основі агрохімічного обстеження ґрунтів і прогнозованої врожайності [24].

1.3. Роль мезо-- та мікроелементів у формуванні врожаю зерна озимої пшениці

Формування високої та стабільної врожайності озимої пшениці нерозривно пов'язане із збалансованим мінеральним живленням. Макро- та мікроелементи беруть участь у всіх основних фізіолого-біохімічних процесах – від проростання насіння і формування кореневої системи до наливу зерна та накопичення білка і клейковини. Недостатнє забезпечення рослин поживними елементами так само, як і їх надлишок, призводить до порушення ростових процесів, зниження стійкості до стресових факторів та погіршення якості продукції [4, 14, 42].

До основних макроелементів, які визначають рівень продуктивності озимої пшениці, належать азот, фосфор і калій. Окрім них, важливу роль відіграють сірка, магній, кальцій, а також мікроелементи – марганець, цинк, мідь, бор, молібден, залізо тощо. Усі ці елементи взаємопов'язані між собою, а ефективність їх використання залежить від ґрунтових умов, погодних факторів, рівня агротехніки та біологічних особливостей сорту [2, 42, 51].

Окрім основних макроелементів, важливу роль у живленні озимої пшениці відіграють мезоеlementи – сірка, магній, кальцій, а також мікроелементи. Навіть незначний їх дефіцит може обмежувати реалізацію потенціалу врожайності, особливо в інтенсивних технологіях [36].

Сірка входить до складу амінокислот (цистеїн, метіонін), впливає на синтез білка, формування клейковини та покращення хлібопекарських властивостей зерна. За нестачі сірки, особливо на фоні підвищених норм азоту, спостерігається зниження вмісту білка і погіршення якості клейковини, листки набувають блідо-зеленого забарвлення, подібного до азотного голодування, але більш вираженого на молодих листках [39, 45].

Магній є центральним атомом молекули хлорофілу, бере участь у фотосинтезі, активації ферментів, обміні фосфатів. Його дефіцит призводить до

міжжилкового хлорозу на старіших листках, зниження інтенсивності фотосинтезу та врожайності. Кальцій важливий для стабільності клітинних стінок, розвитку коренів, формування апікальної меристеми, особливо у фазі проростання [10].

Серед мікроелементів найважливішими для озимої пшениці є марганець, цинк, мідь, бор, молібден.

Марганець (Mn) входить до складу ферментів, що беруть участь у фотолізі води й фотосинтезі, впливає на інтенсивність фотосинтезу та засвоєння азоту. За його нестачі спостерігають світлі плями між жилками листків, зниження вмісту хлорофілу, пригнічення росту та зменшення врожайності [27].

Цинк (Zn) бере участь у синтезі ауксинів, відіграє важливу роль у формуванні кореневої системи, впливає на стійкість рослин до посухи та високих температур. Дефіцит цинку проявляється у вигляді укорочених міжвузлів, розеткоподібного вигляду рослин, зниження кущення. Особливо часто нестача Zn спостерігається на ґрунтах із високою кислотністю або при надмірному внесенні фосфорних добрив (антагонізм P–Zn) [28].

Мідь (Cu) впливає на лігніфікацію клітинних стінок, забезпечує міцність стебел, підвищує стійкість до вилягання, бере участь у диханні й окисно-відновних процесах. За її нестачі стебла стають крихкими, посіви більше вилягають, знижується життєздатність пилку, погіршується озерненість колоса.

Бор (B) необхідний для нормального росту конуса наростання, поділу клітин, утворення пилку та запліднення. При його дефіциті погіршується запилення і запліднення, формується менше зернин у колосі, зростає частка щуплого зерна [35].

Молібден (Mo) входить до складу ферментів нітратредуктази та нітрогенази, забезпечує відновлення нітратів до амонійної форми, яка засвоюється рослинами. Його нестача знижує ефективність використання азотних добрив, що особливо небезпечно на кислих ґрунтах [31].

Результати численних досліджень свідчать, що збалансована система живлення озимої пшениці забезпечує оптимальний розвиток усіх елементів структури врожаю – кількості продуктивних стебел, числа колосків і зернин у

колосі, маси 1000 зерен, виповненості й вирівняності зерна. За достатнього забезпечення макро- та мікроелементами покращуються показники кількості та якості білка, сирого клейковини, підвищуються хлібопекарські властивості зерна [42, 51, 64].

Таким чином, роль макро- та мікроелементів у формуванні врожаю озимої пшениці є комплексною та багатогранною. Будь-який дисбаланс у системі живлення – як за абсолютним рівнем забезпечення, так і за співвідношенням окремих елементів – неминуче призводить до втрат врожайності та погіршення якості зерна. Особливо актуальним питання оптимізації мінерального живлення є для умов чорноземів опідзолених Волинської області, де природна забезпеченість окремими елементами є недостатньою, а інтенсивні сорти пшениці, такі як Колонія, потребують високого рівня та збалансованості живлення для повної реалізації свого продуктивного потенціалу.

РОЗДІЛ 2.

ПРИРОДНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальна характеристика господарства

Дослідження за темою кваліфікаційної магістерської роботи проводилися у виробничих умовах товариства з обмеженою відповідальністю «*****», яке розташоване на території *****нської територіальної громади Луцького району Волинської області. Підприємство належить до великих аграрних формувань регіону та спеціалізується на вирощуванні зернових і технічних культур.

Загальна площа земель сільськогосподарського призначення становить близько 11 000 га, з яких переважну частку займає рілля. У структурі посівних площ провідне місце посідають озима пшениця, кукурудза на зерно, ріпак озимий, соняшник та ярі зернові культури. Значна частка озимої пшениці зумовлена її високим економічним значенням, стабільним попитом на зерно та доброю адаптованістю культури до ґрунтово-кліматичних умов регіону.

Господарство має достатній рівень матеріально-технічного забезпечення, що дозволяє виконувати всі основні агротехнічні операції в оптимальні строки. Використання сучасної ґрунтообробної, посівної та збиральної техніки сприяє підвищенню продуктивності рослинництва та зменшенню виробничих витрат. У виробничій діяльності застосовуються інтенсивні та ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур.

Важливою особливістю господарства є раціональна організація структури посівних площ і дотримання науково обґрунтованих сівозмін, що забезпечує стабільний фітосанітарний стан полів та ефективне використання поживних речовин ґрунту [20]. Значна увага приділяється підтриманню родючості ґрунтів шляхом застосування мінеральних добрив, оптимізації системи обробітку ґрунту та впровадження агротехнічних заходів, спрямованих на збереження його структури.

Виробничі умови ТОВ «*****» є типовими для більшості аграрних підприємств Волинської області, що дозволяє вважати результати досліджень

репрезентативними та придатними для практичного впровадження у виробництво.

2.2. Ґрунтовий покрив господарства та чинники його формування

Ґрунтовий покрив території ТОВ «*****» сформувався під впливом комплексу природних факторів, зокрема клімату, рельєфу, материнських порід, рослинності та гідрологічного режиму, характерних для зони Західного Лісостепу [1, 4, 11]. За ґрунтово-географічним районуванням на орних землях господарства переважають чорноземи опідзолені.

Чорнозем опідзолений характеризується середньою потужністю гумусового горизонту, яка в середньому становить 22–25 см, та сприятливими агрофізичними властивостями. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту коливається в межах 2,5–3,2%, що відповідає середньому рівню природної родючості [12]. Реакція ґрунтового розчину — слабокисла або близька до нейтральної (рН 5,8–6,5), що є оптимальним для вирощування озимої пшениці [28].

Таблиця 2.1. – Агрохімічна характеристика орного шару чорнозему опідзоленого (0–30 см)

Показник	Одиниця вимірювання	Значення
Щільність складення	г/см ³	1,26
Вміст гумусу	%	2,7
Реакція ґрунтового розчину (рН с)	-	6,1
Ємність катіонного обміну	мг-екв/100 г	23,2
Легкогідролізований азот (N)	мг/кг	102
Рухомий фосфор (P ₂ O ₅)	мг/кг	88
Обмінний калій (K ₂ O)	мг/кг	96

Примітка. Аналіз ґрунту проведено за загальноприйнятими методиками агрохімічних досліджень [2, 12, 20].

Чорноземи опідзолені відзначаються відносно високою ємністю катіонного обміну, що забезпечує здатність ґрунту утримувати поживні елементи у доступній для рослин формі [23]. Разом із тим процеси опідзолення

зумовлюють часткове вимивання кальцію та магнію, що необхідно враховувати при розробці систем удобрення.

За забезпеченістю поживними елементами ґрунти господарства характеризуються середнім рівнем вмісту рухомих форм фосфору та калію і недостатнім вмістом легкогідролізованого азоту [58]. Така особливість ґрунтів зумовлює необхідність застосування науково обґрунтованих норм азотних добрив для забезпечення високої продуктивності озимої пшениці.

Фізичні властивості ґрунту характеризуються доброю структурністю, середньою щільністю складення та задовільною водопроникністю. Проте за умов інтенсивного використання важкої техніки можливе ущільнення орного шару, що вимагає дотримання оптимальних строків проведення польових робіт і впровадження заходів щодо збереження ґрунтової структури [18].

2.3. Кліматична характеристика та погодні умови періоду досліджень

Клімат території господарства помірно континентальний, з м'якою зимою та теплим літом, що є типовим для північно-західної частини України. Середньорічна температура повітря становить 7,5–8,0°C. Найхолоднішим місяцем є січень, а найтеплішим – липень.

Сума активних температур за період із середньодобовою температурою повітря понад 10°C становить 2400–2600°C, що забезпечує повний цикл росту та розвитку озимої пшениці [22]. Безморозний період триває 150–160 днів.

Середньорічна кількість атмосферних опадів складає 600–650 мм, основна їх частина припадає на весняно-літній період. Такі умови загалом є сприятливими для вирощування зернових культур, однак нерівномірний розподіл опадів упродовж вегетації може негативно впливати на формування врожаю [15].

Зміну показників середньомісячних температур за період досліджень проілюстровано на рис. 2.1 та у таблиці 2.2.

У 2023/2024 рр. середньомісячні температури протягом осіннього періоду були вищими за багаторічні середні значення, зокрема у вересні та жовтні (14,5–9,1°C), що створило сприятливі умови для своєчасних сходів, куціння та

доброго укорінення озимої пшениці. Зимовий період характеризувався відносно м'якими температурними умовами ($-0,9 \dots -2,8^{\circ}\text{C}$), без різких і тривалих морозів, що зменшило ризик вимерзання рослин. Ранньовесняне підвищення температур у березні–квітні сприяло активному відновленню вегетації та інтенсивному росту, а помірно теплі умови травня–червня позитивно вплинули на формування генеративних органів і потенціалу врожайності.

Таблиця 2.2 – Середньомісячні температури повітря за період вегетації озимої пшениці, $^{\circ}\text{C}$

Місяць	Багаторічна середня	2023/2024	2024/2025
Вересень	13,8	14,5	17,2
Жовтень	8,2	9,1	8,0
Листопад	2,6	3,4	1,5
Грудень	-1,8	-0,9	-0,8
Січень	-4,3	-2,8	0,5
Лютий	-3,1	-1,7	-3,0
Березень	2,1	3,0	5,4
Квітень	8,3	9,2	10,0
Травень	14,1	15,0	18,5
Червень	17,6	18,3	20,1
Липень	18,9	19,6	19,5

У 2024/2025 рр. відзначалося істотніше перевищення середньомісячних температур над багаторічними нормами, особливо у вересні, березні та травні–червні. Підвищені температури восени забезпечили швидкий розвиток сходів і інтенсивне кушіння озимої пшениці, однак могли скорочувати тривалість осінньої вегетації. Зима була загалом теплою, з позитивною середньомісячною температурою у січні, що сприяло добрій перезимівлі посівів, але могло знижувати рівень зимового загартування рослин. Високі температури навесні та на початку літа активізували ріст і розвиток культури, прискорювали проходження фенологічних фаз, що за достатнього вологозабезпечення є сприятливим фактором формування врожаю, а за дефіциту вологи — може призводити до стресу та скорочення періоду наливу зерна.

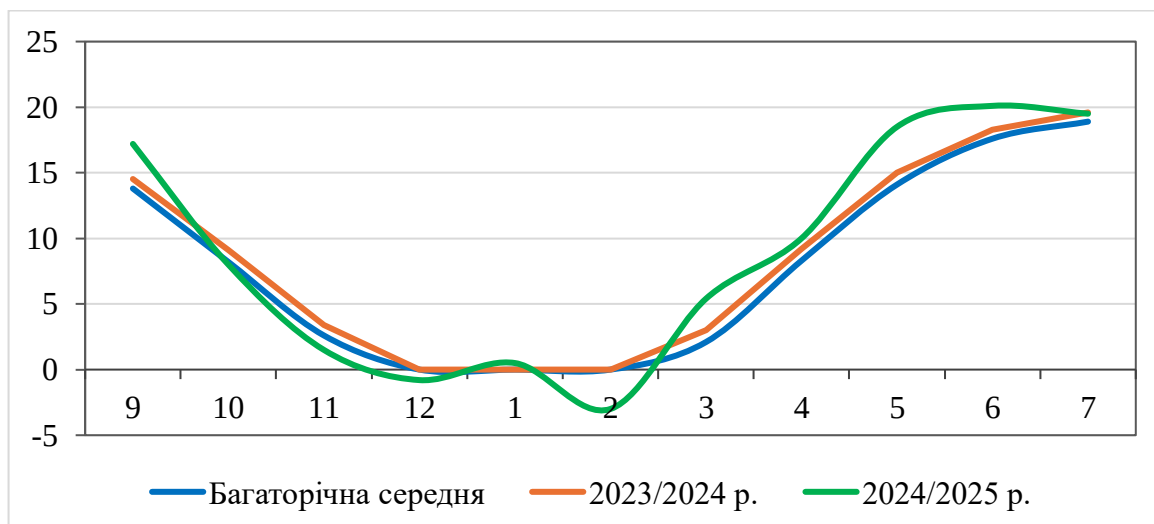


Рисунок 2.1 – Розподіл температур повітря впродовж періоду досліджень

Також у період проведення досліджень простежували відхилення у кількості опадів від середніх багаторічних показників (рис. 2.2, табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Кількість атмосферних опадів за період вегетації озимої пшениці, мм

Місяць	Багаторічна норма	2023/2024 р.	2024/2025 р.
Вересень	58	46	62
Жовтень	52	49	128
Листопад	41	44	48
Грудень	38	35	31
Січень	32	30	40
Лютий	34	37	33
Березень	39	42	13
Квітень	53	48	60
Травень	71	68	67
Червень	84	91	82
Липень	79	72	30
Разом за період	581	562	594

У 2023/2024 рр. кількість опадів за вегетаційний період озимої пшениці була дещо нижчою за багаторічну норму (562 мм проти 581 мм). В осінній період спостерігався помірний дефіцит вологи у вересні–жовтні, що могло дещо стримувати початковий ріст і кущіння рослин, однак у листопаді умови

зволоження наблизилися до оптимальних. Зимові місяці характеризувалися опадами на рівні або близькому до норми, що сприяло накопиченню ґрунтової вологи. Навесні та на початку літа розподіл опадів був загалом сприятливим, а підвищена кількість опадів у червні позитивно вплинула на процеси колосіння та наливу зерна.

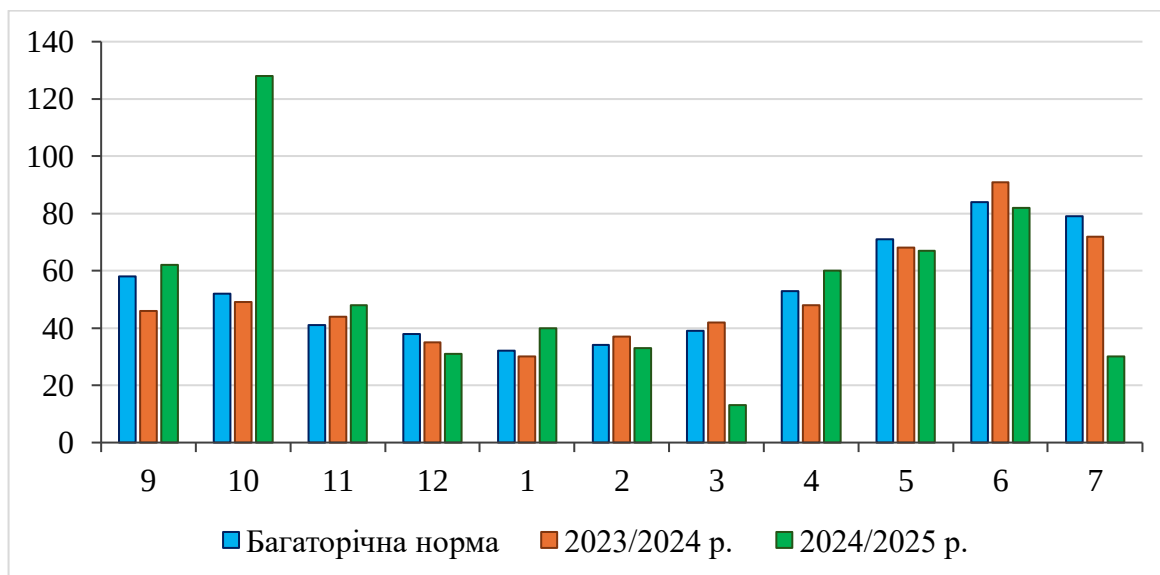


Рисунок 2.2 – Режим зволоження періоду досліджень

У 2024/2025 рр. загальна сума опадів перевищила багаторічну норму і становила 594 мм, проте їх розподіл протягом року був нерівномірним. Надмірна кількість опадів у жовтні та достатнє зволоження восени загалом сприяли доброму розвитку посівів і формуванню потужної кореневої системи. Водночас істотний дефіцит опадів у березні створював ризик забезпечення вологою на початку весняної вегетації, що могло негативно впливати на відновлення росту рослин. Подальше покращення умов зволоження у квітні–червні забезпечило сприятливі умови для інтенсивного росту, формування врожайності та частково компенсувало ранньовесняну нестачу вологи.

Особливо важливими для озимої пшениці є погодні умови осіннього періоду, оскільки саме в цей час формується рівень кущення та закладається потенціал продуктивності культури. Недостатнє зволоження в період сівби та сходів може призводити до зрідження посівів [22].

Зимовий період часто супроводжується чергуванням відлиг і короткочасних похолодань, що за відсутності стійкого снігового покриву може

негативно впливати на перезимівлю рослин [3]. Весняно-літній період є визначальним для формування врожаю, оскільки саме в цей час відбувається інтенсивний ріст рослин, закладання та налив зерна.

2.4. Методика проведення досліджень

Полеві дослідження проводилися відповідно до загальноприйнятих методик агрономічних досліджень із дотриманням принципів повторності, варіантності та систематичності. Метою досліджень було встановлення впливу різних норм мінерального живлення на ріст, розвиток і продуктивність озимої пшениці в умовах чорнозему опідзоленого.

Дослід закладали у триразовому повторенні. Площа облікової ділянки становила 35–50 м², загальна площа – до 60 м². Розміщення варіантів було систематичним. Усі агротехнічні заходи, за винятком норм удобрення, були однаковими для всіх варіантів.

Таблиця 2.4 – Схема полевого дослід з вивчення впливу норм мінерального живлення на продуктивність озимої пшениці

Варіант дослід	Характеристика варіанту
1	Контроль – без внесення добрив
2	N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀
3	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀
4	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀
5	N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀

У досліді використовували такі форми добрив: суперфосфат гранульований (19–20% P₂O₅) та хлористий калій (K₂O – 60%) – вносили під основний обробіток восени. Азотні добрива розділили на частини: кількість N₃₀₋₄₀ вносили восени під сівбу у формі аміачної селітри. Решту азоту вносили весною, залежно від варіанту дослід: N₃₀₋₆₀ – у ранньовесняне підживлення (карбамід, варіанти 2–5), та N₃₀₋₅₀ – у фазі виходу в трубку (аміачна селітра, варіанти 3–5).

Протягом вегетації проводили фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин, визначали густоту стояння, коефіцієнт кущення, висоту рослин, кількість продуктивних стебел та елементи структури врожаю [7]. Урожайність визначали шляхом суцільного обліку з кожної ділянки з подальшим перерахунком на гектар.

Статистичну обробку результатів здійснювали методом варіаційної статистики, що дозволило оцінити достовірність отриманих даних та виявити закономірності впливу досліджуваних факторів [36].

2.5. Агротехніка вирощування озимої пшениці та характеристика сорту

Агротехніка вирощування озимої пшениці у досліді відповідала зональним рекомендаціям для умов Волинської області [16, 22]. Попередником культури був озимий ріпак. Основний обробіток ґрунту включав лущення стерні та оранку на глибину 22–25 см.

Сівбу проводили у другій декаді вересня кондиційним насінням. Норма висіву становила 5,0 млн схожих зерен на 1 га. У дослідженнях використовували сорт озимої пшениці Колонія, який характеризується високим потенціалом урожайності, доброю зимостійкістю та стійкістю до вилягання [8, 28]. Сорт озимої пшениці Колонія був розроблений французькою компанією Limagrain та внесений до Державного реєстру України у 2013 році [17]. Це середньостигла культура з періодом вегетації від 265 до 285 днів. Найкращі показники врожайності сорт демонструє при вирощуванні в природно-кліматичних зонах Полісся та Лісостепу.

Сорт належить до цінних пшениць хлібопекарського призначення, добре реагує на підвищений рівень мінерального живлення та здатний формувати зерно з високими показниками якості навіть за нестабільних погодних умов [17].

Таблиця 2.5 – Основні елементи агротехніки вирощування озимої пшениці у досліді

Агротехнічний захід	Характеристика
---------------------	----------------

Попередник	Ріпак озимий
Основний обробіток ґрунту	Оранка на глибину 22–25 см
Строк сівби	Друга декада вересня
Норма висіву	5,0 млн схожих зерен/га
Сорт	Колонія

За даними таблиці 2.5, у досліді застосовано типову для умов Волинської області технологічну схему вирощування озимої пшениці, яка забезпечує належні передумови для формування високої продуктивності посівів. Використання озимого ріпаку як попередника сприяє покращенню фітосанітарного стану поля та створює сприятливі умови для накопичення вологи й доступних елементів живлення. Основний обробіток у вигляді оранки на 22–25 см забезпечує якісне розпушення орного шару та формування оптимальної структури ґрунту під сівбу. Проведення сівби у другу декаду вересня відповідає оптимальним строкам для зони й дозволяє рослинам сформувати достатньо розвинену кореневу систему та вузол кущення до перезимівлі. Норма висіву 5,0 млн схожих зерен/га спрямована на отримання оптимальної густоти стояння рослин і вирівняного стеблостою. Використання сорту Колонія забезпечує сортову однорідність посівів, що підвищує достовірність оцінювання впливу досліджуваних факторів на ріст, розвиток і врожайність озимої пшениці.

РОЗДІЛ 3

ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ (результати досліджень)

3.1. Морфологічна будова, фізичні та фізико-хімічні властивості чорнозему опідзоленого

Морфологічна будова ґрунту є важливим показником його генезису та рівня родючості, оскільки визначає умови формування кореневої системи рослин, водно-повітряний режим і ефективність використання поживних речовин. На дослідній ділянці ТОВ «*****» ґрунтовий покрив представлений чорноземом опідзоленим, сформованим у результаті поєднання дернового процесу ґрунтоутворення з елементами опідзолення.

Ґрунтовий профіль чорнозему опідзоленого має чітко виражену генетичну диференціацію за горизонтами, що свідчить про активний перебіг ґрунтоутворних процесів. У межах орного шару спостерігається достатній вміст гумусу та сприятлива структура, яка забезпечує добру аерацію й водопроникність [46].

Морфологічна характеристика ґрунтового профілю:

- Не (0–30 см) – гумусово-аккумулятивний горизонт, темно-сірого забарвлення, зернисто-грудкуватої структури, добре розпушений, з великою кількістю коренів культурних рослин;
- Неі (30–48 см) – перехідний горизонт, сірий, менш структурний, щільніший, з поодинокими коренями;
- Іп (48–70 см) – ілювіальний горизонт, світло-сірий, щільний, з підвищеним вмістом глинистих часток;
- Рі (понад 70 см) – материнська порода, слабоілювіювана, представлена лесоподібними суглинками.

Така будова профілю є типовою для чорноземів опідзолених Волинської області й створює сприятливі умови для росту та розвитку озимої пшениці за умови оптимального мінерального живлення.

Фізичні властивості ґрунту суттєво впливають на формування врожаю, оскільки визначають доступність води й поживних елементів. Оптимальна щільність складення орного шару сприяє формуванню добре розвиненої кореневої системи, що є важливою передумовою ефективного засвоєння елементів живлення.

Таблиця 3.1 – Фізичні властивості орного шару чорнозему опідзоленого (0–30 см)

Показник	Одиниця виміру	Значення
Щільність складення	г/см ³	1,24
Загальна пористість	%	54,2
Водопроникність	мм/год	2,8
Найменша вологоємність	%	28,6
Максимальна гігроскопічність	%	7,9

Примітка. Показники визначені за загальноприйнятими методиками ґрунтознавства [20].

Отримані дані свідчать, що фізичні властивості чорнозему опідзоленого є загалом сприятливими для вирощування озимої пшениці. Водночас за інтенсивного землеробства важливим залишається дотримання оптимальних агротехнічних строків, щоб запобігти ущільненню ґрунту та погіршенню його водно-повітряного режиму [18].

Фізико-хімічні властивості ґрунту визначають рівень його потенційної та ефективної родючості, а також здатність забезпечувати рослини поживними елементами протягом вегетації [49]. Для озимої пшениці особливе значення мають реакція ґрунтового розчину, вміст гумусу та забезпеченість основними елементами живлення.

Вміст гумусу в орному шарі становить у середньому 2,7% (табл. 3.2), що відповідає середньому рівню родючості. Гумус відіграє ключову роль у формуванні структури ґрунту, акумуляції поживних елементів і регуляції водного режиму [8].

Чорнозем опідзолений дослідної ділянки характеризується слабокислою реакцією ґрунтового розчину (рН 6,0–6,3), що є близькою до оптимальної для озимої пшениці (табл. 3.2). Така реакція забезпечує високу доступність

фосфору та калію й сприяє активній мікробіологічній діяльності. При такій кислотності виключається ризик токсичного впливу рухомих форм алюмінію, а ґрунт не потребує проведення заходів з хімічної меліорації, таких як вапнування. Низька гідролітична кислотність (1,92 ммоль/100 г) додатково підтверджує стабільність хімічного складу ґрунту, що є характерним для типових опідзолених чорноземів.

Високий рівень родючості підтверджується станом ґрунтового вбирного комплексу (ГВК). Ступінь насичення основами складає 92,1%, що за агрономічними мірками класифікується як дуже високий показник. Це означає, що переважна частина ємності поглинання (23,22 ммоль/100 г) заповнена катіонами кальцію та магнію. Така насиченість гарантує високу буферність ґрунту, тобто його здатність протистояти різким змінам кислотності при інтенсивному внесенні мінеральних добрив. У сукупності ці чинники створюють оптимальний гідротермічний та поживний режим, що сприяє реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів озимої пшениці.

Забезпеченість легкогідролізованим азотом є недостатньою, що зумовлює необхідність застосування підвищених норм азотних добрив. Вміст рухомих форм фосфору та обмінного калію відповідає середньому рівню забезпеченості, проте за інтенсивних технологій вирощування ці запаси швидко вичерпуються [13, 15].

**Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні властивості чорнозему опідзоленого
(орний шар 0–30 см)**

Показник	Одиниця виміру	Значення
Вміст гумусу	%	2,7
pH сольове	—	6,1
Гідролітична кислотність	ммоль/100 г ґрунту	1,92
Сума ввібраних основ	ммоль/100 г ґрунту	21,4
Ємність поглинання	ммоль/100 г ґрунту	23,22
Ступінь насичення основами	%	92,1

Таким чином, фізико-хімічні властивості чорнозему опідзоленого створюють загалом сприятливі умови для вирощування озимої пшениці, проте ефективна реалізація потенціалу культури можлива лише за умови застосування науково обґрунтованих норм мінеральних добрив, особливо азотних.

3.2. Вміст поживних елементів у ґрунті за різних норм удобрення озимої пшениці

Рівень мінерального живлення озимої пшениці значною мірою визначається вмістом доступних для рослин форм поживних елементів у ґрунті. Застосування різних норм мінеральних добрив змінює агрохімічні показники орного шару, що, у свою чергу, впливає на інтенсивність ростових процесів, формування елементів продуктивності та кінцеву врожайність культури [21, 26].

Для оцінки впливу мінерального удобрення на поживний режим чорнозему опідзоленого визначали вміст легкогідролізного азоту, рухомих форм фосфору та обмінного калію в орному шарі ґрунту (0–30 см) залежно від норм удобрення озимої пшениці.

Для оцінки забезпеченості ґрунту поживними елементами використовували загальноприйняті градації агрохімічної оцінки [2]. Перед закладанням дослідів ґрунт характеризувався такими показниками: азот – низька забезпеченість (102 мг/кг), фосфор – середня забезпеченість (88 мг/кг), калій – середня забезпеченість (96 мг/кг) (табл. 3.3) [58].

Аналіз динаміки вмісту основних поживних елементів у чорноземі опідзоленому протягом вегетаційного періоду озимої пшениці свідчить про інтенсивне використання ґрунтових запасів азоту, фосфору та калію. Внесення мінеральних добрив сприяло істотному підвищенню концентрації доступних форм поживних елементів у ґрунті, причому ступінь зростання залежав від норми удобрення.

Таблиця 3.3 – Вміст поживних елементів у чорноземі опідзоленому (0–30 см) за різних норм удобрення

Варіант досліджу	Легкогідролізний азот (N)	Рухомий фосфор (P ₂ O ₅)	Обмінний калій (K ₂ O)
	мг/кг ґрунту		
	перед закладанням досліджу		
	102	88	96
	перед збиранням врожаю		
Контроль (без добрив)	68	62	75
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	90	72	89
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	100	85	92
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀	110	97	101
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	115	110	112

Аналіз динаміки вмісту азоту в чорноземі опідзоленому вказує на інтенсивне споживання цього елемента озимою пшеницею протягом вегетації. На контрольних ділянках без внесення добрив концентрація азоту знижується на 33% від початкового рівня, падаючи зі 102 до 68 мг/кг. Застосування мінеральних добрив дозволяє поступово компенсувати цей дефіцит: доза N₉₀P₆₀K₉₀ практично стабілізує вміст елемента на вихідному рівні (100 мг/кг), а інтенсивні схеми живлення (N_{120–150}) забезпечують позитивний баланс, підвищуючи вміст азоту до 110–115 мг/кг на момент збирання врожаю.

Динаміка рухомих сполук фосфору демонструє аналогічну тенденцію до виснаження природних запасів на неудобреному фоні, де показник зменшується з 88 до 62 мг/кг. Внесення фосфорних добрив у складі комплексних сумішей виступає дієвим інструментом підтримання фосфатного режиму. Починаючи з дози P₈₀, фіксується перевищення початкового фону, а за максимальної норми P₁₀₀ вміст елемента в ґрунті зростає до 110 мг/кг, що створює сприятливі умови для наступних культур у сівозміні.

Вміст обмінного калію (K₂O) у досліджуваному ґрунті без додаткового підживлення скорочується з 96 до 75 мг/кг, що свідчить про значний винос елемента рослинами для формування соломини та зерна. Стабілізація калійного

режиму досягається при внесенні дози K_{120} , яка дозволяє вийти на показник 101 мг/кг. Найвища доза калійних добрив (K_{150}) забезпечує зростання концентрації до 112 мг/кг, що на 16% перевищує рівень перед закладанням досліду, підтверджуючи ефективність розширеного відтворення калію в ґрунті.

Отримані результати свідчать, що застосування мінеральних добрив значно покращує поживний режим чорнозему опідзоленого. Особливо чітка залежність простежується щодо азоту, який є лімітуючим елементом у даних ґрунтово-кліматичних умовах. Водночас надмірне підвищення норм удобрення може призводити до накопичення поживних елементів понад оптимальний рівень, що зумовлює необхідність подальшої оцінки їх впливу на ріст, розвиток і продуктивність озимої пшениці.

3.3. Особливості росту та розвитку озимої пшениці за різних норм мінерального удобрення

Ріст і розвиток озимої пшениці є складним біологічним процесом, який визначається поєднанням генетичних особливостей сорту, ґрунтово-кліматичних умов та рівнем забезпечення рослин елементами мінерального живлення. Збалансоване мінеральне живлення сприяє інтенсивному формуванню вегетативної маси, оптимальному куццю, розвитку генеративних органів і, в кінцевому підсумку, забезпечує формування високої врожайності зерна [25, 37].

Проведені дослідження показали, що різні норми мінерального удобрення істотно впливали на проходження фенологічних фаз розвитку озимої пшениці сорту Колонія, тривалість окремих міжфазних періодів та морфометричні показники рослин.

В умовах досліду строки настання основних фаз розвитку озимої пшениці змінювалися залежно від рівня мінерального живлення. За варіанту без внесення добрив відмічалось деяке уповільнення ростових процесів, що проявлялось у пізнішому настанні фаз куццю (12.10), виходу в трубку (22.04) та колосіння (18.05) (табл. 3.4). Внесення мінеральних добрив сприяло активізації фізіолого-біохімічних процесів і прискорювало розвиток рослин.

Таблиця 3.4 – Строки настання основних фенологічних фаз озимої пшениці залежно від норм удобрення

Варіант досліджу	Кущення	Вихід у трубку	Колосіння	Цвітіння
Контроль (без добрив)	12.10	22.04	18.05	24.05
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	09.10	19.04	15.05	21.05
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	08.10	17.04	13.05	19.05
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀	06.10	15.04	11.05	17.05
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	05.10	14.04	10.05	16.05

Отримані дані свідчать, що за підвищення норм удобрення строки настання фаз розвитку зміщувалися у бік більш ранніх дат. Найбільш виражений ефект відмічено у варіантах із внесенням N₁₂₀P₈₀K₁₂₀ та N₁₅₀P₁₀₀K₁₅₀, де колосіння наставало на 7–8 днів раніше порівняно з контролем. Це зумовлено кращою забезпеченістю рослин азотом і фосфором, які відіграють ключову роль у процесах клітинного поділу та формуванні генеративних органів.

Мінеральне удобрення суттєво впливало на лінійний ріст рослин озимої пшениці. Висота рослин є інтегральним показником, що відображає інтенсивність ростових процесів і рівень забезпечення поживними речовинами [41]. Встановлено, що зі збільшенням норм добрив висота рослин поступово зростала (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Висота рослин озимої пшениці залежно від рівня мінерального живлення

Варіант досліджу	Висота рослин у фазі виходу в трубку, см	Висота рослин перед збиранням, см
Контроль (без добрив)	54	72
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	60	78
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	66	83
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀	71	88
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	74	92

Порівняно з контролем, висота рослин у варіанті N₁₅₀P₁₀₀K₁₅₀ зроста на 20 см, що свідчить про високий рівень азотного живлення та активне

наростання вегетативної маси. Водночас надмірне зростання висоти рослин може підвищувати ризик вилягання, тому такі норми добрив потребують застосування ретардантів, що було враховано в агротехніці досліді.

Кущення є одним із найважливіших елементів формування врожаю озимої пшениці. Воно залежить як від сортових особливостей, так і від рівня мінерального живлення, особливо азотного [36]. Результати досліджень показали, що застосування добрив позитивно впливало на загальну та продуктивну кущистість рослин (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Кущистість та збереженість рослин озимої пшениці залежно від норм удобрення

Варіант досліді	Загальна кущистість, шт./рослину	Продуктивна кущистість, шт./рослину	Збереженість рослин до збирання, %
Контроль (без добрив)	2,1	1,5	82
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	2,4	1,8	85
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	2,7	2,1	88
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀	3,0	2,4	91
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	3,2	2,6	93

Найвищі показники загальної та продуктивної кущистості зафіксовано у варіантах із внесенням N₁₂₀P₈₀K₁₂₀ та N₁₅₀P₁₀₀K₁₅₀. Приріст продуктивної кущистості порівняно з контролем становив відповідно 0,9–1,1 шт./рослину, що створювало передумови для формування більшої кількості продуктивних стебел на одиниці площі.

Динаміка виживання у весняний період тісно пов'язана з азотним фоном. Внесення азоту в дозах N₆₀₋₁₅₀ забезпечує інтенсивну регенерацію пошкоджених взимку тканин та стимулює кущення. При низьких дозах (N₆₀P₄₀K₆₀ – збереженість 85%) частина пагонів відмирає через трофічну конкуренцію. Проте за умов високого фону (N₁₅₀P₁₀₀K₁₅₀ – збереженість 93%) забезпечується оптимальний гомеостаз рослинного організму, що дозволяє посівам успішно протистояти стресовим чинникам (посуха, температурні коливання) та зберігати високу густоту продуктивного стеблостою.

Таким чином, результати досліджень свідчать, що рівень мінерального удобрення істотно впливає на ріст і розвиток озимої пшениці. Оптимальні умови для формування добре розвинених рослин із високою продуктивною кущистістю створювалися за внесення норм $N_{90-120}P_{60-80}K_{90-120}$. Подальше підвищення норм добрив сприяло збільшенню біометричних показників, однак вимагало додаткових агротехнічних заходів для запобігання вилягання посівів.

3.4. Зміна структури врожаю озимої пшениці сорту Колонія за різних умов мінерального живлення

Структура врожаю озимої пшениці формується як результат взаємодії генетичних особливостей сорту та умов вирощування, насамперед забезпеченості рослин елементами живлення. Найбільший вплив мінеральне удобрення має на формування продуктивного стеблостою, продуктивність колоса (кількість зерен та їх маса) і масу 1000 зерен, що безпосередньо визначає рівень урожайності [7, 14, 45].

У дослідженнях аналізували основні елементи структури врожаю: кількість продуктивних стебел на одиниці площі, довжину колоса, кількість колосків, кількість зерен у колосі, масу зерна з колоса та масу 1000 зерен. Одержані результати наведено в таблиці 3.8.

Найвагоміші зміни під впливом удобрення відзначено за кількістю продуктивних стебел. Порівняно з контролем (360 шт./м²) внесення $N_{60}P_{40}K_{60}$ підвищило показник до 410 шт./м², а за $N_{120}P_{80}K_{120}$ сформувався найбільш вирівняний і густий продуктивний стеблостій – 510 шт./м². Подальше підвищення норми добрив до $N_{150}P_{100}K_{150}$ забезпечило лише незначний приріст (до 535 шт./м²), що свідчить про наближення до біологічної межі реалізації кущення для даних умов [54, 55].

Зі зростанням рівня живлення підвищувались довжина колоса, кількість колосків і кількість зерен у колосі. У контролі середня кількість зерен становила 34,8 шт., тоді як за $N_{120}P_{80}K_{120}$ – 44,8 шт., а за $N_{150}P_{100}K_{150}$ – 46,1 шт. Це узгоджується з тим, що достатнє фосфорне й азотне живлення на етапах

органогенезу сприяє формуванню більшої кількості квіток і кращій їх реалізації у зернівки.

**Таблиця 3.7 – Елементи структури врожаю озимої пшениці сорту
Колонія залежно від норм удобрення**

Варіант дослідів	Продуктивні стебла, шт./м ²	Довжина колоса, см	Колосків у колосі, шт.	Зерен у колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г
Контроль (без добрив)	360	8,1	16,2	34,8	1,18	39,5
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	410	8,6	16,9	37,9	1,30	40,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	460	9,1	17,5	41,2	1,43	41,2
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀	510	9,5	18,0	44,8	1,55	42,0
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	535	9,7	18,2	46,1	1,59	42,3

Маса зерна з колоса зростала від 1,18 г (контроль) до 1,55–1,59 г (N₁₂₀-150P₈₀₋₁₀₀K₁₂₀₋₁₅₀). Маса 1000 зерен підвищувалась поступово, досягаючи 42,0–42,3 г у найбільш удобрених варіантах, що свідчить про краще забезпечення рослин поживними речовинами у фазі наливу зерна.

**Таблиця 3.8 – Розрахункова (біологічна) врожайність озимої пшениці
за елементами структури**

Варіант дослідів	Продуктивні стебла, шт./м ²	Маса зерна з колоса, г	Біологічна врожайність, т/га
Контроль (без добрив)	360	1,18	4,25
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	410	1,30	5,33
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	460	1,43	6,58
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀	510	1,55	7,91
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	535	1,59	8,51

Отже, мінеральне удобрення істотно покращувало ключові елементи структури врожаю озимої пшениці сорту Колонія. Найбільш виражений вплив спостерігався щодо формування продуктивного стеблостою та зростання маси зерна з колоса. За результатами структурного аналізу найбільш збалансованими

за сукупністю показників були варіанти $N_{90-120}P_{60-80}K_{90-120}$, тоді як максимальна норма $N_{150}P_{100}K_{150}$ забезпечувала приріст, але з тенденцією до зменшення ефективності додаткових доз добрив, що потребує подальшої оцінки за фактичною врожайністю та економічною доцільністю.

3.5. Врожайність озимої пшениці Колонія за різних норм мінеральних добрив

Врожайність є інтегральним показником, який відображає сумарний вплив ґрунтово-кліматичних умов, агротехніки та рівня мінерального живлення на формування продукції озимої пшениці. За результатами підрозділів 3.2–3.4 встановлено, що підвищення норм удобрення сприяло покращенню поживного режиму ґрунту, інтенсифікації росту і розвитку рослин та формуванню кращих елементів структури врожаю, що закономірно мало відобразитися на фактичній врожайності зерна [40, 56].

Облік урожаю проводили суцільним збиранням облікової площі ділянок із подальшим перерахунком на 1 га. Врожайність приводили до стандартної вологості (14%) та 100% чистоти зерна за загальноприйнятими методиками.

Результати досліджень урожайності озимої пшениці у 2024 році свідчать про високу ефективність мінерального удобрення на чорноземі опідзоленому, де показники варіювали від 4,35 т/га на контролі до 8,30 т/га за інтенсивної схеми живлення. Застосування мінімальної дози $N_{60}P_{40}K_{60}$ забезпечило приріст урожайності на 1,05 т/га, тоді як подальше збільшення норм добрив до $N_{150}P_{100}K_{150}$ дозволило отримати максимальну продуктивність, що практично вдвічі перевищує рівень варіанту без добрив. Усі зафіксовані прирости є статистично значущими, оскільки суттєво перевищують показник найменшої істотної різниці HP_{05} , який становив 0,21 т/га.

У 2025 вегетаційному році спостерігалася аналогічна позитивна реакція культури на внесення добрив, хоча загальний рівень урожайності був дещо нижчим порівняно з попереднім періодом, складаючи 4,10 т/га на контрольному варіанті та 8,05 т/га при максимальному рівні інтенсифікації. Перехід від середніх ($N_{90}P_{60}K_{90}$) до високих доз ($N_{120}P_{80}K_{120}$) забезпечив

вагомий стрибок урожайності з 6,40 до 7,60 т/га, підтверджуючи високу окупність мінеральних ресурсів. Достовірність отриманих даних підкріплюється показником НІР₀₅ на рівні 0,24 т/га, що вказує на стабільність впливу досліджуваних чинників на формування продуктивності озимої пшениці в мінливих гідротермічних умовах року.

Таблиця 3.9 – Врожайність озимої пшениці сорту Колонія залежно від норм удобрення (т/га)

Варіант досліджу	2024 р.	2025 р.	Середній врожай	Приріст до контролю	
				т/га	%
Контроль (без добрив)	4,35	4,10	4,22	-	-
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	5,40	5,18	5,29	1,07	25,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	6,62	6,40	6,51	2,29	54,3
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀	7,85	7,60	7,72	3,50	82,9
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	8,30	8,05	8,18	3,96	93,8
НІР ₀₅	0,10	0,13	0,18		

За два роки досліджень максимальну врожайність забезпечили варіанти з підвищеними нормами мінерального живлення. На контролі врожайність становила в середньому 4,22 т/га, що відповідає умовам недостатнього забезпечення доступним азотом і середнього рівня забезпеченості фосфором та калієм (див. 3.2–3.3).

Внесення N₆₀P₄₀K₆₀ підвищило врожайність до 5,29 т/га, тобто на 1,07 т/га порівняно з контролем. Подальше зростання норм добрив спричинило закономірне збільшення врожайності: за N₉₀P₆₀K₉₀ вона становила 6,51 т/га, а за N₁₂₀P₈₀K₁₂₀ – 7,72 т/га.

Найвищий показник отримано у варіанті N₁₅₀P₁₀₀K₁₅₀ – 8,18 т/га. Однак, порівняно з варіантом N₁₂₀P₈₀K₁₂₀, додатковий приріст становив лише 0,46 т/га, що вказує на зниження віддачі від підвищення дози добрив у верхньому діапазоні норм і потребує подальшої оцінки економічної доцільності.

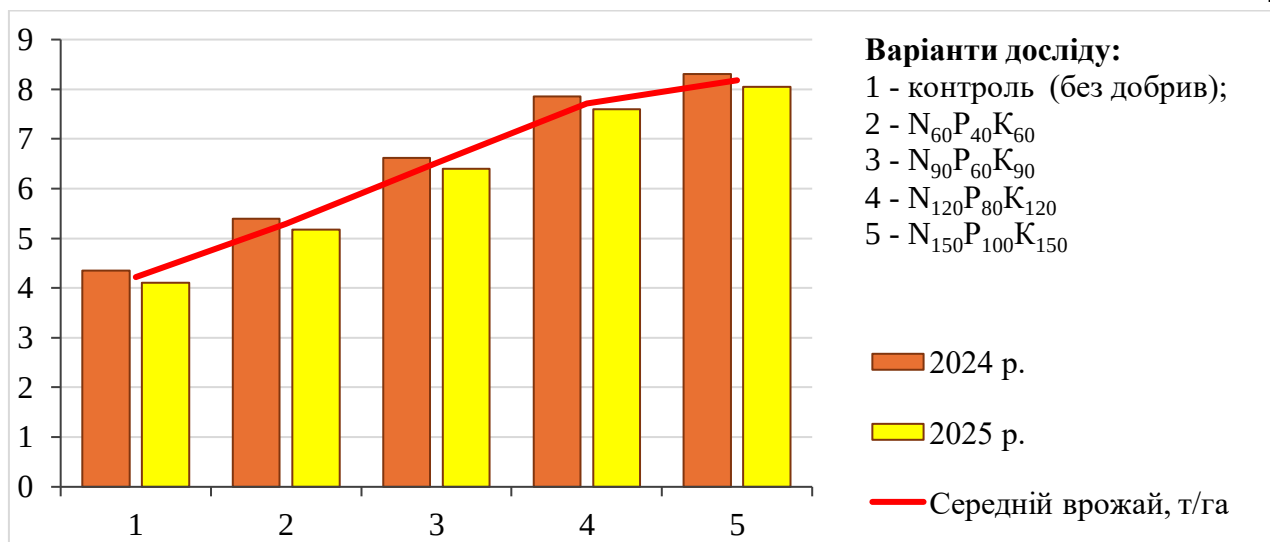


Рисунок 3.1 – Врожайність озимої пшениці Колонія за роки досліджень за різних норм удобрення

Рівень фактичної врожайності узгоджується з результатами аналізу структури врожаю (табл. 3.7–3.8): зі зростанням норм удобрення збільшувалися продуктивний стеблостій і маса зерна з колоса, що забезпечувало вищий потенціал урожайності. При цьому фактичні значення врожаю були дещо нижчими за розрахункові біологічні показники, що є закономірним і пояснюється впливом умов збирання, втратами під час обмолоту, а також неоднорідністю посівів у межах виробничих умов.

Отже, застосування мінеральних добрив на чорноземі опідзоленому в умовах Волинської області забезпечило істотне та статистично підтверджене підвищення врожайності озимої пшениці сорту Колонія. Найбільш виражений ефект отримано при внесенні $N_{90-120}P_{60-80}K_{90-120}$, тоді як подальше збільшення норми до $N_{150}P_{100}K_{150}$ підвищувало врожайність, але з тенденцією до зменшення приросту від додаткових доз добрив, що потребує обґрунтування з позицій якості зерна та економічної ефективності.

3.6. Якість зерна озимої пшениці залежно від рівня мінерального удобрення

Якість зерна озимої пшениці є одним із найважливіших показників ефективності технології вирощування, оскільки вона визначає харчову, кормову та технологічну цінність урожаю. Основними показниками якості зерна

пшениці є вміст білка, вміст сирової клейковини, натура зерна та маса 1000 зерен. Формування цих показників значною мірою залежить від рівня та збалансованості мінерального живлення, особливо забезпеченості рослин азотом у критичні фази росту і розвитку [63, 67].

Проведені дослідження показали, що застосування мінеральних добрив істотно впливало не лише на врожайність, а й на якісні показники зерна озимої пшениці сорту Колонія.

Вміст білка і сирової клейковини є ключовими показниками, які визначають хлібопекарські властивості зерна. Відомо, що азотне живлення відіграє провідну роль у синтезі білкових сполук, тоді як фосфор і калій сприяють кращому використанню азоту та формуванню повноцінного зерна [60, 68].

Таблиця 3.11 – Вміст білка та сирової клейковини в зерні озимої пшениці залежно від норм удобрення (середнє за 2024-2025 рр.)

Варіант досліджу	Вміст білка,%	Вміст сирової клейковини,%
Контроль (без добрив)	11,8	22,6
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	12,6	24,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	13,4	26,9
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀	14,1	28,8
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	14,5	29,6

Аналіз даних таблиці 3.11 свідчить, що вміст білка в зерні зростав пропорційно до підвищення норм мінерального удобрення. Порівняно з контролем, застосування N₁₂₀P₈₀K₁₂₀ забезпечило підвищення вмісту білка на 2,3%, а сирової клейковини – на 6,2%. Подальше збільшення дози добрив до N₁₅₀P₁₀₀K₁₅₀ сприяло лише незначному зростанню цих показників, що свідчить про зменшення ефективності додаткових доз азоту на завершальних етапах формування зерна.

Результати проведених досліджень підтверджують закономірний позитивний вплив мінерального удобрення на білкову продуктивність озимої пшениці, що реалізується через одночасне зростання врожайності та концентрації сирового білка в зерні. Згідно з отриманими даними, загальний збір

білка з одиниці площі на контрольному варіанті склав лише 0,50 т/га при вмісті протеїну 11,8% (рис. 3.2). Інтенсифікація живлення призвела до суттєвого нарощування цього показника: застосування середньої норми $N_{90}P_{60}K_{90}$ підвищило збір білка до 0,87 т/га, а внесення максимальної дози $N_{150}P_{100}K_{150}$ дозволило досягти значення 1,19 т/га за вмісту білка 14,5%. Таким чином, збалансоване мінеральне живлення на чорноземі опідзоленому забезпечує більш ніж двократне збільшення виходу рослинного білка порівняно з природним фоном, що свідчить про високу метаболічну ефективність внесених добрив у процесах синтезу азотистих сполук.

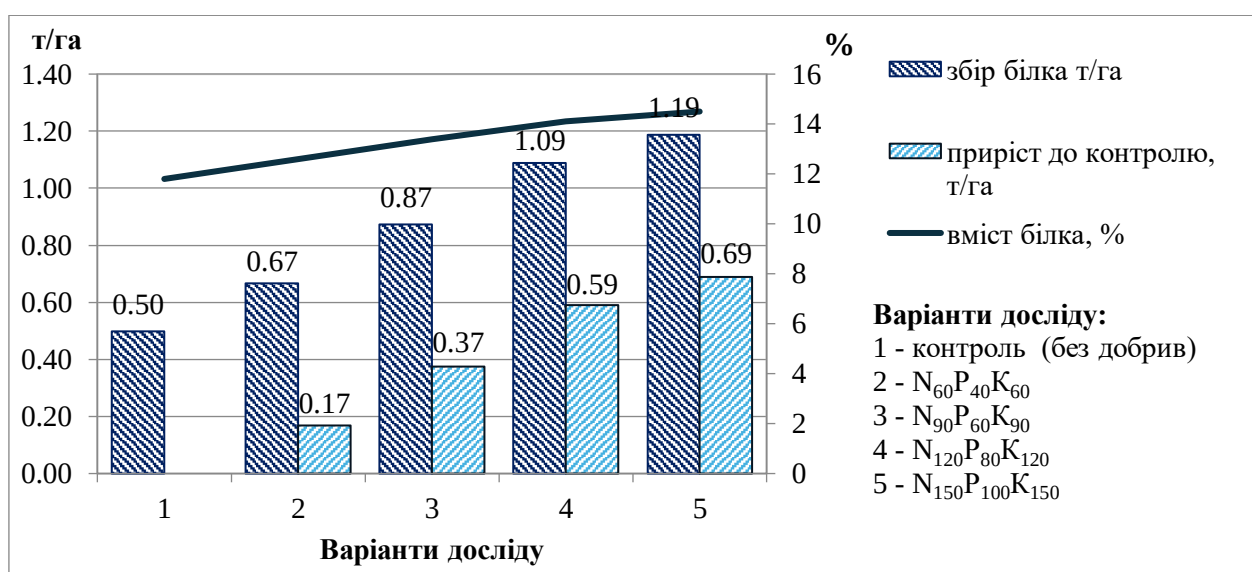


Рисунок 3.2 – Вміст білка (%) та збір білка (т/га) за різних норм удобрення озимої пшениці

Натура зерна характеризує його виповненість і щільність, а маса 1000 зерен – крупність та умови наливу. Ці показники формуються під впливом забезпеченості рослин поживними речовинами та водою у фазі молочно-воскової і повної стиглості [61].

Таблиця 3.12 – Фізичні показники якості зерна озимої пшениці залежно від рівня удобрення

Варіант дослідження	Натура зерна, г/л	Маса 1000 зерен, г
Контроль (без добрив)	748	39,5
$N_{60}P_{40}K_{60}$	760	40,4
$N_{90}P_{60}K_{90}$	772	41,2

N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀	785	42,0
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	788	42,3

За результатами досліджень встановлено, що внесення мінеральних добрив позитивно впливало на виповненість зерна. Найвищу натуру зерна (785–788 г/л) отримано у варіантах N₁₂₀P₈₀K₁₂₀ та N₁₅₀P₁₀₀K₁₅₀, що відповідало вимогам до зерна продовольчого призначення.

Аналіз впливу різних норм мінеральних добрив на масу 1000 зерен озимої пшениці сорту Колонія свідчить про стабільну позитивну кореляцію між рівнем живлення та виповненістю зерна. На контрольному варіанті без внесення добрив цей показник склав 39,5 г, що є базовим рівнем продуктивності сорту в умовах природної родючості чорнозему опідзоленого.

Застосування мінімальної дози добрив N₆₀P₄₀K₆₀ призвело до зростання маси 1000 зерен до 40,4 г. Абсолютний приріст відносно контролю склав 0,9 г, що свідчить про покращення умов формування зернівки вже за початкового рівня інтенсифікації живлення.

Внесення середньої норми N₉₀P₆₀K₉₀ забезпечило подальше збільшення маси до 41,2 г. Приріст до контрольного варіанту досяг 1,7 г, що вказує на більш сприятливий гідротермічний режим у тканинах рослини та активне транспортування асимілятів до репродуктивних органів.

При підвищенні дози добрив до N₁₂₀P₈₀K₁₂₀ маса 1000 зерен зросла до 42,0 г. Показник приросту до контролю склав 2,5 г, демонструючи високу ефективність даної норми для оптимізації процесів наливу зерна та досягнення високої якості врожаю.

Максимальна доза мінерального живлення N₁₅₀P₁₀₀K₁₅₀ забезпечила найвищий показник маси 1000 зерен на рівні 42,3 г. У порівнянні з контролем приріст становив 2,8 г, що підтверджує здатність сорту Колонія ефективно використовувати високий агрофон для формування великої та виповненої зернівки.

Комплексна оцінка якості зерна озимої пшениці показала, що оптимальне поєднання високої врожайності та поліпшених хлібопекарських властивостей

досягалося за внесення норм $N_{90-120}P_{60-80}K_{90-120}$. Подальше підвищення норми добрив до $N_{150}P_{100}K_{150}$ забезпечувало деяке покращення показників якості, проте різниця порівняно з попереднім варіантом була статистично менш вираженою, що вимагає економічного обґрунтування доцільності таких норм.

Таким чином, мінеральне удобрення істотно впливало на формування якісних показників зерна озимої пшениці сорту Колонія. Найвищі значення вмісту білка, сирової клейковини, натури зерна та маси 1000 зерен отримано у варіантах із середніми та підвищеними нормами добрив. Це підтверджує, що раціональне та збалансоване мінеральне живлення є ключовим чинником підвищення як врожайності, так і якості зерна озимої пшениці.

3.7. Оцінка економічної доцільності та енергетичної ефективності удобрення озимої пшениці

Ефективність застосування мінеральних добрив у технології вирощування озимої пшениці визначається не лише рівнем врожайності та якістю зерна, а й економічною та енергетичною доцільністю їх використання. В умовах зростання вартості мінеральних добрив особливого значення набуває оцінка окупності витрат та раціональності застосування різних норм мінерального живлення [14, 42].

Економічну ефективність визначали шляхом порівняння додаткових витрат на добрива та технологічні операції з додатковим доходом, отриманим за рахунок приросту врожайності. Енергетичну ефективність оцінювали за співвідношенням енергії, акумульованої в урожаю зерна, та сумарних енерговитрат на його виробництво [44, 51, 57].

При економічних розрахунках враховували вартість мінеральних добрив, витрати на їх внесення, валовий дохід від реалізації зерна, умовно-чистий прибуток, рівень рентабельності (РР). Вихідні дані для розрахунків: ціна зерна озимої пшениці – 9 000 грн/т; ціна мінеральних добрив – за середніми ринковими показниками; інші витрати – однакові для всіх варіантів.

Економічна ефективність вирощування озимої пшениці на чорноземі опідзоленому демонструє виражену залежність від інтенсивності мінерального

удобрення, що підтверджується послідовним зростанням вартості валової продукції. Згідно з результатами досліджень, мінімальне значення вартості продукції зафіксовано на контрольному варіанті (37 980 грн/га), тоді як поступове збільшення норм добрив забезпечило лінійне зростання цього показника до максимальної позначки 73 620 грн/га при застосуванні дози $N_{150}P_{100}K_{150}$. Таке суттєве збільшення грошової виручки обумовлене прямою кореляцією між рівнем мінерального живлення та врожайністю культури, що дозволяє понад як у 1,9 рази перевищити економічний результат неудобреного фону.

Таблиця 3.13 – Економічна ефективність вирощування озимої пшениці залежно від норм удобрення (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант	Врожайність, т/га	Вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно- чистий прибуток, грн/га	РР, %
Контроль (без добрив)	4,22	37 980	21 400,0	16 580,0	77,5
$N_{60}P_{40}K_{60}$	5,29	47 610	24 670,0	22 940,0	93,0
$N_{90}P_{60}K_{90}$	6,51	58 590	27 600,0	30 990,0	112,3
$N_{120}P_{80}K_{120}$	7,72	69 480	29 850,0	39 630,0	132,8
$N_{150}P_{100}K_{150}$	8,18	73 620	33 650,0	39 970,0	118,8

Виробничі витрати на вирощування культури також мають тенденцію до зростання паралельно з інтенсифікацією технології, що пов'язано з високою вартістю мінеральних добрив та додатковими витратами на їх внесення і логістику врожаю. Якщо на контролі сума витрат склала 21 400 грн/га, то використання інтенсивної схеми $N_{150}P_{100}K_{150}$ збільшило видаткову частину до 33 650 грн/га. Попри абсолютне зростання собівартості технологічного циклу, темпи приросту вартості отриманої продукції випереджають темпи збільшення витрат, що вказує на високу агрономічну та економічну віддачу від кожної одиниці внесених діючих речовин NPK.

Собівартість вирощеного зерна є найвищою на ділянці контролю – 5071 грн/т (рис. 3.3). У наступних варіантах собівартість вирощування зменшується, оскільки суттєво зростає врожайність – до варіанту з нормою удобрення

$N_{120}P_{80}K_{120}$ – 3866 грн/т. Подальше збільшення норми добрив до $N_{150}P_{100}K_{150}$ підвищує рентабельність вирощування до 4113 грн/т, оскільки витрати на добрива є більшими, ніж очікуваний приріст врожаю.

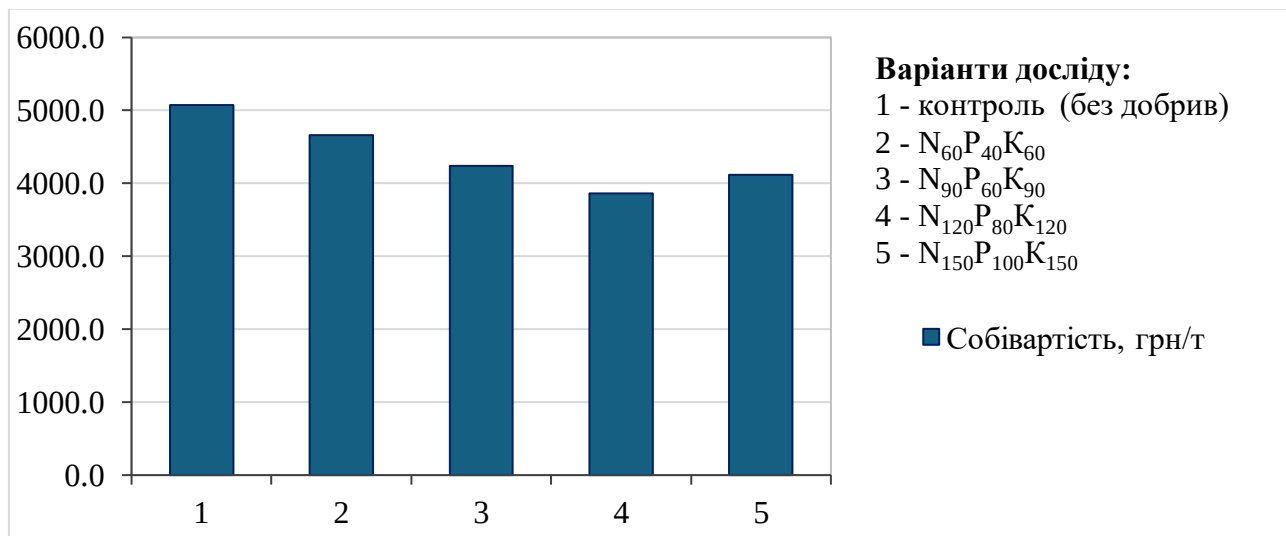


Рисунок 3.3 – Собівартість 1 т зерна озимої пшениці Колонія за різних норм удобрення

Показник умовно-чистого прибутку відображає високу рентабельність інвестицій у мінеральні добрива, досягаючи свого піку при застосуванні підвищених норм живлення. Найнижчий прибуток отримано без застосування добрив (16 580 грн/га), тоді як внесення $N_{120}P_{80}K_{120}$ та $N_{150}P_{100}K_{150}$ дозволило акумулювати понад 39 600 грн/га чистого доходу. Важливо зазначити, що різниця у прибутку між двома найвищими дозами добрив є мінімальною (лише 340 грн/га), що свідчить про наближення до межі граничної економічної ефективності при переході до максимальної норми N_{150} .

Аналіз рівня рентабельності (РР) виявляє складну динаміку, де найвищу окупність витрат забезпечує варіант $N_{120}P_{80}K_{120}$ із показником 132,8%. Порівняно з контролем (77,5%), усі варіанти з внесенням добрив демонструють значно вищу економічну стійкість, проте при застосуванні максимальної норми $N_{150}P_{100}K_{150}$ спостерігається зниження рентабельності до 118,8%. Це вказує на те, що хоча максимальна доза і забезпечує найбільший валовий збір, з точки зору ефективності використання кожної інвестованої гривні оптимальною для даного сорту на чорноземі опідзоленому є доза $N_{120}P_{80}K_{120}$.

Енергетичну ефективність визначали шляхом розрахунку енерговитрат на виробництво зерна та енергоемності врожаю. Для цього використовували нормативні коефіцієнти енергетичної цінності зерна пшениці (14,7 МДж/кг) та енергетичних витрат на добрива і технологічні операції.

Енергетична ефективність вирощування озимої пшениці на чорноземі опідзоленому характеризується стійкою динамікою зростання як сукупних енерговитрат, так і енергії отриманого врожаю залежно від інтенсивності мінерального удобрення. Згідно з результатами досліджень, мінімальні витрати енергії зафіксовані на контрольному варіанті без добрив (42,1 ГДж/га), тоді як поступове нарощування норм добрив призводить до збільшення антропогенних енерговитрат до 58,9 ГДж/га при застосуванні дози $N_{150}P_{100}K_{150}$ (табл. 3.14). Це зростання зумовлене високою енергоемністю виробництва та транспортування мінеральних добрив, що складають основну частку в структурі енергетичних витрат сучасних агротехнологій.

Показник енергії врожаю демонструє більш виражену позитивну реакцію на оптимізацію живлення, що свідчить про високу здатність сорту трансформувати внесені ресурси в біологічну масу. Якщо на контролі енергія продукції склала 62,0 ГДж/га, то використання помірних доз (N_{60-N90}) дозволило підвищити цей показник до 77,7–95,7 ГДж/га. Найвищий вихід енергії зафіксовано на варіантах з інтенсивним живленням ($N_{120}P_{80}K_{120}$ та $N_{150}P_{100}K_{150}$), де він досяг 113,4 та 120,3 ГДж/га відповідно, що майже вдвічі перевищує рівень варіанту без застосування добрив.

Таблиця 3.14 – Енергетична ефективність вирощування озимої пшениці залежно від рівня удобрення

Варіант	Енерговитрати, ГДж/га	Енергія врожаю, ГДж/га	КЕЕ
Контроль (без добрив)	42,1	62,0	1,47
$N_{60}P_{40}K_{60}$	46,8	77,7	1,66
$N_{90}P_{60}K_{90}$	50,5	95,7	1,89
$N_{120}P_{80}K_{120}$	54,3	113,4	2,09
$N_{150}P_{100}K_{150}$	58,9	120,3	2,04

Коефіцієнт енергетичної ефективності зростав зі збільшенням норм удобрення до $N_{120}P_{80}K_{120}$, де досяг максимального значення 2,09, що свідчить про високу окупність енергетичних витрат. Подальше підвищення норм добрив до $N_{150}P_{100}K_{150}$ призводило до зростання енерговитрат швидшими темпами, ніж приріст енергії врожаю, внаслідок чого коефіцієнт знижувався до 2,04.

Отже, економічна та енергетична оцінка показала, що:

- застосування мінеральних добрив є економічно доцільним у всіх досліджуваних варіантах;
- найбільш оптимальним за поєднанням врожайності, якості зерна, прибутковості та енергетичної окупності є варіант $N_{120}P_{80}K_{120}$;
- подальше підвищення норм удобрення забезпечує приріст урожайності, проте супроводжується зменшенням рентабельності та енергетичної ефективності.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування помірно підвищених норм мінеральних добрив при вирощуванні озимої пшениці сорту Колонія на чорноземі опідзоленому в умовах Волинської області.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці та захист населення є обов'язковими складовими сучасного сільськогосподарського виробництва. Вирощування озимої пшениці супроводжується виконанням значної кількості технологічних операцій, пов'язаних із використанням сільськогосподарської техніки, мінеральних добрив, засобів захисту рослин, що створює потенційні виробничі ризики для працівників. Тому забезпечення безпечних умов праці, дотримання вимог техніки безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки є необхідною умовою стабільної роботи аграрного підприємства [49, 51].

Даний розділ виконано відповідно до вимог чинного законодавства України з охорони праці та цивільного захисту населення і базується на аналізі умов виробничої діяльності ТОВ «*****» Луцького району Волинської області [49].

4.1. Аналіз стану охорони праці у господарстві

ТОВ «*****» є багатогалузевим аграрним підприємством із загальною площею сільськогосподарських угідь близько 11 000 га, основним напрямом діяльності якого є вирощування зернових і технічних культур, зокрема озимої пшениці. У господарстві використовується сучасна сільськогосподарська техніка, мінеральні добрива, пестициди, що потребує суворого дотримання вимог охорони праці.

Система охорони праці в господарстві організована відповідно до Закону України «Про охорону праці» та інших нормативно-правових актів. Відповідальність за стан охорони праці покладена на керівника підприємства та спеціаліста з охорони праці, який здійснює контроль за дотриманням правил безпеки під час виконання виробничих робіт.

На підприємстві проводяться вступний, первинний, повторний та позаплановий інструктажі з охорони праці, навчання працівників безпечним

методам роботи, періодичні медичні огляди осіб, зайнятих на роботах із підвищеною небезпекою.

Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту (спецодяг, спецвзуття, рукавиці, респіратори), що особливо важливо при роботі з мінеральними добривами та засобами захисту рослин [51].

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами при вирощуванні озимої пшениці є:

- рухомі частини машин і механізмів;
- підвищений рівень шуму та вібрації;
- пи́л та аерозолі мінеральних добрив;
- токсична дія пестицидів;
- несприятливі метеорологічні умови.

Аналіз показав, що загальний стан охорони праці у ТОВ «*****» можна оцінити як задовільний, однак він потребує постійного вдосконалення та оновлення інструкцій з урахуванням сучасних технологій вирощування культур.

4.2. Покращення гігієни праці, пожежної безпеки і техніки безпеки при вирощуванні озимої пшениці

Для підвищення рівня безпеки праці при вирощуванні озимої пшениці необхідно дотримуватися комплексу організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів.

Під час виконання польових робіт важливе значення має раціональна організація робочого часу, дотримання режимів праці та відпочинку, особливо в періоди підвищених фізичних навантажень. При роботі з добривами та пестицидами працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання, шкіри та зору [51].

Рекомендується забезпечити наявність пересувних пунктів для миття рук, дотримуватися правил особистої гігієни після завершення робіт і не допускати до роботи осіб без відповідного навчання та медичного огляду. Для зменшення виробничого травматизму необхідно використовувати лише справну та сертифіковану сільськогосподарську техніку, проводити регулярний технічний

огляд машин і агрегатів, дотримуватися правил безпеки під час агрегування та експлуатації техніки, а також забороняти виконання ремонтних робіт при працюючому двигуні. Особливу увагу слід приділяти роботам із внесення мінеральних добрив та обприскування посівів, де існує ризик хімічного ураження організму [49]. Пожежна безпека при вирощуванні озимої пшениці має важливе значення, особливо в період збирання врожаю, тому у господарстві необхідно забезпечити техніку первинними засобами пожежогасіння, заборонити куріння та використання відкритого вогню на полях, проводити інструктажі з пожежної безпеки перед початком жнив і дотримуватися протипожежних розривів між полями та лісосмугами.

4.3. Захист населення у надзвичайних ситуаціях

Заходи з організації захисту населення від надзвичайних ситуацій різного походження мають охоплювати не лише дії під час безпосереднього виникнення аварій чи стихійних лих, а й механізми прогнозування, запобігання таким подіям та подолання їх негативних наслідків. Розв'язання цих завдань повинно здійснюватися на основі комплексного підходу з поєднанням технічних, організаційних, інформаційних і медико-біологічних аспектів діяльності. Важливу роль при цьому відіграє налагодження співпраці та узгоджених дій між усіма суб'єктами, відповідальними за цивільний захист населення, зокрема центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, добровільними громадськими об'єднаннями, а також підприємствами всіх форм власності та їх відповідними підрозділами.

Захист населення та працівників підприємства у разі виникнення надзвичайних ситуацій здійснюється відповідно до вимог Кодексу цивільного захисту України. В аграрному виробництві потенційну небезпеку можуть становити пожежі на полях і складах, аварії сільськогосподарської техніки, отруєння пестицидами, а також стихійні лиха, зокрема буревії, посухи та зливи [51]. У ТОВ «*****» розроблено план реагування на надзвичайні ситуації, який включає своєчасне оповіщення працівників, проведення евакуаційних заходів, надання першої медичної допомоги постраждалим і організацію взаємодії з

підрозділами ДСНС та медичними службами. Для підвищення рівня готовності підприємства до можливих надзвичайних ситуацій доцільно регулярно проводити навчання і тренування персоналу, своєчасно оновлювати плани цивільного захисту та забезпечувати підприємство необхідними засобами першої допомоги й індивідуального захисту.

Отже, забезпечення належного рівня охорони праці та захисту населення у надзвичайних ситуаціях є важливою умовою ефективного та безпечного вирощування озимої пшениці в умовах ТОВ «*****». Реалізація комплексу профілактичних заходів сприяє зниженню виробничого травматизму, збереженню здоров'я працівників та підвищенню стабільності аграрного виробництва.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього природного середовища є невід'ємною складовою сталого розвитку сільськогосподарського виробництва. Інтенсивне вирощування озимої пшениці із застосуванням мінеральних добрив, засобів захисту рослин та сучасної техніки потребує науково обґрунтованого підходу до збереження ґрунтових, водних та біологічних ресурсів. Раціональне природокористування дає змогу не лише зменшити негативний вплив на довкілля, а й забезпечити стабільну продуктивність агроєкосистем у довгостроковій перспективі [8, 14].

У даному розділі розглянуто основні напрями охорони навколишнього природного середовища при вирощуванні озимої пшениці в умовах ТОВ «*****» Луцького району Волинської області.

5.1. Охорона ґрунтів

Ґрунт є основним засобом виробництва в сільському господарстві, а його родючість визначає рівень урожайності сільськогосподарських культур. На території ТОВ «*****» переважають чорноземи опідзолені, які за умови раціонального використання мають високий потенціал продуктивності, проте є чутливими до деградаційних процесів, зокрема водної ерозії, ущільнення та зниження вмісту гумусу [26].

Основними чинниками негативного впливу на ґрунти під час вирощування озимої пшениці є інтенсивний механічний обробіток ґрунту, надмірне або незбалансоване застосування мінеральних добрив, порушення сівозмін, а також ущільнення ґрунту важкою сільськогосподарською технікою. З метою збереження та підвищення родючості ґрунтів у господарстві доцільно впроваджувати науково обґрунтовані сівозміни з включенням бобових і сидеральних культур, оптимізувати систему основного та поверхневого обробітку ґрунту, вносити органічні добрива для підтримання позитивного балансу гумусу та застосовувати мінеральні добрива відповідно до результатів агрохімічного обстеження ґрунтів. Раціональне використання добрив дає змогу

не лише підвищити врожайність озимої пшениці, а й зменшити ризик забруднення ґрунту залишками нітратів та інших хімічних сполук [12].

5.2. Охорона атмосферного повітря

Сільськогосподарське виробництво є джерелом викидів у атмосферне повітря, які виникають під час роботи двигунів внутрішнього згоряння, внесення мінеральних добрив, обприскування посівів та транспортування продукції. Основними забруднювачами повітря є оксиди азоту, вуглецю, пилові частинки та пари агрохімікатів [18].

У процесі вирощування озимої пшениці в умовах ТОВ «*****» важливим завданням є зменшення негативного впливу сільськогосподарської діяльності на атмосферне повітря. Це досягається насамперед шляхом використання сучасної сільськогосподарської техніки з пониженим рівнем шкідливих викидів, своєчасного та якісного технічного обслуговування машинно-тракторного парку, а також дотримання встановлених регламентів внесення мінеральних добрив і засобів захисту рослин. Важливу роль відіграє впровадження технологій точного землеробства, які дають змогу оптимізувати норми застосування агрохімікатів, зменшити їх перевитрати та, відповідно, скоротити викиди забруднюючих речовин у повітря. Особливу увагу слід приділяти вибору сприятливих погодних умов для проведення обприскувань, що дозволяє мінімізувати знесення препаратів повітряними потоками та знизити рівень забруднення атмосферного повітря і прилеглих територій. Комплексне впровадження зазначених заходів сприяє поліпшенню екологічного стану довкілля, підвищенню екологічної безпеки виробництва та сталому розвитку аграрного підприємства.

5.3. Охорона водних ресурсів

Застосування мінеральних і органічних добрив у сільськогосподарському виробництві може становити потенційну загрозу для якості підземних вод, особливо за умов надмірного надходження поживних елементів у водоносні горизонти. Неорганічні добрива, характеризуючись високою розчинністю,

мають підвищену здатність до міграції в ґрунтовому профілі та, відповідно, більший ризик вимивання у підземні води порівняно з органічними формами. Особливу екологічну небезпеку становить азот у нітратній формі, який здатний накопичуватися у джерелах питного водопостачання. Підвищені концентрації нітратів у воді негативно впливають на стан здоров'я людини, зокрема створюють ризики для немовлят і вагітних жінок.

Органічні добрива, на відміну від мінеральних, забезпечують більш повільне та поступове вивільнення поживних речовин, що істотно знижує імовірність їх вимивання у ґрунтові води. Завдяки контрольованому характеру мінералізації органічної речовини мінімізується негативний вплив на якість підземних вод. Крім того, внесення органічних добрив сприяє поліпшенню агрофізичних властивостей ґрунту, зокрема його водоутримуючої здатності, що зменшує поверхневий стік і втрати поживних речовин шляхом інфільтрації.

З огляду на виняткову роль водних ресурсів у функціонуванні екосистем і життєдіяльності людини, з метою охорони поверхневих водних об'єктів навколо озер, ставків, а також уздовж річок встановлюються водоохоронні зони, в межах яких господарська діяльність регламентується та обмежується. Основним призначенням таких зон є запобігання забрудненню вод, збереження природного гідрологічного режиму водних об'єктів і захист прибережної флори та фауни. У межах водоохоронних зон забороняється застосування стійких і сильнодіючих пестицидів. Додатково виділяються прибережні захисні смуги, ширина яких для малих річок становить 25 м, а за крутизни прилеглих схилів понад 3° вона подвоюється [18]. Прибережні захисні смуги не допускається використовувати під ріллю, а також у їх межах забороняється зберігання та внесення добрив і пестицидів, миття й технічне обслуговування сільськогосподарської техніки.

У господарстві необхідно дотримуватися таких заходів з охорони водних ресурсів:

- суворе дотримання норм і строків внесення мінеральних добрив;
- недопущення внесення добрив у прибережних захисних смугах;

- облаштування майданчиків для зберігання добрив і пестицидів із водонепроникним покриттям;
- запобігання змиву ґрунту і поживних речовин у водні об'єкти.
- раціональна система удобрення, що передбачає розподіл азотних добрив на декілька внесень, зменшує втрати поживних елементів і ризик забруднення водного середовища.

5.4. Охорона флори та фауни

Збереження біорізноманіття є важливим завданням сучасного аграрного виробництва. Інтенсивне землеробство може негативно впливати на природні екосистеми, зменшуючи чисельність корисних комах, птахів і дикорослих рослин [58].

Для охорони флори та фауни в умовах ТОВ «*****» доцільно:

- зберігати лісосмуги та природні біотопи;
- застосовувати інтегровані системи захисту рослин;
- обмежувати використання пестицидів із високою токсичністю;
- проводити обприскування у вечірній або ранковий час для зменшення шкоди для запилювачів.

Поєднання інтенсивних технологій вирощування озимої пшениці з природоохоронними заходами дозволяє зберегти екологічну рівновагу та забезпечити довготривалу продуктивність агроландшафтів.

Таким чином, охорона навколишнього природного середовища при вирощуванні озимої пшениці в умовах ТОВ «*****» повинна ґрунтуватися на принципах раціонального використання природних ресурсів, екологічної безпеки та сталого розвитку. Запровадження комплексу ґрунтозахисних, водоохоронних та біоекологічних заходів сприяє зменшенню негативного впливу аграрного виробництва на довкілля та підвищенню його ефективності.

ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень з вивчення продуктивності озимої пшениці сорту Колонія залежно від рівня мінерального живлення на чорноземі опідзоленому в умовах Волинської області (ТОВ «*****», *****нська громада Луцького району) встановлено такі основні висновки:

1. Ґрунтово-кліматичні умови зони досліджень у цілому є сприятливими для вирощування озимої пшениці. Чорнозем опідзолений характеризується середнім вмістом гумусу, задовільними фізико-хімічними властивостями та потребує застосування збалансованої системи удобрення для повної реалізації потенціалу культури.

2. Рівень мінерального живлення істотно впливає на ріст і розвиток озимої пшениці. Зі збільшенням норм мінеральних добрив спостерігалось покращення морфологічних показників рослин, зростання загальної та продуктивної кустистості, посилення асиміляційної діяльності та подовження колоса.

3. Структура врожаю озимої пшениці суттєво змінювалася залежно від норм удобрення. Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню кількості продуктивних стебел, зерен у колосі та маси зерна з одного колоса, що безпосередньо вплинуло на підвищення врожайності.

4. Найвищу врожайність зерна озимої пшениці сорту Колонія забезпечило внесення мінеральних добрив у нормі $N_{150}P_{100}K_{150}$, однак оптимальне поєднання врожайності та ефективності використання ресурсів було досягнуто за норми $N_{120}P_{80}K_{120}$, яка забезпечила стабільно високий урожай за помірних витрат.

5. Якість зерна (вміст білка та сирої клейковини) істотно підвищувалася із зростанням норм азотного живлення. Найкращі показники якості зерна отримано у варіантах із середніми та підвищеними нормами мінеральних добрив, що дозволяє віднести отримане зерно до цінних хлібопекарських сортів.

6. Економічна оцінка показала, що застосування мінеральних добрив є економічно доцільним. Найвищий рівень рентабельності та оптимальний умовно-чистий прибуток отримано у варіанті $N_{120}P_{80}K_{120}$, який забезпечив найкраще співвідношення між витратами та додатковим доходом.

7. Енергетична ефективність вирощування озимої пшениці зростала зі збільшенням рівня удобрення до норми $N_{120}P_{80}K_{120}$, де зафіксовано максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності. Подальше підвищення норм добрив призводило до зростання енерговитрат швидше, ніж приріст енергії врожаю.

8. Застосування науково обґрунтованих норм мінеральних добрив у поєднанні з дотриманням вимог охорони праці та екологічної безпеки забезпечує підвищення продуктивності озимої пшениці без суттєвого негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Отже, на чорноземі опідзоленому в умовах Волинської області оптимальною нормою мінерального удобрення озимої пшениці сорту Колонія є $N_{120}P_{80}K_{120}$, яка забезпечує високий рівень урожайності, покращення якості зерна, економічну та енергетичну доцільність виробництва.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Агрокліматичне районування України [Електронний ресурс]. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/zoning-3.html> (дата звернення: 17.11.2025).
2. Балюк С. А., Лазебна М. Є. Перелік основних нормативних документів у галузі ґрунтознавства, агрохімії та охорони ґрунтів (актуалізований станом на 27.04.2009). Харків, 2009. 37 с.
3. Бараболя О. В., Барат Ю. М., Кулик М. І., Онопрієнко О. В. Урожайність пшениці озимої залежно від системи удобрення та погодних умов вегетаційного періоду [Електронний ресурс]. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2018. № 2. С. 3-9. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnuc_2018_2_3 (дата звернення: 27.12.2024).
4. Бараболя О. В., Барат Ю. М., Кулик М. І., Онопрієнко О. В. Урожайність пшениці озимої залежно від системи удобрення та погодних умов вегетаційного періоду. Вісник Уманського НУ садівництва. 2018. № 2. С. 3–9.
5. Болахівський В. П. Вплив строків внесення азотних добрив на врожайність та якість зерна сортів озимої пшениці різних екологічних типів в умовах західного Лісостепу України. Вісник Львівського ДАУ. Агрономія. 2002. № 6. С. 151–156
6. Болахівський В. П. Ефективність мінерального живлення озимої пшениці залежно від сорту в умовах західного Лісостепу України. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2003. Вип. 45. С. 3–7.
7. Болахівський В. П. Продуктивність фотосинтезу та врожайність зерна сортів озимої пшениці залежно від умов живлення в західному Лісостепу України. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2001. Вип. 43. С. 22–27
8. Вирощувати пшеницю нерентабельно: веб-сайт. URL: <https://superagronom.com/news/17627-viroschuvati-pshenitsyu-nerentabelno--agronom> (дата звернення: 14.09.2025).
9. Вожегова Р. А., Малярчук М. П., Котельников Д. І., Нетіс І. Т., Грибинюк К. С. Продуктивність пшениці озимої за мінімізованого обробітку ґрунту та органо-мінеральних систем удобрення на зрошуваних землях. *Аграрні інновації*. 2021. № 6. С. 64-68. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrno_2021_6_13 (дата звернення: 20.11.2025).

10. Гамаюнова В. В., Смірнова В. І. Вплив мінеральних добрив на формування поживного режиму ґрунту при вирощуванні пшениці озимої [Електронний ресурс]. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Агрономія і біологія. 2017. Вип. 2. С. 49-52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_agro_2017_2_11 (дата звернення: 05.01.2025).
11. Гамаюнова В. В., Смірнова І. В. Вплив мінеральних добрив на формування поживного режиму ґрунту при вирощуванні пшениці озимої. Вісник Сумського НАУ. Серія «Агрономія і біологія». 2017. № 2. С. 49–52.
12. Гамаюнова В. В., Смірнова І. В. Економічна ефективність вирощування сортів пшениці озимої залежно від оптимізації фону живлення. Scientific Horizons. 2018. № 1(64). С. 10–14.
13. Гнатів П. С., Лагуш Н.І., Гаськевич О. В. Морфологічна і фізико-хімічна діагностика ґрунтів. Львів: Магнолія-2006, 2019, 170 с.
14. Господаренко Г. М. Удобрення пшениці озимої восени. Сучасні аграрні технології. 2013. № 8. С. 30–34.
15. Господаренко Г. М., Любич В. В., Матвієнко Н. П. Хлібопекарські властивості зерна пшениці озимої залежно від удобрення, попередника та тривалості зберігання [Електронний ресурс]. Агробіологія. 2018. № 1. С. 98-106. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agr_2018_1_15
16. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Якість зерна пшениці озимої за тривалого застосування добрив у польовій сівоzmіні. Вісник Уманського НУ садівництва. 2016. № 1. С. 11–15.
17. Дегодюк С. Е., Мулярчук А. О. Урожайність і якість зерна пшениці озимої за традиційних та новітніх систем удобрення. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Вип. 3. С. 37-42. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/zemroc_2023_3_7 (дата звернення: 14.08.2024).
18. Державний реєстр рослин, придатних для поширення в Україні на 2024 рік. Київ, 2024.
19. Джигирей В. С., Сторожук В. М., Яцюк Р. А. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища. Львів : Афіша, 2000. 271 с.
20. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Київ, 2019.

21. ДСТУ ISO 11464:2001. Якість ґрунту. Підготовка проб. Київ, 2003.
22. Жемела, Г. П., С. М. Шакалій. Вплив попередників на врожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. 3. С. 20–22.
23. Заїма О. А., Дергачов О. Л. Урожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої за різних варіантів обробки посівів фунгіцидами [Електронний ресурс]. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 135-142. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/stopnsr_2019_15_2_6 (20.04.2025).
24. Іваніна В. В., Коротенко І. М. Вплив азотного живлення на формування балансу поживних елементів в агроценозі пшениці озимої. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2022. Вип. 4. С. 5-11.
25. Калантир В. О. Господарський винос пшеницею твердою озимою і баланс основних елементів живлення за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 57-61. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrno_2023_19_11 (дата звернення: 10.10.2025).
26. Кирилюк В. П., Кричківський В. М. Сучасні адаптивні системи основного обробітку ґрунту під пшеницю озиму. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 72-77. В http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrno_2022_13_13 (дата звернення: 15.05.2025).
27. Кліпакова Ю. О., Білоусова З. В., Кенєва В. А., Коротка І. О. Вплив системи живлення на урожайність та якість зерна пшениці озимої [Електронний ресурс]. *Аграрні інновації*. 2021. № 8. С. 41-46. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrno_2021_8_9 (дата звернення: 16.07.2025).
28. Коваленко А. М., Кіріяк Ю. П. Урожайність та якість насіння різних сортів пшениці озимої залежно від агроприйомів вирощування за умов зміни клімату [Електронний ресурс]. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. № 5.
29. Крамарьов С.М., Жемела Г.П., Шакалій С.М. Продуктивність та якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від мінерального живлення в умовах лівобережного Лісостепу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014, № 6. С. 61–67. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2014_6_14 (дата звернення: 17.07.2025).

30. Кривенко А. І., Почколіна С. В. Продуктивність пшениці озимої за різних систем основного обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах із сидеральним паром. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 60-67.
31. Ласло О. О., Нагорна С. В. Екологізація технології вирощування пшениці озимої за використання композиційних сумішей регуляторів росту та комплексних добрив. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 93-96. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrno_2022_13_16 (дата звернення: 05.02.2025).
32. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ „Українські технології”, 2002. 800 с.
33. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.
34. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерновиробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.
35. Лісовий М. В., Шимель В. В., Ніконенко В. М. Ефективність мінеральних добрив під пшеницю озиму на чорноземі типовому Лісостепу лівобережного високого [Електронний ресурс]. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 5. С. 16-21. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2019_5_4 (дата звернення: 15.05.2025).
36. Лукашук 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.
37. Маренич М. М., Маркіна І. А., Гангур В. В., Лень О. І. Ефективність застосування препаратів "Soilbiotics" на пшениці озимій [Електронний ресурс]. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 3. С. 22-26. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA_2018_3_5 (дата звернення: 15.08.2025).
38. Мірзоєва Т. В., Гуртовенко В. О. Економічна ефективність виробництва пшениці озимої в розрізі виробничих витрат [Електронний ресурс] *Бізнес Інформ*. 2018. № 10. С. 203-208. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2018_10_31 (дата звернення: 12.09.2025).
39. Мостіпан М. О., Умрихін Н. Л. Ефективність прикореневого підживлення посівів пшениці озимої в Північному Степу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 72-78.

40. Наконечний Ю. І. Практикум з ґрунтознавства і географії ґрунтів : навчальний посібник Львів : Львівський нац. ун-т ім. І. Франка, 2013. 373 с.
41. Олійник К. М., Давидюк Г. В., Щербакова Ю. В. Формування продуктивності пшениці озимої за адаптивних технологій вирощування [Електронний ресурс]. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Вип. 1. С. 38-46. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/zemroc_2023_1_7 (дата звернення: 15.09.2025).
42. Олійник, К. М., Блажевич, Л. Ю., Давидюк, Г. В. Вплив адаптивних технологій вирощування на показники якості зерна пшениці озимої. *Корми і кормовиробництво*. № 86. Р. 141-146. URL: <https://fri-journal.com/index.php/journal/article/view/123> (дата звернення: 14.05.2025).
43. Ольховський Г. Ф. Вплив мінеральних добрив на елементи структури врожаю озимої пшениці. *Вісник ХНАУ імені В. В. Докучаєва. Серія “Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство”*. 2005. № 1. С. 128-133
44. Охорона ґрунтів: Підручник / за ред. М. К. Шикули. 2-ге вид. Київ: Т-во Знання”, КОО, 2004. 398 с.
45. Павліченко А. А. Урожайність пшениці озимої залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення [Електронний ресурс]. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. № 4. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2018_4_11 (дата звернення: 28.09.2025).
46. Папіш І. Я. Практикум з фізики ґрунту. Ч. 1. Фізика твердої фази ґрунту. Львів, 2001.
47. Пасічник Н. А., Марчук І. У. Застосування КАС для підживлення пшениці озимої на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті. *Вісник ХНАУ. Агрохімія*. 2013. № 1. С. 140–143.
48. Попов С. І., Авраменко С. В., Шевченко Т. В. Ефективність прикореневого азотного підживлення пшениці озимої в умовах посушливої осені Східного Лісостепу України [Електронний ресурс]. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 5. С. 22-30. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2019_5_5 (дата звернення: 15.08.2025).
49. Про охорону праці: Закон України. *Відомості Верховної Ради України*. 1992. № 49. С. 668.

50. Рудавська Н. М., Коник Г. С., Шувар А. М., Дзюбайло А. Г., Беген Л. Л., Тимчишин О. Ф., Дорота М. Температурний режим осінньої вегетації пшениці озимої та її перезимівля в умовах Карпатського регіону. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71(2). С. 171-187.
51. Сакур М. М., Нагорнюк В.Ф. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур: Навчальний посібник. Одеса: Одеський державний аграрний університет
52. Сметанко О. В. Система удобрення для інтенсивної технології вирощування озимої пшениці в Південному Степу. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2009. № 71. С. 80–85.
53. Смірнова І. В. Урожайність та якість сортів пшениці озимої залежно від умов мінерального живлення. *Наукові праці. Серія «Екологія»*. 2015. № 244. С. 81–84.
54. Фурман В. М., Люсак А. В., Солодка Т. М., Олійник В. С. Характеристика ґрунтового покриву рівненської області. *Вісник НУБГП. Серія “Сільськогосподарські науки”*. № 2 (82). 2018. С. 67-78.
55. Центило Л. В., Шило С. Л. Продуктивність пшениці озимої на чорноземі типовому Правобережного Лісостепу України [Електронний ресурс]. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 92-96. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrno_2021_10_17 (дата звернення: 03.03.2023).
56. Цимбал Я.С., Бойко П.І., Мартинюк І.В., Кудря С.О. Продуктивність пшениці озимої в короткоротаційній сівоzmіні Лівобережного Лісостепу на різних рівнях інтенсифікації. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. Вип. 1–2. С. 32–4
57. Шапран В. С., Демиденко О. В. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої за різних обробітків та удобрення чорнозему типового [Електронний ресурс]. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Вип. 2. С. 16-25. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/zemros_2023_2_4 (дата звернення: 05.10.2024).
58. Шевчук М. Й., Веремєєнко С. І., Лопушняк В. І. Агрохімія: Підручник. Ч. 2. Добрива та їх вплив на біопродуктивність ґрунту. Луцьк: Надстир'я, 2012. 440 с.
59. Щерба М. М., Качмар О. Й., Дубицька А. О., Вавринович О. В., Таравська О. В. Вплив систем удобрення і попередників на врожай та якість зерна пшениці

озимої в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69(2). С. 137-153. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2021_69\(2\)_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2021_69(2)_11). (дата звернення: 04.02.2025).

60. Ямковий В. Ю., Буняк О. І., Ящук Н. О. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої залежно від позакореневого підживлення в лівобережному Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 101-107.

61. Fageria N. K., Baligar V. C. Enhancing nutrient use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*. 2005. Vol. 88. P. 97–185.

62. Fischer R. A., Byerlee D., Edmeades G. The Crop Yield Gap. Mexico : CIMMYT, 2014. 235 p.

63. Gooding M. J., Davies W. J. Wheat production and environmental interactions. *Field Crops Research*. 1996. Vol. 47. P. 145–155.

64. Havlin J. L., Tisdale S. L., Nelson W. L., Beaton J. D. Soil Fertility and Fertilizers. 8th ed. Pearson, 2014. 528 p.

65. Marschner P. (ed.). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. Elsevier/Academic Press, 2011. 684

66. Reynolds M. P., Borlaug N. Wheat: Science and Trade. Wiley-Blackwell, 2009. 400 p.

67. Saldukaitė-Sribikė L., Šarauskis E., Buragienė S., Adamavičienė A., Velička R., Kriauciūnienė Z., Savickas D. Effect of Tillage and Sowing Technologies Nexus on Winter Wheat Production in Terms of Yield, Energy, and Environment Impact. *Agronomy* 2022. 12. P.2713. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112713>..

68. Smith P., Gregory P. The sustainable management of soils. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2012. Vol. 367. P. 495–499.

69. Taiz L., Zeiger E., Møller I. M., Murphy A. Plant Physiology and Development. 6th ed. Sinauer Associates, 2015. 761 p.

70. Tilman D., Cassman K. G., Matson P. A. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*. 2002. Vol. 418. P. 671–677.

Додатки

Додаток А

Технологічна карта вирощування озимої пшениці

(ТзОВ «*****», цільова урожайність 70 ц/га)

№	Назва технологічної операції	Строк виконання	Агрегат (техніка)	Марка машини	Ширина захвату, м	Глибина, см	Норма витрат (добрива/препарати)	Продуктивність, га/зміну	К-сть агрегатів	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Лущення стерні (1-й прохід)	липень	Трактор + дискова борона	John Deere + Lemken Rubin	6	8–10	–	40	1	Після збирання попередника
2	Лущення стерні (2-й прохід)	липень	Трактор + дискова борона	John Deere + Lemken Rubin	6	10–12	–	38	1	Через 7–10 днів
3	Основний обробіток (оранка)	серпень	Трактор + плуг	John Deere + Lemken	4	22–25	–	25	1	З передплужниками
4	Вирівнювання поля	серпень	Трактор + борона	John Deere + Einböck	12	4–5	–	60	1	
5	Внесення фосфорно-калійних добрив (основне)	поч. вересня	Розкидач	Amazone ZA-M	24	–	DAP 18-46: 170 кг/га (N31, P ₂ O ₅ 78) + KCl 60%: 170 кг/га (K ₂ O102)	80	1	Під основний обробіток/передпосівну культивуацію

6	Передпосівна культивация	вересень	Трактор + культиватор	John Deere + Horsch	6	4–6	–	45	1	
7	Сівба озимої пшениці	15–25.09	Посівний комплекс	Horsch Pronto	6	4–5	5,0 млн сх. зерен/га	40	1	Сорт Колонія
8	Прикотковування	вересень	Котки	Cambridge	8	–	–	50	1	За потреби
9	Осіньне підживлення (за слабких сходів, опційно)	жовтень	Розкидач	Amazone ZA-M	24	–	КАС-32 (позакоренев о) 20 л/га або аміачна селітра 50 кг/га (N17)	85	1	Лише за дефіциту N/слабкого розвитку
10	Ранньовесняне підживлення №1	березень	Розкидач	Amazone ZA-M	24	–	Аміачна селітра 180 кг/га (N61)	85	1	По мерзлоталому ґрунту
11	Підживлення №2 (вихід у трубку)	квітень	Розкидач	Amazone ZA-M	24	–	Карбамід 130 кг/га (N60)	85	1	Фаза BBCH 30–32
12	Підживлення №3 (прапорцевий листок)	травень	Розкидач	Amazone ZA-M	24	–	Аміачна селітра 90 кг/га (N31)	85	1	Фаза BBCH 37–39
13	Сірка (компенсація під високий N)	квітень	Обприскувач	Amazone UX	24	–	Тіосульфат амонію 20–25 л/га або сульфат магнію 10–15 кг/га (позакоренев о)	70	1	Разом із ЗЗР/підживленням
14	Мікродобрива	квітень–	Обприскувач	Amazone UX	24	–	Комплекс	70	1	2 обробки за потреби

	(Cu, Mn, Zn)	травень					мікроелементів 1,0–2,0 л/га			
15	Гербіцидний захист	квітень	Обприскувач	Amazone UX	24	–	за регламентом	70	1	
16	Фунгіцидний захист (1-й)	квітень	Обприскувач	Amazone UX	24	–	за регламентом	70	1	
17	Інсектицидний захист	травень	Обприскувач	Amazone UX	24	–	за регламентом	70	1	
18	Фунгіцидний захист (2-й)	травень	Обприскувач	Amazone UX	24	–	за регламентом	70	1	
19	Позакореневе підживлення карбамідом (якість зерна)	травень	Обприскувач	Amazone UX	24	–	Карбамід 10–15 кг/га + MgSO ₄ 10 кг/га	70	1	Позакореневе підживлення карбамідом (якість зерна)
20	Збирання врожаю	липень	Комбайн	CLAAS Lexion	9	–	–	30	1	Збирання врожаю
21	Транспортування зерна	липень	Телескопічний навантажувач	JCB	–	–	–	–	1	Транспортування зерна
22	Післязбиральне очищення	липень	Зерноочисна машина	Petkus	–	–	–	–	1	Післязбиральне очищення

Додаток Б

Математична обробка даних врожайності озимої пшениці за 2024 рік

Однофакторний дисперсійний аналіз

Одиниця вимірювання даних т/га

Варіантів – 5, повторень – 3

Вихідні дані

Варіант	Середнє	Повторення		
1	4,35	4,30	4,37	4,38
2	5,40	5,44	5,36	5,41
3	6,62	6,60	6,67	6,58
4	7,85	7,80	7,89	7,86
5	8,30	8,35	8,26	8,30

Середня по досліді – 6,50 т/га

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Степені свободи	Середній квадрат	F
Загальна	32,76	14		
Повторень	0,0003	2		
Варіантів	32,74	4	8,18	3370,58
Залишку	0,02	8	0,01	

Похибка середнього = 0,03 Похибка різниці середніх = 0,04

НІР = 0,10 т/га або 1,52%

Сила впливу фактора = 1,00

Точність досліді = 0,44% варіація даних = 23,52%

Додаток В
Математична обробка даних врожайності озимої пшениці
за 2025 рік

Однофакторний дисперсійний аналіз

Одиниця вимірювання даних т/га
 Варіантів – 5, повторень – 3

Вихідні дані

Варіант	Середнє	Повторення		
1	4,12	4,05	4,18	4,13
2	5,18	5,22	5,20	5,12
3	6,40	6,45	6,34	6,42
4	7,60	7,66	7,55	7,59
5	8,05	8,04	8,12	7,98

Середня по досліді – 6,27 т/га

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Степені свободи	Середній квадрат	F
Загальна	32,30	14		
Повторень	0,003	2		
Варіантів	32,26	4	8,07	1954,45
Залишку	0,03	8	0,01	

Похибка середнього = 0,04

Похибка різниці середніх = 0,05

НІР = 0,13 т/га або 2,05%

Сила впливу фактора = 0,99

Точність досліді = 0,59%

варіація даних = 24,22%

ДОДАТОК Г

Фотоматеріали виробничих посівів озимої пшениці (сорт Колонія)у ТзОВ

«*****»



Рисунок Г.1 – Посіви озимої пшениці у фазі кущення.



Рисунок Г.2 – Посіви озимої пшениці у фазі колосіння.



Рисунок Ж.3 – Збирання врожаю комбайнами CLAAS LEXION.