

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Агробіотехнологічний факультет
кафедра захисту, генетики і селекції рослин

«До захисту допущено»
завідувачка кафедри
доктор. с.-г. н, професор
_____ Анна КРИВЕНКО
« ____ » _____ 2025

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти
освітньо-професійної програми «Захист і карантин рослин»
за спеціальністю 202 «Захист і карантин рослин»

**УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМИХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ
ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Науковий керівник: д. с.-г. н.
професор Анна КРИВЕНКО

Рецензент: _____

Виконала здобувачка другого
(магістерського) ступеня вищої освіти
заочної форми навчання
освітньо-професійної програми
«Захист і карантин рослин»
спеціальність 202 Захист і карантин
рослин Алла НОВОСАД

Засвідчую, що кваліфікаційна робота
містить результати власних
досліджень. Використання ідей і
текстів інших авторів має посилання
на _____ відповідне
джерело _____

ОДЕСА – 2025

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 Стан вивчення питання оптимізації технологій вирощування пшениці озимої в різних ґрунтово-кліматичних умовах.....	7
1.1. Світовий стан виробництва озимої пшениці та перспективні напрями оптимізації агротехніки.....	7
1.2. Роль біопрепаратів як альтернативи традиційним технологіям вирощування озимої пшениці.....	12
1.3. Вплив агротехнічних заходів на формування якісного зерна пшениці озимої.....	14
РОЗДІЛ 2 Умови, методика та агротехніка проведення дослідження.....	18
2.1. Погодно-кліматична характеристика зони досліджень.....	19
2.2. Характеристика ґрунтів Південного Степу та агрохімічні властивості дослідних ділянок.....	27
2.3. Організація польових досліджень та методика оцінки продуктивності пшениці озимої.....	29
2.4. Характеристика сорту пшениці озимої та біопрепаратів, використаних у дослідях.....	32
2.5. Агротехнічні заходи вирощування озимої пшениці на дослідних ділянках.....	35
РОЗДІЛ 3 ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД РОЛІ ЕЛЕМЕНТІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ У ТЕХНОЛОГІЇ ЇЇ ВИРОЩУВАННЯ.....	39
3.1. Польова схожість насіння озимої пшениці та тривалість міжфазних періодів залежно від досліджуваних факторів.....	39
3.2. Формування листкової поверхні, фотосинтетична активність та динаміка накопичення біомаси рослин.....	46
3.3. Динаміка водоспоживання озимої пшениці та ефективність	

використання вологи	55
3.4. Урожайність зерна та його якість залежно від попередників, удобрення та застосування хімічних і біологічних препаратів.....	59
РОЗДІЛ 4 ФІТОСАНІТАРНІ УМОВИ АГРОЦЕНОЗУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ПІД ДІЄЮ ЗАСТОСОВАНИХ БІОПРЕПАРАТІВ	65
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСОВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ БІОЛОГІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ.....	72
5.1. Оцінка економічної результативності запропонованих елементів технології вирощування пшениці озимої.....	74
5.2 Енергетична ефективність.....	80
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА НАВКОЛИЩНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	86
ВИСНОВКИ.....	89
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	93
ДОДАТКИ.....	101

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасне вирощування озимої пшениці вимагає використання інтенсивних технологій, що передбачають значне застосування мінеральних добрив і пестицидів. Надмірне використання таких засобів, особливо синтетичного походження, може спричиняти забруднення сільськогосподарської продукції, ґрунтового покриву та водних ресурсів, а також створює потенційну загрозу для здоров'я людини. У зв'язку з цим у світовому аграрному виробництві останніми десятиліттями активно формується напрям біологізації землеробства, який базується на розробленні та впровадженні екологічно безпечних і ресурсозберігаючих технологій, застосуванні біологічних препаратів для удобрення та захисту рослин, а також на мінімізації хімічного навантаження на агроєкосистеми.

Зростання попиту на органічну продукцію рослинництва та сертифіковані екологічно чисті харчові продукти спостерігається в більшості розвинених країн світу. В Україні існують усі передумови для активного розвитку біологічного землеробства - потужна наукова база, виробничий потенціал аграрного сектору та наявність фахівців, спроможних забезпечити впровадження таких технологій у промислових масштабах. Зокрема, в Одеській області зосереджені науково-дослідні установи й виробничі підприємства, що займаються створенням і впровадженням біологічних засобів захисту та стимуляторів росту рослин, розмноженням біофагів, розробленням обладнання для виготовлення мікробних препаратів і спеціалізованих машин. Це створює сприятливі умови для реалізації стратегії розвитку органічного землеробства в регіоні.

Досягнення стабільно високої врожайності та якості зерна озимої пшениці в умовах Південного Степу України за використання біологізованих технологій вимагає оптимізації системи живлення та захисту рослин від шкідливих організмів. Тому актуальним завданням сучасної аграрної науки є удосконалення елементів екологічно безпечних технологій вирощування пшениці озимої, що сприятиме зниженню антропогенного навантаження та підвищенню ефективності виробництва.

Необхідність таких досліджень підтверджується також прийняттям Закону України «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини», який визначає правові засади розвитку органічного виробництва в державі.

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є розроблення та вдосконалення елементів біологізованої технології вирощування озимої пшениці, що забезпечують отримання високих урожаїв зерна належної якості при мінімальному впливі на довкілля.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі **завдання**:

- дослідити особливості росту та розвитку рослин озимої пшениці залежно від умов живлення й застосування біопрепаратів;
- вивчити показники фотосинтетичної активності посівів;
- визначити динаміку водного режиму ґрунту та фітосанітарний стан агроценозів за використання біологічних засобів;
- проаналізувати врожайність і якість зерна залежно від попередників, систем удобрення, використання хімічних і біологічних препаратів;
- провести оцінку економічної та енергетичної ефективності запропонованих технологічних рішень.

Об'єктом дослідження є процеси росту, розвитку та формування врожайності озимої пшениці за різних систем удобрення і захисту рослин в умовах Південного Степу України.

Предметом дослідження виступають агротехнічні заходи біологізованої технології — біопрепарати, мінеральні та органічні добрива, біологічні засоби захисту, регулятори росту, а також показники продуктивності, якості зерна та економічної ефективності.

Методи дослідження. У роботі застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів: польовий - закладання дослідів, фенологічні спостереження, біометричні вимірювання, облік урожайності; лабораторний - аналіз якості зерна, визначення агрохімічних показників ґрунту; розрахунково-порівняльний - оцінка економічної та енергетичної ефективності технологій; статистичний - використання дисперсійного, кореляційного, регресійного та

варіаційного аналізів із подальшою графічною інтерпретацією результатів.

Наукова новизна. У ході досліджень визначено вплив біологічних добрив на ріст і розвиток озимої пшениці залежно від попередників. Встановлено високу ефективність біологічних протруйників у поліпшенні фітосанітарного стану посівів та захисті культури від грибних і бактеріальних інфекцій. Обґрунтовано доцільність застосування біопрепаратів Ризоагрін, ФМБ, Планріз після чорного пару та гороху як ключового елементу системи біологічного захисту рослин. Проведено економічну та енергетичну оцінку ефективності впровадження біологізованої технології вирощування озимої пшениці в умовах Південного Степу України.

Практичне значення результатів. Розроблено й запропоновано виробництву елементи біологізованої технології вирощування озимої пшениці після чорного пару та гороху, які забезпечують формування врожайності 6,0–7,0 т/га продовольчого зерна з якістю 1–2 класу.

Результати досліджень упроваджено у виробництво на базі ТОВ «Колос» Одеського району Одеської області на площі 35 га. Застосування елементів біологізованої технології порівняно з традиційною інтенсивною системою дало змогу підвищити врожайність до 5,21–6,53 т/га, що перевищує контроль на 21,4–35,4%.

Апробація результатів. Основні положення роботи обговорювалися на засіданнях кафедри захисту, генетики і селекції рослин Одеського державного аграрного університету та доповідалися на V Всеукраїнській науково-практичній конференції “Аграрна наука – виробництву” (Одеса, 30–31 жовтня 2025 року).

Структура та обсяг роботи

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел (74 найменування, у тому числі 21 латиницею) та додатків. Основний зміст викладено на 100 сторінках друкованого тексту, ілюстрованого 5 рисунками, 20 таблицями та 2 додатками.

РОЗДІЛ 1

СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В РІЗНИХ ҐРУНТОВО- КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ

Рослинництво є провідною складовою сільського господарства, на яку припадає понад 70% обсягу світового виробництва продовольства. Основу глобального аграрного виробництва формують зернові культури — пшениця, рис, кукурудза, ячмінь, овес і жито. Їхні посіви охоплюють більше половини орних земель світу, а в окремих державах ця частка сягає майже повного використання ріллі (наприклад, у Японії — до 96%) [1].

Проблема продовольчої безпеки людства безпосередньо пов'язана з підвищенням ефективності технологій вирощування зернових культур. Оптимізація агротехнічних заходів спрямована на підвищення врожайності при одночасному зниженні негативного впливу на довкілля. Заміна або часткове скорочення використання синтетичних мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин завдяки впровадженню біологічних препаратів дозволяє зменшити пестицидне навантаження, зберегти родючість ґрунтів і поліпшити екологічний стан агроecosystem.

Таким чином, удосконалення технологій вирощування пшениці озимої в різних ґрунтово-кліматичних зонах полягає у комплексному застосуванні науково обґрунтованих агротехнічних прийомів, раціональному використанні добрив і засобів захисту, а також у широкому впровадженні біологічних методів, що забезпечують стабільне виробництво високоякісного зерна в умовах сучасного аграрного виробництва.

1.1. Світовий стан виробництва озимої пшениці та перспективні напрями оптимізації агротехніки

У глобальній системі аграрного виробництва пшениця залишається ключовою культурою продовольчої безпеки та міжнародної торгівлі. Хоча абсолютні обсяги світового виробництва залишаються високими, у 2022–2024

роках спостерігалися коливання валових зборів під впливом кліматичних чинників і логістичних ризиків; за оцінками FAO, загальна світова продукція пшениці у 2023 році становила близько 777 млн т, що було нижче рекордного показника попереднього сезону [2-4].

Територіальне розміщення посівів пшениці й рівень інтенсифікації виробництва значною мірою визначаються поєднанням клімату, агротехніки й наявності ресурсів. Країни з високим рівнем механізації, доступом до сучасних сортів і інтенсифікованими системами живлення демонструють врожайність, що значно перевищує світовий середній (у деяких випадках - 5–7 т/га і більше), тоді як у регіонах із обмеженою вологістю та ресурсами показники залишаються нижчими. Дані Our World in Data та USDA ілюструють ці диспропорції й динаміку врожайності в останні роки [60-72] (таблиця 1).

Таблиця 1

Світове виробництво, площа посівів та врожайність пшениці у 2020–2024 рр.

Рік	Площа посівів, млн га	Валовий збір, млн т	Середня врожайність, т/га
2020/21	222,2	774,0	3,48
2021/22	222,9	776,1	3,48
2022/23	223,5	780,0	3,49
2023/24	224,7	792,0	3,52
2024/25	225,1	797,0	3,54

Основні сучасні напрями оптимізації агротехніки пшениці, які підкреслюються в оглядах і аналітичних публікаціях останніх років, можна узагальнити так: підвищення продуктивності за рахунок інтенсифікації менеджменту, а не розширення площ - застосування адаптованих сортів, оптимізація режимів живлення і строків сівби з урахуванням локальних умов; ресурсозбереження і точне землеробство - впровадження датчиків, дистанційного зондування, змінних норм внесення добрив і поливу для

зниження втрат азоту, підвищення водо-ефективності та зменшення екологічного сліду виробництва.

Огляд 2024–2025 рр. демонструє зростаючу доказову базу користі цифрових рішень для підвищення економічної та екологічної ефективності [70-72]; біологізація агротехнологій — використання мікробних інокулянтів, біостимулянтів і комплексних біопрепаратів як шлях до зниження хімічного навантаження та одночасного поліпшення фізіологічного стану рослин [65, 68]; нові огляди й метааналізи повідомляють про позитивний вплив таких засобів на толерантність до абіотичних стресів і на ефективність використання поживних речовин, за умови відповідного підбору препаратів і агрономічного фону [64, 66, 68].

Інтегрований захист рослин — поєднання сортових рішень, агротехнічних заходів, біологічних агентів і прицільного застосування хімічних засобів з метою мінімізації втрат урожаю та зниження відсотка резистентності патогенів. Публікації останніх років звертають увагу на необхідність комплексної стратегії, що враховує локальні фітосанітарні особливості [62, 65, 71].

Кліматичні виклики стають дедалі помітнішими: зростання частоти посух, екстремальних температур і нерівномірний розподіл опадів формують нові ризики для врожайності й якості зерна. Останні дослідження зосереджуються на адаптаційних заходах — використанні посухостійких генотипів, збереженні вологи в ґрунті через агророзумні прийоми обробітку, та оптимізації строків сівби для мінімізації ризиків теплових шоків у критичні фази розвитку рослин [67-70].

Економічна оцінка технологічних інновацій (витрати-вигоди, енергоефективність) також посідає важливе місце у сучасних дослідженнях: огляди Life-Cycle Assessment, LCA та економічних аналізів 2023–2024 рр. вказують, що хоча впровадження цифрових і біологічних технологій вимагає інвестицій, у середньостроковій перспективі вони можуть знизити собівартість виробництва та покращити екологічні показники за рахунок економії ресурсу

та підвищення продуктивності [64, 66, 72].

Для України (і зокрема для зон Південного Степу) важливі такі практичні висновки з сучасної літератури:

- пріоритет - адаптовані сорти з підвищеною толерантністю до посухи;
- скорочення неконтрольованого внесення азоту через застосування змінних норм і підживлень за фактичними потребами рослин;
- використання біопрепаратів як елементу інтегрованого підходу, але з вимогою багаторічної локальної апробації;
- застосування цифрового моніторингу для своєчасного реагування на фітосанітарні та агрометеорологічні загрози.

Останні роки підкреслюють: подальший приріст продуктивності пшениці досяжний не розширенням площ, а через підвищення ефективності менеджменту - поєднання генетичної адаптації, біологізації, цифрових рішень та раціонального використання водних і поживних ресурсів. Для надійної трансформації агротехнологій у практику потрібні багаторічні місцеві дослідження, оцінки економічної життєздатності й адаптовані рекомендації для регіонів [65-70].

Під посівами такої культури, як горох, останнім часом спостерігається тенденція до скорочення площ. Наприклад, в Україні у 2022 році площа під горохом була близько 131,3 тис. га, а вже в 2024 році — 212,1 тис. га: таким чином за два роки відбулося значне збільшення (що свідчить про зміну тенденції після початкового спаду) [43, 55].

Одночасно з цим, середня урожайність цієї культури за останні роки коливалася - зокрема у 2024 році на площі 212 000 га зібрано близько 465 000 т із середньою врожайністю 2,19 т/га у Україні [41, 48]. Це означає, що раніше наведені дані про врожайність 1,52 т/га в середньому вказують на значне зростання продуктивності культури у новіші роки.

За технологічними аспектами, у XX столітті аграрні технології вирощування зернових культури істотно змінювалися: у 30–50-ті роки основною перешкодою був низький рівень механізації. У наступні десятиліття

зростала інтенсивність виробництва, зокрема за рахунок широкого застосування мінеральних добрив, пестицидів і різкого підвищення механізації. Так, сучасні інформаційні джерела зазначають, що інтенсивні технології, орієнтовані на високу врожайність, стали домінувати, але при цьому накопичилися екологічні ризики: деградація ґрунтів, зменшення біорізноманіття, підвищення ризику резистентності шкідників. Також останні дослідження підкреслюють, що нові технологічні стратегії повинні враховувати потребу в ресурсозбереженні та біологізації виробництва [40, 43].

Сучасні аграрні системи спрямовані на інтеграцію таких підходів:

- біологічне удобрення та сидерація як альтернативи традиційним добривам;
- використання бобових попередників (зокрема гороху) для підвищення родючості ґрунту і зниження витрат добрив;
- мінімізація кількості агрохімікатів, впровадження інтегрованого захисту рослин;
- використання точного землеробства, цифрових технологій моніторингу, адаптації технологій до локальних умов.

Наприклад, дослідження 2025 року вказують на те, що змішані посіви вівсу і трав'яного гороху покращують хімічний склад ґрунту та збільшують масу культури на легких солонцюватих ґрунтах [41].

Для України, зокрема для Південного Степу, ці напрямки мають особливе значення: через кліматичні ризики (посуха, дефіцит вологи) та зменшену застосовність інтенсивних технологій у класичному вигляді, актуальним є перехід до технологій, які поєднують високу продуктивність і екологічну безпеку. Це включає: оптимізацію строків сівби, використання бобових попередників, зменшення мінерального навантаження, посіви з меншими нормами, модернізацію систем живлення та захисту.

Отже, сучасний стан вирощування гороху і зернових культур демонструє такі тенденції: реконфігурація площ, зростання врожайності завдяки удосконаленню технологій, але одночасно — підвищена увага до екологічної

складової і сталого виробництва. Цей тренд вимагає подальших досліджень і прикладної адаптації до українських і регіональних умов.

1.2. Роль біопрепаратів як альтернативи традиційним технологіям вирощування озимої пшениці

Ефективність агротехнологій у виробництві зерна значною мірою залежить від комплексу чинників: екологічних, географічних, економічних, а також від можливості відновлення біологічних ресурсів. Збільшення біологічної продуктивності рослинництва є одним із ключових напрямів сучасних досліджень у різних галузях біологічної науки. Біологічні методи традиційно застосовуються для підвищення родючості ґрунту, боротьби з патогенами та шкідниками, а також для оптимізації технологій вирощування культур. У сучасних умовах частка біотехнологій як у складі окремих агротехнічних елементів, так і у загальному комплексі сільськогосподарських технологій постійно зростає [20–23].

Особливого значення набуває поєднання традиційних хімічних засобів з біологічними компонентами, включно з промисловими мінеральними добривами та інноваційними мікробіологічними препаратами. Зокрема, ризосферні мікроорганізми, які фіксують азот із атмосфери, дозволяють компенсувати його дефіцит у ґрунті, підвищують ефективність використання орних земель та родючість ґрунту, а також зменшують витрати на мінеральні добрива. Біологізація рослинництва забезпечує отримання високоякісної продукції, знижує негативний вплив на довкілля та підтримує екологічну стійкість агроландшафтів.

У останні роки значно розширився спектр біопрепаратів на основі асоціативних мікроорганізмів, здатних комплексно впливати на ріст і розвиток культур, підвищуючи врожайність [13, 25]. В Україні взаємодія рослин і мікроорганізмів вивчається особливо активно у зв'язку зі скороченням обсягів застосування хімічних добрив та засобів захисту рослин, що обумовлює потребу у використанні біопрепаратів комплексної дії.

Асоціативні діазотрофи формують на коренях рослин екзосферні асоціації, де відбувається активна азотфіксація. Через ці асоціації створюється взаємозв'язок між рослинами, мікробними популяціями та зовнішніми факторами середовища, що дозволяє перетворювати атмосферний азот у доступні для рослин сполуки [19–24]. Для ефективного функціонування діазотрофів у ризосфері необхідно забезпечити оптимальні умови, включно з органічними субстратами та продуктами фотосинтезу [45, 56].

У степовій зоні України асоціативні діазотрофи можуть фіксувати до 50–60 кг азоту з атмосфери на гектар. Вони продукують фізіологічно активні речовини (ауксини, гібереліни, цитокініни), які стимулюють розвиток кореневої системи, підвищують поглинальні властивості ґрунту та активують розвиток генеративних органів. Крім того, ці мікроорганізми пригнічують патогенну мікрофлору [17].

Азотфіксуюча активність діазотрофів залежить від вологості ґрунту та температурного режиму (оптимально 20–30 °C), а також від рівня кислотності ґрунту (рН 5,6–8,0) [68]. Вони використовують як джерело енергії органічні речовини рослинного походження - кореневі виділення та продукти фотосинтезу. Інтенсивність азотфіксації значною мірою залежить від фотосинтетичної активності рослин [29, 30].

Внесення біопрепаратів, навіть без додаткових азотних добрив, ефективно після непарових попередників, а дозування N_{30–40} сприяє посиленню фіксації азоту. Основу біологічних азотних добрив становлять вільноживучі бактерії, що продовжують функціонувати в ґрунті після збору врожаю [31, 42].

Світова практика захисту рослин від шкідників найбільше спирається на бактерії *Bacillus thuringiensis*. Препарати на основі роду *Trichoderma* (наприклад, Триходермін) ефективні проти грибних хвороб завдяки виробленню антибіотиків та гідролітичних ферментів [13, 24]. Для боротьби з грибними патогенами застосовують також мікопаразитів (гіперпаразитів), наприклад види *Ampelomyces* [15–17]. Мікоризні гриби пригнічують ґрунтові патогени [78].

Перспективними є препарати на основі бактерій роду *Pseudomonas* (*Ps. fluorescens*, *Ps. putida*, *Ps. cerasi*), які продукують сидерофори та рекомендуються для нейтральних і лужних ґрунтів [19–22].

Таким чином, біологічні препарати є ефективною альтернативою традиційним хімічним технологіям вирощування озимої пшениці, сприяють підвищенню врожайності, покращенню якості продукції та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

1.3. Вплив агротехнічних заходів на формування якісного зерна пшениці озимої

Виробництво високоякісного зерна озимої пшениці є надзвичайно актуальним у контексті виходу України на міжнародні ринки зерна. Одним із ефективних способів підвищення якості продукції є впровадження сучасних технологій вирощування, які забезпечують конкурентоспроможність культур. Наукові дослідження вітчизняних і зарубіжних учених свідчать, що отримати високоякісну продукцію можливо лише за умови впровадження науково-технічного прогресу та сучасних систем землеробства [23, 24]. Проте в сучасних економічних умовах розвиток таких технологій стримується дефіцитом ресурсів, неповним використанням генетичного потенціалу сортів та недосконалістю існуючих технологій вирощування [25, 26].

В Україні розробляються зональні технології вирощування озимої пшениці, які передбачають використання високопродуктивних сортів, правильний вибір попередників, внесення збалансованих доз добрив, позакореневе підживлення навесні, захист від хвороб і шкідників та інші агротехнічні заходи. Сучасні сорти озимої пшениці відіграють ключову роль у стабільності врожаю, а реалізація їх генетичного потенціалу є важливим резервом підвищення ефективності виробництва [17, 18].

Оптимізація технологій вирощування спрямована на підвищення продуктивності агроценозів, стабілізацію врожаю та поліпшення якості зерна,

що покращує позиції України на світовому ринку та сприяє вирішенню економічних і екологічних проблем [19–21]. Для цього важливий добір нових сортів інтенсивного та напівінтенсивного типу, адаптованих до зональних умов і здатних максимально реалізувати свій генетичний потенціал [12, 23].

У посушливих умовах Степу значним обмежуючим фактором врожайності та якості зерна є доступна волога в ґрунті. Тому зональні системи землеробства повинні орієнтуватися на її накопичення, збереження та ефективне використання рослинами [44–47]. Важливу роль відіграє попередник: найвищу якість зерна забезпечує сівба після пару, а горох на зерно формує середній врожай при достатній вологості ґрунту. Розташування пшениці у сівозміні визначає стабільність врожаю та його якість [48–50].

Обробіток ґрунту слід диференціювати залежно від попередника, оскільки він впливає на продуктивність та якість зерна. Досліди показали, що після безполицевого обробітку ґрунту зерно пшениці після пару або гороху характеризується підвищеним вмістом білка та відноситься до другого класу якості, тоді як глибокий полицевий та глибокий безполицевий обробіток знижує якість до третього класу [13].

Для підвищення якості та врожайності необхідно правильно підібрати технологію вирощування, що відповідає сорту та регіону. Особливе значення має живлення рослин, насамперед азотне, оскільки від норм і строків внесення азоту залежить як врожайність, так і якість зерна [14]. Весняне підживлення азотними добривами є ключовим заходом покращення поживного режиму рослин у критичні фази вегетації [15–18].

Захист рослин від хвороб і шкідників також впливає на продуктивність та якість зерна. Обробка фунгіцидами перед виходом прапорцевого листка підвищує фотосинтетичну активність та реутилізацію азоту [19–21]. Позакореневе підживлення азотом у період колосіння разом із внесенням інсектицидів захищає від клопа-черепашки, попелиць, трипсів та інших шкідників, а у фазі молочної та воскової стиглості при повторній появі шкідників обробки необхідно повторювати [12, 13].

Зниження внесення органічних добрив призводить до виснаження ґрунтів і зниження продуктивності пшениці, а також до поширення коренових та прикоренових хвороб, септоріозу та фузаріозу. Тому важливо зменшити хімізацію та використовувати біотехнології для відновлення родючості ґрунтів і підвищення продуктивності та якості зерна [14].

Біологічний захист ефективний на 82–87%, забезпечуючи підвищення родючості ґрунтів, збереження флори і фауни та стимулюючи природне відтворення корисних мікроорганізмів. Використання біологічних засобів має не лише екологічні, а й економічні переваги, особливо в складних ґрунтово-кліматичних умовах [15].

Біопрепарати на основі *Bacillus polymyxa*, *Enterobacter nimipressuralis*, *Aeromonas album* підвищують врожайність та якість зерна, збільшують вміст клейковини і покращують ІДК на 10–15 умовних одиниць [16–17]. Мікроорганізми здатні фіксувати азот, мобілізувати фосфор та стимулювати ріст рослин за рахунок вироблення вітамінів і гормонів [18–22]. Антагоністи патогенів проявляють антагонізм через виробництво антибіотиків, ферментів та гіперпаразитизм [23].

Мікроелементи, такі як молібден і цинк, активують ферменти та регулятори росту, але їх наявність у ґрунті не завжди достатня [124–128]. Тому розробляються біологічні препарати та їх синтетичні аналоги, які забезпечують комплекс умов для високої продуктивності та якості зерна без негативного впливу на навколишнє середовище [28–31].

Органічне землеробство вимагає сертифікації ґрунтів на відсутність пестицидів, важких металів та радіонуклідів. Досвід європейських країн свідчить про перспективність органічного виробництва та експорту чистої продукції, проте його впровадження в Україні потребує адаптації до місцевих ґрунтових, економічних та соціальних умов [34]. Наукові дослідження повинні включати ґрунтово-агрохімічні та екологічні оцінки, розробку технологій підтримки родючості без хімії, балансування біогенних елементів та

прогнозування властивостей ґрунтів за різних сценаріїв органічного землеробства, що потребує проведення стаціонарних та короткострокових польових дослідів у різних природних зонах України.

Таким чином, враховуючи, що в наявних літературних джерелах останніх років відсутні комплексні дані щодо впливу біологічних препаратів та сучасних технологічних заходів на врожайність і якість зерна пшениці озимої в умовах органічного землеробства з урахуванням локальних ґрунтово-кліматичних і агроекологічних особливостей Південного Степу України, нами були проведені польові та лабораторні дослідження, результати яких представлені у кваліфікаційній роботі.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МЕТОДИКА ТА АГРОТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Важливим компонентом сучасних систем землеробства та рослинництва є опрацювання агротехнічних заходів, спрямованих на розробку та впровадження інноваційних технологій вирощування сільськогосподарських культур. У рослинництві основою наукових досліджень є польові та лабораторні експерименти, спостереження за розвитком культур, а також математична обробка отриманих даних, що дозволяє визначити оптимальні комбінації технологічних операцій, розробити математичні моделі, планувати врожайність та регламентувати використання ресурсів у конкретних умовах господарства. Продуктивні процеси в біологічному аспекті характеризуються різною швидкістю і спрямованістю змін біомаси або чисельності живих організмів у природних та штучних екосистемах. Для побудови ефективних моделей формування врожайності необхідно враховувати взаємодію та вплив численних чинників, що визначають інтенсивність цих процесів, а також особливості динаміки та трансформації речовин у агроєкосистемах.

Ключовим завданням агрономічних досліджень є розробка та вдосконалення заходів, що підвищують інтенсивність ростових процесів рослин, забезпечують формування високих, стабільних і якісних урожаїв, максимізують економічну та енергетичну ефективність, а також мінімізують антропогенний вплив на агроценози. Реалізація теоретичних та методологічних розробок у практичних дослідках дозволяє вирішувати актуальні проблеми підвищення продуктивності культур, у тому числі пшениці озимої, в різних природно-кліматичних зонах. Особливо ефективним є використання біологізованих технологій, що зменшують хімічне навантаження на ґрунт, забезпечують раціональне використання ресурсів та знижують екологічні ризики. При формуванні агротехніки вирощування пшениці озимої в умовах Південного Степу України необхідно враховувати як глобальні кліматичні

особливості, так і локальні зміни погодних умов та родючості ґрунтів на окремих ділянках господарства.

2.1. Погодно-кліматична характеристика зони проведення досліджень

Степова зона займає Південну та Південно-Східну частину України, становлячи 46,5% від загальної площі сільськогосподарських угідь держави. За ґрунтовими умовами, параметрами теплового режиму та зволоження, територію поділяють на Північну та Південну підзони. Їх природною межею є перехід чорноземів звичайних у чорноземи південні [35].

Одеська область - найбільша за площею в Україні - розташована на південному заході країни. На півночі вона межує з Вінницькою та Кіровоградською областями, на сході - з Миколаївською. З півдня і південного сходу територія омивається Чорним морем, а на південному заході межує з Молдовою та Румунією. Важливою особливістю регіону є його приморське та прикордонне положення. Широкий вихід до Чорного моря та наявність потужних річкових магістралей - Дунаю, Дністра, Дніпра - забезпечують вагомі транспортно-географічні переваги.

Основна частина території області лежить у межах Причорноморської низовини; північні й північно-західні райони охоплюють відроги Подільської височини. Рельєф переважно рівнинний, порізаний річковими долинами, ярами та балками.

Північ області належить до Лісостепу, центральна й південна частини - до Степу. Ґрунтовий покрив представлений переважно темно-каштановими ґрунтами та чорноземами. Природні степові ландшафти майже повністю розорані, ліси трапляються рідко, здебільшого у Лісостепу. Поширені лісозахисні смуги. Комбінація степових та приморських умов визначає значні агропромислові ресурси регіону, а також високий рекреаційний потенціал. Через виразне витягування області з півночі на південь кліматичні умови її районів істотно різняться [36].

Ґрунтовий покрив Степу простягається з південного заходу на північний

схід на 1100 км, а з півночі на південь - на 500 км. Загальна його площа становить 25 млн га (40% території України), з яких 16,4 млн га припадає на сільськогосподарські угіддя, а 13,3 млн га - на рілля (82%) [37].

Рельєф зони неоднорідний, що зумовлено розташуванням українських степів на чотирьох різних геоморфологічних рівнях: бузько-дністровському, донецькому, придніпровському та причорноморському. У Центральній і Південно-Західній частинах переважає плоска або слабо розчленована Причорноморська низовина. Характерним елементом рельєфу є поди - специфічні западини площею від кількох гектарів і більше, з пологими лівими та стрімкішими правими схилами. Північ зони відзначається значною розчленованістю рельєфу за рахунок відрогів Придніпровської та Подільської височин, а схід - глибокими долинами Донецького та Приазовського узвиш [18].

Південно-західне положення степової зони відносно євразійського материка формує її характерні кліматичні риси: високий рівень сонячної радіації, великі теплові ресурси, дефіцит зволоження, тривалі вегетаційні періоди. Річні суми сонячної радіації становлять близько 5230 МДж/м², радіаційний баланс - 1900–2210 МДж/м². Середні температури січня варіюють від -7,6°C на півночі до -2°C на півдні; липневі - від 20 до 24°C. Сума температур понад 10°C - 2800–3600°C. Безморозний період триває 160–220 днів, вегетаційний - 160–295 днів. Середньорічна температура зростає від 7,5°C на північному сході до 11°C на південному заході.

Зона розташована на південь від осі підвищеного атмосферного тиску - осі Воейкова, що пояснює її специфіку атмосферної циркуляції. Незважаючи на переважання західного перенесення, велику роль відіграють східні континентальні та середземноморські повітряні маси. Атлантичні циклони часто не досягають степу, тому річна кількість опадів - невелика: 450 мм на півночі та до 350 мм на півдні. Випаровуваність висока - 700–880 мм на півночі й 900–1000 мм на півдні. Коефіцієнт зволоження - 1,2–0,8.

Через дефіцит вологи формуються специфічні ґрунтово-географічні

умови, обмежена річкова мережа. За умовами зволоження, теплозабезпеченості та ґрунтових характеристик Степ поділяється на підзони: північностепову, середньостепову та південностепову (сухостепову) [19, 40].

Степи характеризуються частими сильними вітрами та пиловими бурями, особливо в Херсонській, Миколаївській, Запорізькій та Одеській областях [11, 18].

Кліматичні ресурси мають визначальне значення для формування врожайності зернових культур. Якісний агротехнічний рівень у поєднанні з обліком погодних умов є ключовим для отримання високих урожаїв [19, 10, 42, 43]. Повноцінне прогнозування врожайності можливе лише за умови кількісної оцінки й аналізу кліматичних факторів [11–16].

Південний Степ України, де проводилися наші дослідження з продуктивності пшениці озимої, поєднує як роки з високими температурними показниками й різким дефіцитом опадів, так і періоди із помірно теплою погодою та підвищеним природним зволоженням. За сукупністю ознак регіон відноситься до зони ризикованого землеробства. Один раз на 3–4 роки тут виникають несприятливі умови для отримання сходів, росту та формування врожайності озимих зернових культур.

Негативними чинниками є: нестача опадів восени; безсніжні та малосніжні зими; льодова кірка; промерзання ґрунту до 50 см; суховії; весняно-літній дефіцит продуктивних опадів; пилові бурі, видування ґрунту, пошкодження та засипання рослин; інтенсивні короткочасні зливи, що спричиняють ерозію на схилах понад 3°.

Метеоспостереження на дослідних ділянках ТОВ «Колос» Одеського району, Одеської області засвідчують суттєві коливання температурного режиму та кількості опадів у роки проведення досліджень. Зафіксовано епізоди повної відсутності опадів тривалістю до 83 днів.

Польові та лабораторні дослідження у 2024–2025 рр. проводилися на земельних масивах ТОВ «Колос» Одеського району Одеської області та в міжкафедральній лабораторії Агробіотехнологічного університету (ОДАУ).

Дослідні ділянки розташовані в межах Степової зони, яка традиційно відзначається оптимальними умовами для вирощування озимої пшениці.

Погодні умови періоду сівби озимих культур є одним із ключових чинників, що визначають інтенсивність ростових процесів рослин восени, їх здатність до успішної перезимівлі та потенційну продуктивність агроценозу. Встановлено, що температура повітря та стан зволоження орного шару на момент сівби формують стартові умови для проростання та укорінення, впливають на темпи накопичення пластичних речовин у вузлі кущіння та визначають ступінь підготовленості рослин до дії низьких температур у зимовий період (табл. 1, 3). Відхилення від оптимальних температурних показників, особливо на початкових етапах органогенезу, здатні значно змінювати тривалість осінньої вегетації, інтенсивність кущіння й стійкість рослин до абіотичних стресів.

Аналіз подекадних температур за осінньо-зимовий період 2024 року, зафіксований метеостанцією Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції, свідчить про істотні позитивні відхилення від багаторічних кліматичних параметрів. Упродовж вересня середньомісячна температура становила 21,3 °С, що на 4,7 °С вище норми, а протягом декад сягала 20–23 °С. Таке тепле завершення літа зумовило інтенсивний ріст рослин за умови достатньої ґрунтової вологи.

У жовтні подекадні температури становили 13,5–18,0 °С, а середньомісячний показник перевищив багаторічний орієнтир на 4,6 °С. Умови цього періоду забезпечували активне накопичення сухої речовини та сприяли формуванню добре розвиненої кореневої системи, що є важливим для успішної перезимівлі.

У листопаді середня температура досягла 8,1 °С при нормі 4,4 °С, що також підтверджує тенденцію до осіннього потепління. Особливо теплими виявилися перші дві декади (14,0 та 6,8 °С). Такі аномальні умови продовжили вегетаційний період рослин, що могло вплинути на їх фізіологічний стан при входженні у зиму.

Грудень відзначався середньомісячною температурою 4,7 °С, тобто на 4,3 °С вище від багаторічного показника. У цей час подекадні значення коливалися від 3,1 до 6,4 °С, що є нетиповим для зимового періоду Південного Степу. Відсутність тривалих морозів і нестабільний температурний режим могли позначитися на процесах загартування озимих культур та їх стійкості до можливих подальших температурних коливань.

Отже, температурні умови осінньо-зимового сезону 2024 року в Одеському регіоні формувалися за сценарієм значного перевищення середньобагаторічних норм, що характерно для сучасних кліматичних тенденцій Південного Степу і повинно бути враховано при оцінці стану посівів та прогнозуванні продуктивності озимих культур.(табл. 2.1, 2.2).

Таблиця 2.1.

Середньодакда температура, зафіксована на Одеській метеостанції протягом осінньо-зимового періоду 2024 року, °С.

Декада	Місяць			
	IX	X	XI	XII
1-а	23,2	15,2	14,5	3,0
2-а	19,8	13,3	6,5	4,2
3-я	18,2	21,0	3,4	6,3
Середня за місяць	21,3	15,5	8,1	4,7
Багаторічна норма	16,6	10,9	4,4	-0,4
Відхилення від норми	+4,7	+4,6	+3,7	+4,3

Погодні умови восени 2024 року, під час проведення сівби озимих культур, були малосприятливими для формування дружних сходів. У вересні спостерігалася аномально підвищена температура, що перевищувала багаторічну норму на 4,5 °С, при цьому опадів не зафіксовано (табл. 2).

**Опади на метеостанції Одеської сільськогосподарської дослідної станції
у 2024 році, мм**

Декада	Місяць			
	IX	X	XI	XII
1-а	0	1,2	13,4	2,4
2-а	0	3,2	21,8	12,7
3-а	0	0	48,3	0
Сума за місяць	0	4,4	82,5	15,1
Багаторічна норма	31,8	31,9	33,1	33,0
Відхилення від норми	-31,8	-28,0	+51,4	-18,1

У першій і другій декаді жовтня спостерігалися слабкі опади, які не сприяли активізації сходів. У третій декаді дощів не було зовсім. Загальна кількість опадів у жовтні склала лише близько 14 % від багаторічної норми, що не забезпечило відновлення вологості ґрунту на полях озимих культур.

Сходи в жовтні не з'явилися при будь-яких строках сівби через недостатню кількість продуктивної вологи у верхньому шарі ґрунту (табл. 2.2).

У листопаді випало 88,0 мм опадів, що становило близько 238 % місячної норми. Позитивне відхилення (+51,0 мм) створило сприятливі умови для розвитку посівів, проте частина насіння озимих вже втратила схожість.

У грудні кількість опадів була меншою за багаторічну норму і склала 15,0 мм (близько 46 % норми).

У рік досліджень мінімальні температури не досягли критичних значень. У грудні 2024 року температура повітря протягом усіх декад залишалася на рівні 3–6 °С, що значно перевищувало багаторічну норму. Озимі пшениця та ячмінь продовжували повільну вегетацію.

У січні 2025 року мінімальна температура знизилася до -8 °С. Вегетація припинилася 5 січня, що на один місяць пізніше від середньобагаторічної дати.

Лютий 2025 року характеризувався підвищеним температурним режимом

порівняно з багаторічними значеннями: середня температура за місяць становила 6,8 °С. Таким чином, зимовий температурний режим не призвів до загибелі озимих культур (табл. 2.3.)

Таблиця 2.3.

Подекадна середня температура повітря на метеостанції Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції у зимово-весняно-літній період 2025 року, °С

Декада	Місяць					
	I	II	III	IV	V	VI
1-а	3,1	7,3	5,0	16,2	16,5	22,1
2-а	-0,7	6,1	6,3	16,3	13,5	22,0
3-я	1,8	6,5	7,5	14,3	18,7	22,2
Середня за місяць	1,4	6,6	6,3	15,6	16,2	22,1
Багаторічна норма	-1,5	-1,0	2,7	9,0	15,2	20,0
Відхилення від норми	+2,9	+7,6	+3,6	+6,6	+1,0	+2,1

У березні спостерігалось поступове підвищення температури повітря, проте через аномально теплий лютий середня температура березня залишалася трохи нижчою за лютий.

З початку квітня відзначалося різке збільшення тепла: якщо в останню декаду березня середня температура становила 7,5 °С, то в першій декаді квітня вона піднялася до 16,2 °С. Середня температура місяця склала 15,6 °С, що на 6,6 °С перевищує багаторічну норму.

У травні температурний режим протягом місяця залишався близьким до багаторічних показників. Температура у перші три декади складала 16,5 °С, 13,5 °С та 18,7 °С відповідно. Середньомісячне значення – 16,2 °С, що на 1,0 °С вище норми.

Червень також виявився теплішим за норму – близько 22 °С. Максимальна температура піднімалася до 30–33 °С, поверхня ґрунту прогрівалася до 57–63 °С, а мінімальні температури повітря та ґрунту

коливалися в межах 11–15 °С.

Зимові опади були значно нижчими за багаторічні середні: грудень – 18,3 мм нижче норми, січень – 12,3 мм, лютий – 24,5 мм. В таких умовах початок вегетації озимої пшениці відбувався при підвищених температурах та обмеженій вологості ґрунту (табл.2.4).

Таблиця 2.4

Кількість опадів на метеостанції Одеської сільськогосподарської дослідної станції у зимово-весняний період 2025 року, мм

Декада	Місяць					
	I	II	III	IV	V	VI
1-а	8,1	2,6	0	2,1	1,6	10,2
2-а	6,2	1,1	50,5	15,2	1,2	17,8
3-а	3,8	0	43,0	47,5	37,5	6,0
Сума за місяць	18,1	3,7	93,5	64,8	40,3	34,0
Багаторічна норма	30,0	28,0	25,3	27,8	33,2	53,6
Відхилення від норми	-11,9	-24,3	+68,2	+37,0	+7,1	-19,6

Нопри відсутність снігового покриву, короткочасні морози не завдали шкоди зимуючим культурам.

За оцінками, накопичення продуктивної вологи на початок весни значною мірою залежало від опадів у холодний період. На 1 березня в орному шарі (0–20 см) під озимою пшеницею вологість ґрунту становила 22–24 мм, а у метровому шарі – близько 115 мм, що відповідало задовільним показникам, проте потребувало контролю.

Весна 2025 року була сприятливою за кількістю опадів. У другій декаді березня випало 51 мм, а в третій – 43 мм. У квітні опадів накопичилось 64,8 мм, що перевищило багаторічну норму на 37 мм, а травневі опади склали 40,3 мм, перевищивши норму на 7,1 мм. Весняні опади значно поліпшили стан посівів, проте підвищені температури та вітряна погода сприяли інтенсивному випаровуванню вологи, що проявлялося у тріщинах верхнього шару ґрунту до

25 см.

Червень був сухим: загальна кількість опадів становила 34 мм (46 % норми). Лише під час короткочасних злив у другій декаді поповнилася волога у верхньому шарі ґрунту.

Під час дозрівання озимої пшениці у липні спостерігалися рясні опади, що затримали збирання. Урожай був зібраний 14 липня.

2.2. Характеристика ґрунтів Південного Степу та агрохімічні властивості дослідних ділянок

Степові ґрунти України відзначаються високим потенціалом родючості. Відношення реальної родючості ґрунту при оптимальному забезпеченні ресурсами до родючості еталонного чорнозему слаболужного надпотужного для чорноземів становить 0,96–1,00, а для темно-каштанових ґрунтів – 0,85. Проте в умовах виробництва навіть за застосування високого рівня агротехніки ці значення знижуються відповідно до 0,55–0,63 та 0,52–0,56, зменшуючись у напрямку із заходу на південний схід Степу.

Переважаючи в регіоні чорноземи та темно-каштанові ґрунти характеризуються високою загальною пористістю – близько 50% від щільності складення, що забезпечує ефективну волого- та повітропровідність. У порівнянні з ними дерново-підзолисті ґрунти та солонці мають меншу пористість (38–42% і 40–46% відповідно). Показники аерації степових ґрунтів коливаються у межах 33–43%, за винятком середньосолонцюватих ґрунтів і солонців, де аерація знижена до 27–31%. Нормальний рівень аерації забезпечується, якщо при вологості, відповідній найменшій вологоємкості, залишаються вільними 20–40% пор, але не менше 15–20%.

Ґрунтоутворювальні породи Степу представлені лесоподібними, алювіальними, озерними, сольовими, делювіальними та пролювіальними відкладеннями. Леси, що вкривають площу Степу шаром 10–30 см, відіграють ключову роль, за винятком молодих терас річкових долин і ділянок сучасної денудації. Материнські породи мають важкосуглинкову текстуру, високу

пористість та карбонатність.

Територія Одеської області відноситься до інтенсивної степової агрокліматичної зони. Основним природним ресурсом регіону є родючі ґрунти, переважно чорноземи. Особливий рекреаційний потенціал забезпечується теплим морем, лікувальними грязями, мінеральними водами та морськими пляжами. На пониззі великих річок (Дунай, Дністер) і лиманів, а також на морському узбережжі та шельфовій зоні збереглися цінні природні комплекси, водно-болотні угіддя та екосистеми, що мають національне та міжнародне значення.

Ґрунтові процеси в Степу визначаються особливостями накопичення та розкладу органічної речовини степової рослинності. Щорічне надходження 25–30 т/га органічної маси зумовлює, що понад 75% її у вигляді відмерлих коренів накопичується у верхніх шарах ґрунту. Завдяки короткому циклу розвитку трав'яної рослинності кругообіг мінеральних речовин у степових ґрунтах відбувається у кілька разів інтенсивніше, ніж у лісовій зоні.

У степовій зоні поширені чорноземи звичайні, що займають 66,3% сільськогосподарських угідь і 66% орних земель, а також чорноземи південні – 20,2% і 22,7% відповідно. Південні чорноземи концентруються у Причорноморській низовині на схід від Дністра, займаючи 3,322 млн га, з яких 91,2% обробляється. Для них характерна диференціація профілю з ущільненим горизонтом, збагаченим мулистю фракцією, що інтенсивніше проявляється з півночі на південь.

Гумусованість профілю залежить від географічного розташування та гранулометричного складу материнської породи. Вміст гумусу у важкосуглинкових ґрунтах коливається від 3,0 до 3,5%. За гранулометричним складом серед південних чорноземів переважають важкосуглинкові – 86,1%, з доброю мікроструктурою: у мікроагрегатах 78–90% фракцій >0,01 мм.

Південні чорноземи менш родючі за чорноземи звичайні через менший вміст гумусу та лужну реакцію (рН 7,6–7,9). Загальний вміст азоту становить 0,1–0,2%, фосфору – 0,1–0,15%, рухомого фосфору – 40–120 мг/кг, обмінного

калію – 3–12 мг/кг ґрунту.

Дослідні ділянки ТОВ “Колос” Одеської області Одеського району розташовані на типових зональних ґрунтах – південних чорноземах важкосуглинкових, незмитих. Потужність гумусового горизонту складає 50–55 см. Орний шар (25 см) характеризується: гумус – 2,95%, сума ввібраних основ – 301–342 мг/кг, легкогідролізований азот – 113–138 мг/кг, рухомий фосфор – 114–131 мг/кг, обмінний калій – 101–111 мг/кг, рН – 7,8. Найнижчий рівень серед елементів живлення має калій.

2.3. Організація польових досліджень та методика оцінки продуктивності пшениці озимої

Польові експерименти, результати яких представлені в даній кваліфікаційній роботі, проводилися у 2024–2025 рр. на дослідних ділянках ТОВ «Колос» Одеського району Одеської області. При розробці схем дослідів з оцінки ефективності біологічних добрив, засобів захисту рослин та регуляторів росту враховувалися дані раніше опублікованих досліджень [11–14].

Усі досліді мали чотирикратну повторність. Площа посівних ділянок складала 86,4 м², а облікових – 52,8 м². Було проведено три польові досліді: один трьохфакторний та один однофакторний, у яких досліджували вплив попередників, внесення мінеральних добрив, а також хімічні та біологічні засоби захисту на продуктивність пшениці озимої сорту Богдана.

Дослід 1. Вивчали вплив попередників, мінерального живлення та передпосівної обробки насіння біологічними та хімічними препаратами на урожайність пшениці:

Фактор А – попередник: чорний пар, горох;

Фактор В – удобрення: контроль (без добрив), розрахункова доза калію (К), розрахункова доза повного мінерального добрива (NPK);

Фактор С – передпосівна обробка насіння: без обробки, комплекс біопрепаратів (Ризоагрін, ФМБ, Планріз), фунгіцид Вітавакс 200ФФ.

Розрахункові дози добрив встановлювалися на основі агрохімічного

аналізу ґрунту. Для чорного пару середня норма за роки досліджень складала K_{79} , $N_{54}P_{79}K_{79}$, а для гороху – K_{59} , $N_{40}P_{59}K_{59}$. Мінеральні добрива вносили під передпосівну культивуацію, інокуляцію насіння виконували безпосередньо перед сівбою зазначеними препаратами.

Дослід 2. Досліджували ефективність біологічних фунгіцидів щодо зниження ураження пшениці хворобами:

1. Контроль (без обробки),
2. Інокуляція насіння Вітаваксом 200ФФ (д.р. 200 г/л карбоксин + 200 г/л тирам);
3. Інокуляція насіння Планрізом (*Pseudomonas fluorescens*),
4. Інокуляція насіння Триходерміном (*Trichoderma lignorum*),
5. Інокуляція насіння Фітоспоріном (*Bacillus subtilis* 26Д),
6. Інокуляція насіння БСП (*Bacillus polymyxa* штам П),
7. Інокуляція насіння Гаупсіном (*Pseudomonas aureofaciens*).

Розміщення польових дослідів на дослідних ділянках здійснювалося з урахуванням принципів рендомізації та повторності, що забезпечує статистичну достовірність отриманих результатів. Відбір ґрунтових проб для визначення родючості проводили систематично на різних глибинах (0–20 см, 20–40 см та 40–60 см), що дозволяло оцінити як фізико-хімічні, так і агрохімічні властивості ґрунтів у профілі. Для забезпечення репрезентативності відбір здійснювали методом “сітки” або випадкових точок з кожної облікової ділянки, після чого проби були об’єднані в композитний зразок для подальшого лабораторного аналізу. Аналіз ґрунту включав визначення вмісту органічної речовини, макро- та мікроелементів живлення, кислотності (рН), механічного складу та вологості, що дозволяло встановити агрохімічний потенціал кожної ділянки [15–12].

Урожай зерна одержували шляхом прямого комбайнування в фазу повної стиглості, з дотриманням затверджених агрономічних строків збору відповідно до нормативів польових досліджень. Урожай з кожної дослідної ділянки збирали в марковані мішки, після чого масу зерна зважували й перераховували

на стандартні умови: 14 % вологості та 100 % чистоти, з подальшим перерахунком в тонни на гектар (т/га).

Вологість зерна визначали термостатно-ваговим методом, що є класичною, але досі широко застосовуваною методикою — зерно подрібнюють, висушують у сушильній шафі за контрольованої температури й часу, а потім обчислюють різницю маси до та після сушіння (наприклад, методи, описані у сучасних методичних оглядах методів вимірювання вологості сипких продуктів).

Оцінку кількості та якості клейковини в пшениці здійснювали за стандартними підходами. Зокрема, застосовували методи, сумісні з міжнародними стандартами (ДСТУ / ISO), які передбачають як ручне, так і інструментальне визначення сирої клейковини.

Вміст білка визначали класичним методом (наприклад, за К'ельдалем), що і досі використовується в багатьох лабораторіях зернової якості.

Масу 1000 зерен (натуру) вимірювали з використанням лабораторних вагів та спеціальних метрів для об'ємного зважування, що дозволяє отримати г/л — показник, важливий для технологічної оцінки зерна.

Склоподібність зерна визначали за допомогою діафаноскопії або візуально, враховуючи прозорість та структуру ендосперму зерна, що є сучасно визнаним підходом для оцінки якості зерна.

Структуру врожаю та “біологічний урожай” визначали шляхом відбору зразків пробних снопів із закріплених ділянок, що дозволяє оцінити як кількість зерна, так і його складові (кількість колосків, зерен на колос, масу 1000 зерен тощо).

Для економічної оцінки ефективності застосованих агротехнологій агротехнологій (попередники, добрива, засоби захисту) використовували адаптовані методики саме для умов Південного Степу України, базовані на сучасних регіональних рекомендаціях. Аналіз енергетичної ефективності технології проводився з використанням підходів, що враховують і витрати на мінеральні та біологічні добрива, і енерговитрати на агротехнічні операції.

Отримані дані піддавали статистичній обробці з використанням сучасних методів кореляційного та дисперсійного аналізу. Для цього застосовували комп'ютерні програми типу «Агростат» та інші пакети для статистичного аналізу, які надають можливість оцінити значущість факторів і їх взаємодію у дослідях.

2.4. Характеристика сорту пшениці озимої та біопрепаратів, використаних у дослідях

В Одеській області пшениця озима є однією з провідних сільськогосподарських культур. Щорічно на промислово значимих площах (понад 50 га) культивується понад 50 сортів, що відрізняються як агрономічними, так і біологічними показниками. Навіть у сприятливих агрометеорологічних умовах міжсортowa різниця у врожайності може становити десятки відсотків. Особливо виражено цей ефект під час екстремальних погодних явищ: низькі температури, відсутність снігового покриву та формування льодової кірки, яка може зберігатися до 20 і більше днів, призводять до пошкодження рослин. Ступінь пошкодження залежить від зимостійкості сорту, його морфофізіологічних особливостей та здатності адаптуватися до абіотичних стресів.

За даними досліджень відділу рослинництва, серед сортів озимої пшениці найвищою зимостійкістю та стійкістю до стресових факторів вирізнявся сорт Богдана [25]. Для польових дослідів із впровадження біологізованих технологій вирощування було теж даний сорт, який поєднує високі продуктивні та якісні показники зерна (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Рослини пшениці озимої сорту Богдана на дослідних ділянках ТОВ “Колос” Одеського району, Одеської області, 2025 р.

Сорт Богдана був виведений Інститутом фізіології рослин і генетики НАН України та Миронівським інститутом пшениці імені В. М. Ремесла НААН. Він занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2006 році та рекомендований для вирощування в Поліссі, Лісостепу та Степу.

Богдана - це середньостебловий сорт інтенсивного типу, середньостиглий. Рослини відзначаються високою морозостійкістю, доброю посухостійкістю та високою стійкістю до вилягання. Середньостійкий до ураження борошнистою росою та бурою листовою іржею. Зерно характеризується високою стійкістю до осипання.

Пшениця даного сорту відноситься до сильних сортів за хлібопекарськими властивостями. Вміст білка становить 12,9–14,7 %, сирої клейковини - 26,6–32,3 %, сила борошна - 242–365 о.а., об’єм хліба з 100 г борошна - 830–1110 мл. Загальна оцінка хлібопекарських властивостей - 4,2–5,0 бала, що дозволяє віднести зерно до високоякісного хлібопекарського класу.

Сорт демонструє високу продуктивність і добре пристосований до посушливих умов. За даними оригінатора, середня врожайність у конкурсних випробуваннях становила 79,5 ц/га, що на 13,8 ц/га перевищувало

національний стандарт.

Рекомендується вирощувати даний сорт за інтенсивною технологією із внесенням оптимальних норм мінеральних добрив. Для запобігання вилягання на високих фонах живлення доцільне застосування ретардантів. Обов'язковими є заходи захисту рослин від шкідників та хвороб, особливо після викидання колосу, із застосуванням фунгіцидів (наприклад, Альто Супер, Фалькон, Фолікур).

Для підвищення якості зерна проводять третє підживлення сухими азотними добривами або позакореневе внесення карбаміду (N 10–15 кг/га) у фазі колосіння - молочної стиглості.

Рекомендована густота - 4,5–5,5 млн схожих зерен на 1 га, залежно від агрокліматичної зони та забезпечення вологою.

У польових дослідках оцінювали ефективність наступних біопрепаратів, які виконують комплексну функцію стимуляції росту рослин, підвищення їх імунітету та захисту від патогенів:

Планріз – містить бактерії *Pseudomonas fluorescens* штам AP33. Механізм дії, це пригнічення грибкових і бактеріальних патогенів у ризосфері та на поверхні насіння; продукування антибіотиків, ферментів та біологічно активних метаболітів, що стимулюють ріст кореневої системи, а також покращує азотне та фосфорне живлення рослин.

Ризоплан – азотфіксуючий та рістстимулюючий препарат. Діє через: синтез сидерофорів, що зв'язують і транспортують іони металів, пригнічуючи фітопатогени. Продуковані ферменти і антибіотики обмежують розвиток корневих гнилей. Стимулює утворення рістрегулюючих метаболітів і органічних кислот, що підвищують доступність фосфору.

Триходермін – аеробний гриб *Trichoderma lignorum*. Механізми дії: пряме паразитування на патогенних грибах; вироблення антагоністичних біологічно активних речовин; прискорення розкладу органічної речовини та мобілізації поживних елементів у ґрунті.

БСП – на основі *Bacillus polymyxa* штам П. Виконує антифітопатогенну

функцію і стимулює ріст паростків за рахунок виділення екзополісахаридів та антибіотичних метаболітів.

Фітоспорін – заснований на *Bacillus subtilis* 26. Особливості дії: пригнічує патогени у міжклітинному просторі рослин; обмежує розвиток кореневої гнилі у прикореневому ґрунті.

Гаупсін – двоштамовий біоінсектицид і фунгіцид на основі *Pseudomonas aureofaciens* штам ІМВ 2637, призначений для контролю грибних хвороб і шкідників широкого спектра.

Ризоагрін – водна суспензія *Agrobacterium radiobacter* штам 204, яка стимулює азотне живлення, збільшує біомасу та кількість продуктивних пагонів, має фунгіцидний ефект.

Усі препарати проявляють комплексну дію: стимулюють ріст рослин, підвищують врожайність, покращують якість зерна та стійкість культур до абіотичних та біотичних стресів, що робить їх невід’ємною частиною сучасних біологізованих технологій вирощування пшениці.

2.5. Агротехнічні заходи вирощування озимої пшениці на дослідних ділянках

З урахуванням біологічних особливостей сорту та його продуктивного потенціалу, розробка елементів біологізованої технології вирощування пшениці озимої здійснювалася відповідно до чинного законодавства України, правил агрономічної практики та нормативних регламентів. Підготовка ґрунту проводилася із забезпеченням рівномірної глибини обробітку, формуванням структурно цінної орної поверхні без утворення розвалів та гребенів і ретельним вирівнюванням поля, відповідно до методичних рекомендацій з управління якістю польових механізованих робіт [25].

Система обробітку ґрунту на дослідних ділянках ТОВ “Колос” Одеського району Одеської області була комбінованою: під чорний пар та ярі культури застосовувалася оранка на глибину 24–26 см сучасними плугами з передніми дисками та регульованими полицями, під озимі культури виконували

поверхневий обробіток із рихленням за допомогою сучасного агрегату БДТ-8М та культивацію високопродуктивними культиваторами з стрілчастими лапами. Додаткові операції — дискування, боронування, прикочування, внесення гербіцидів, захист рослин від шкідників та позакореневе підживлення — здійснювалися на сучасних тракторах John Deere 6145М та Case IH Puma 180, оснащених відповідними агрегатами і причіпними робочими органами.

Сівба пшениці озимої сорту Богдана проводилася в оптимальні агротехнічні строки (з 26 вересня по 5 жовтня) агрегатом CLAAS Axos 340 + сівалка точного висіву Monosem NG Plus із прикочуванням сучасними кільчасто-шпоровими котками СТС-6. Норма висіву становила 4,5 млн схожих насінин на 1 га, при глибині загортання 6–7 см.

У першому досліді виконували фонове підживлення рослин азотними добривами N_{60} у фазу виходу в трубку. Знезараження насіння попередника (гороху), забезпечення рослин елементами живлення, контроль чисельності мишовидних гризунів та захист вегетуючих рослин від патогенів здійснювали за допомогою біологічних препаратів; у разі епіфітотій застосовували хімічні засоби захисту.

У польових дослідях для контролю збудників хвороб пшениці озимої обробку посівів у фазу трубкування проводили сучасним системним фунгіцидом із діючою речовиною тебуконазол або протіконазол (Фолікур OD) у нормі 0,5 л/га. У фазу «прапорцевого листка» застосовували сучасний фунгіцид на основі пропіконазолу або метконазолу (Тарга Супер) у нормі 0,5 л/га.

Для захисту від комплексу шкідників у період «колосіння» та «молочна стиглість зерна» виконували обробку сумішшю карбаміду N_{30} та сучасного інсектициду широкого спектра дії Енжіо 247 SC, у розрахунку на 1,0 кг/га активної речовини.

Збирання врожаю проводилося прямим комбайнуванням у фазу повної стиглості зерна з усієї облікової площі з використанням сучасних зернозбиральних комбайнів CLAAS LEXION 780 та New Holland CR10.90,

оснащених автоматичними системами регулювання обмолоту та контролю втрат зерна. Урожайність перераховували в тонни на гектар, а зразки зерна відбирали для визначення структури врожаю, проведення біохімічних досліджень та подальшого лабораторного аналізу якості зерна.

Одже, кліматичні умови Південного Степу України відзначаються високим тепловим потенціалом та значною інтенсивністю сонячної радіації на фоні дефіциту атмосферних опадів. Раз на 3–4 роки спостерігаються екстремальні метеорологічні явища, що негативно впливають на сходи, ріст, розвиток та формування врожайності озимих зернових культур. До таких несприятливих факторів відносяться: нестача опадів у осінній період; безсніжні зими; формування поверхневої льодової кірки; суховії; відсутність продуктивних весняно-літніх опадів; пилові бурі; ерозійне видування ґрунту; короткочасні інтенсивні зливові опади. Найбільш критичними для продуктивності рослин є посуха та суховії, а також випадки сильних дощів. Незважаючи на річну варіабельність погодних умов, загальні параметри періоду вегетації озимої пшениці були типовими для Південного Степу, що дозволяє рекомендувати результати досліджень для широкого використання у зональних системах землеробства.

Ґрунти Одеської області характеризуються високим природним потенціалом родючості та здатні забезпечувати рослини поживними речовинами. Проте для отримання стабільних високих урожаїв озимої пшениці необхідне внесення додаткових елементів живлення, оскільки їхній природний вміст у ґрунті недостатній. Для формування науково-обґрунтованої та екологічно безпечної системи удобрення сучасних сортів пшениці доцільно застосовувати розрахункові дози мінеральних і біологічних добрив, що одночасно підвищують врожайність зерна та покращують його якісні показники.

Урожайність і якість зерна озимої пшениці значною мірою визначаються комплексом агротехнічних заходів, реалізованих на рівні кожного поля. Особливу роль у досліджуваних технологіях відіграли біологічні препарати,

застосування яких дозволило виявити їх ефективність та специфіку дії. Формування агротехнічного комплексу відповідало умовам зони досліджень і включало: якісний обробіток ґрунту; дотримання оптимальних строків сівби після всіх попередників; виконання всіх технологічних операцій у регламентовані строки для забезпечення максимального продуктивного потенціалу сорту.

РОЗДІЛ 3

ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД РОЛІ ЕЛЕМЕНТІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ У ТЕХНОЛОГІЇ ЇЇ ВИРОЩУВАННЯ

Досягнення високої врожайності озимої пшениці є неможливим без глибокого аналізу особливостей її росту та розвитку як упродовж окремих міжфазних періодів, так і за весь цикл вегетації в умовах варіативних технологій вирощування. Вивчення впливу природних та агротехнічних факторів на формування продуктивної частини врожаю має ключове значення для удосконалення технологічних підходів. Варто наголосити, що кожна стадія онтогенезу озимої пшениці висуває специфічні вимоги до умов вирощування, які необхідно враховувати під час розроблення технології та її коригування відповідно до поточного стану погоди та економічних можливостей господарства. Водночас одним із базових компонентів сучасних технологій є комплексний захист посівів на всіх етапах розвитку рослин, що забезпечується використанням хімічних і біологічних засобів захисту рослин.

3.1. Польова схожість насіння озимої пшениці та тривалість міжфазних періодів залежно від досліджуваних факторів

Однією з ключових передумов формування високої та стабільної врожайності сільськогосподарських культур, зокрема озимої пшениці, є застосування високоякісного насіннєвого матеріалу. В умовах сучасного аграрного виробництва України поширеною проблемою залишається використання насіння з пониженими показниками якості, що переважно зумовлено економічними обмеженнями. Водночас підвищення ефективності галузі потребує удосконалення функціонування національної системи насінництва та запровадження контролю саме за якісними характеристиками насіння. На практиці насіннєву продуктивність культури часто оцінюють без урахування таких важливих параметрів, як енергія проростання, маса 1000 насінин, вологість та інші фізіолого-біохімічні показники. При цьому

необхідно брати до уваги біологічні властивості озимої пшениці та її реакцію на змінні фактори довкілля.

У межах польового експерименту було досліджено вплив біологічних препаратів Ризоагрін (препарат азотфіксувальних мікроорганізмів), ФМБ (культури фосфатмобілізуєчих бактерій) та біофунгіциду Планріз на показники польової схожості та густоту рослин на 1 м² після різних попередників — чорного пару та гороху (рис. 3.1).

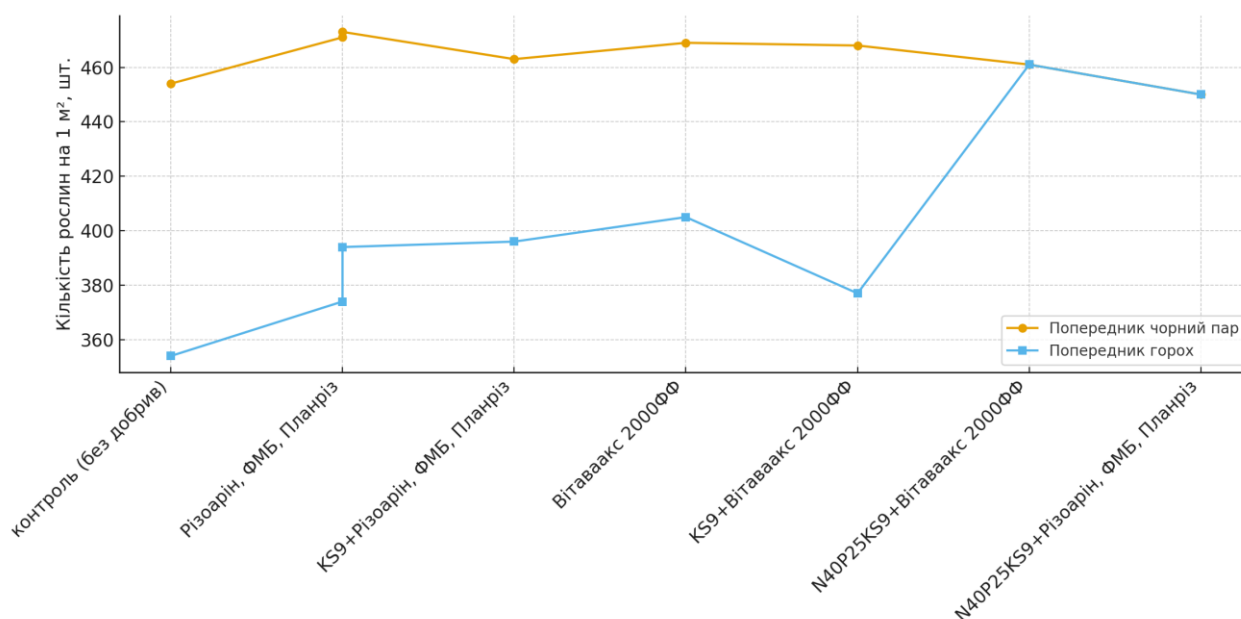


Рис. 3.1. Вплив біопрепаратів, пестицидів та мінеральних добрив на кількість рослин пшениці озимої при її вирощуванні після різних попередників, шт./м² (середнє за 2024-2025 рр.)

Аналіз експериментальних результатів засвідчив, що після попередника чорний пар на контрольному варіанті густота стояння рослин озимої пшениці становила приблизно 435 шт./м², що відповідає близько 96% польової схожості. Інокуляція насіння композицією біопрепаратів Різоарін + ФМБ + Планріз сприяла збільшенню цього показника до 451–452 шт./м², що фактично забезпечило повну реалізацію польової схожості.

При внесенні основної дози мінеральних добрив N₅₉P₇₉K₇₉ під передпосівний обробіток ґрунту густота рослин досягала 443 шт./м², що

відповідало близько 98% схожості. У варіантах, де на фоні мінерального живлення насіння протруювали фунгіцидом Вітавакс 2000ФФ або обробляли біопрепаратами, рівень густоти становив відповідно 430–431 шт./м² та 426 шт./м², що відповідало 94–96% польової схожості.

На ділянках, де попередником був горох, за аналогічної схеми вирощування, але без внесення основних добрив, контрольний варіант забезпечив 339 шт./м² або близько 75% схожості. Застосування мікробних препаратів дозволило суттєво підвищити густоту сходів: у цих варіантах показники варіювали в межах 358–379 шт./м², що відповідало 80–84% польової схожості.

У разі доповнення технології внесенням калійного добрива (K59) інокуляція насіння забезпечила збільшення густоти до 379 шт./м², а польова схожість зросла до 84%. Обробка насіння фунгіцидом Вітавакс 2000ФФ давала змогу формувати в середньому 388 шт./м², що відповідало 86% реальної схожості.

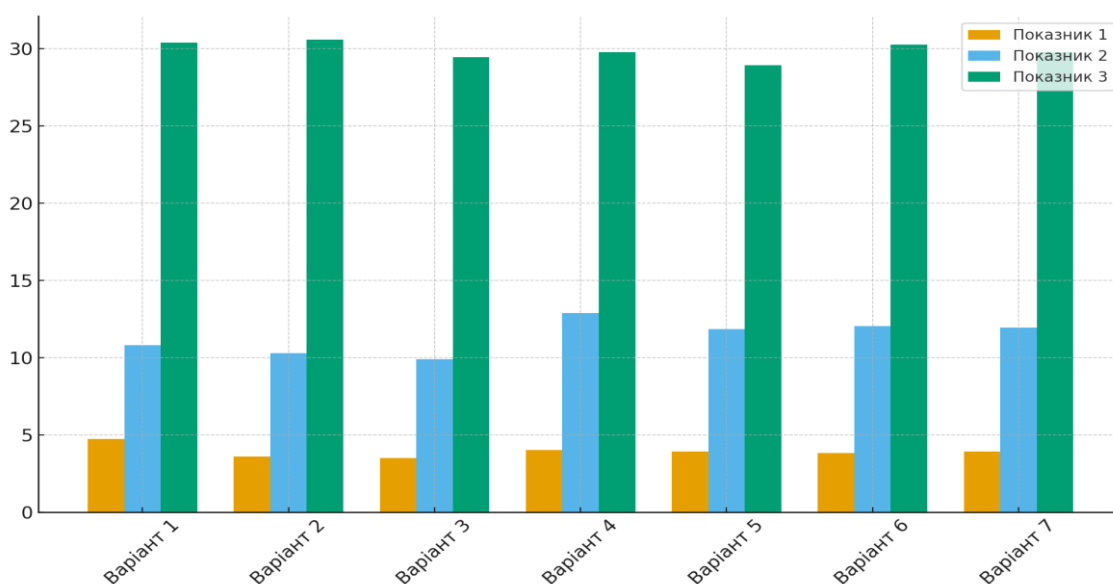
Найвищі значення густоти рослин після попередника горох були відмічені у варіантах з внесенням розрахункових доз N40P59K59 у поєднанні з протруюванням Вітаваксом 2000 ФФ та біологічними препаратами, де формувалося 431–441 шт./м², що відповідало 96–98% польової схожості.

У цілому встановлено, що після попередника горох густота стояння рослин була нижчою, ніж після чорного пару, на 60–95 шт./м² (або 16–28%), особливо за відсутності мінеральних добрив. Водночас у двох варіантах із внесенням повних розрахункових доз мінерального живлення та комплексною обробкою насіння (фунгіцид + біопрепарати) відмічено цікаву закономірність: після попередника горох кількість рослин була на 1–3% більшою, ніж у відповідних варіантах після чорного пару, що пояснюється позитивним азотфіксуючим ефектом бобової культури.

У фазі виходу рослин у трубку — коли перший стебловий вузол піднімається на 2–5 см над рівнем ґрунту — було проведено фонове позакореневе підживлення карбамідом у дозі N60 кг/га. Саме в цю фазу

виконували подальші визначення впливу різних варіантів мінерального й біологічного живлення на морфогенез рослин: кількість пагонів у розрахунку на одну рослину, площу листової поверхні та довжину стебла.

Спостереження за ростовими процесами пшениці озимої після попередника чорний пар у фазу виходу рослин в трубку свідчать про відмінності в динаміці впливу досліджуваних факторів на параметри ростових процесів. Так, при вирощуванні досліджуваної культури після чорного пару кількість пагонів була найбільшою у контрольному варіанті – 4,6 шт., а в інших варіантах даний показник істотно знизився на 17,9-31,4% (рис. 3.2). Різниця кількості пагонів між варіантами з хімічною обробкою та з елементами біологізації знаходилася приблизно на одному рівні – 3,4-3,9 шт.



* Показник 1 - кількість пагонів, шт; показник 2 - кількість листків, шт; показник 3 - довжина стебла, см

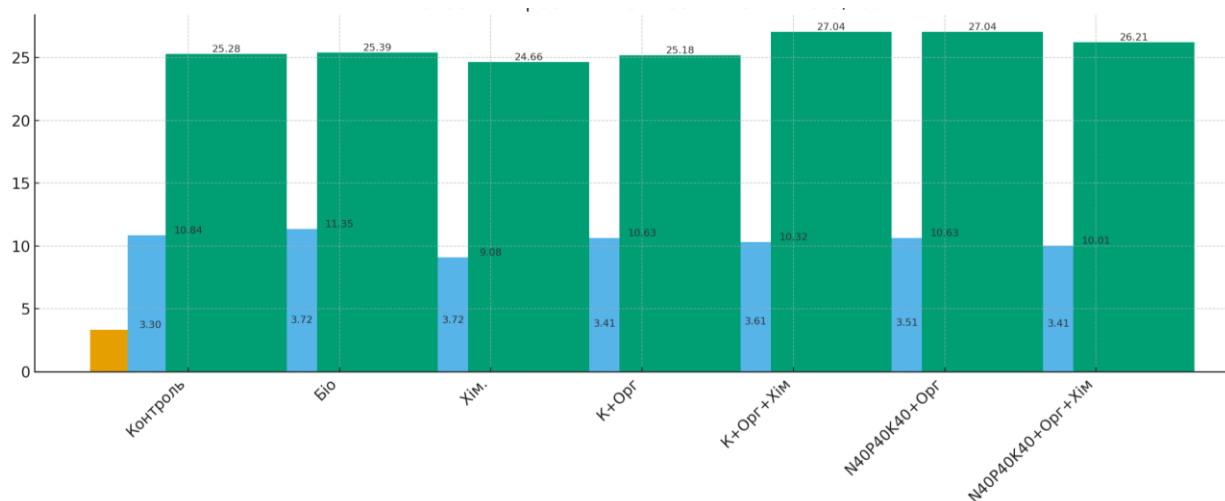
** Варіант 1 - Контроль; Варіант 2 - обробка комплексом біологічних препаратів перед сівбою; Варіант 3 - хімічна обробка Вітаваксом 200 ФФ; Варіант 4 - обробка К₇₉ з комплексом біологічних препаратів; Варіант 5 - внесення К₇₉ з хімічною обробкою Вітаваксом 200 ФФ; Варіант 6 - внесення N₅₄P₇₉K₇₉ з комплексом біологічних препаратів; Варіант 7 - внесення N₅₄P₄₉K₄₉ з хімічною обробкою Вітаваксом 200 ФФ.

Рис. 3.2. Ріст і розвиток рослин озимої пшениці у фазі трубкування за технології з елементами біологізації після чорного пару (середнє за 2024–2025 рр.)

За даними варіантів досліду, найменшу кількість листків сформували рослини у варіанті з використанням хімічного протруйника, де значення показника становило близько 10,0–10,5 шт. Натомість найбільшу кількість листків – 12,0–12,3 шт. – відмічено у варіанті, де поєднували внесення калійного добрива під основний обробіток ґрунту з обробкою насіння комплексом біологічних препаратів (Ризоагрін, ФМБ, Планріз). Таким чином, розбіжність між мінімальним та максимальним рівнем цього параметра становила приблизно 30%, що свідчить про виражений вплив біологічних засобів і калійного живлення на листковий апарат рослин.

Довжина стебла також істотно варіювала залежно від технологічних прийомів. Найвищі значення (близько 30 см) спостерігалися у варіантах із застосуванням біологічних препаратів для передпосівної обробки насіння. У варіанті, де використовувалося калійне добриво разом із хімічним протруйником, довжина стебла зменшувалася до 29 см, що становить зниження приблизно на 5–6% порівняно з максимальним значенням.

Узагальнення отриманих результатів показує, що коливання показників росту й розвитку озимої пшениці за умов технології з елементами біологізації після попередника гороху були менш вираженими, ніж у разі вирощування культури після чорного пару (рис. 3.3). Це свідчить про стабільніший перебіг ростових процесів та кращий фізіологічний стан рослин за використання попередника-бобової культури.



* Показник 1 - кількість пагонів, шт; показник 2 - кількість листків, шт; показник 3 - довжина стебла, см

Рис. 3.3. Динаміка росту та розвитку озимої пшениці у фазі трубкування за біологізованої технології після гороху на зерно (середнє за 2024–2025 рр.).

Максимальна кількість пагонів формувалася у варіантах, де насіння обробляли біологічними та хімічними препаратами, у середньому 3,72 шт. Найнижче значення цього показника зафіксовано на контролі - 3,3 шт., що на 11,3 % менше порівняно з обробленими варіантами.

Число листків на одну рослину виявилось найменшим у разі застосування хімічного протруйника Вітавакс 200 ФФ - 9,08 шт. На противагу цьому, передпосівна обробка біологічними препаратами Ризоагрін, ФМБ та Планріз забезпечила збільшення кількості листків до 11,35 шт. на рослину, що відповідає приросту на 25%.

Найдовше стебло – 27,02 см - формувалося у варіантах з внесенням калійного добрива в нормі K_{59} та за хімічного протруєння насіння фунгіцидом Вітавакс 200 ФФ, а також при повному мінеральному живленні ($N_{40}P_{59}K_{59}$) у поєднанні з біологічними препаратами. У разі застосування лише хімічного протруйника довжина стебла скорочувалася до 23,9 см, тобто на 9,6%.

Зернові культури під час вегетації проходять стандартну послідовність фенологічних фаз: проростання, поява сходів, кушіння, вихід у трубку, колосіння, цвітіння, формування та досягання зерна [29]. У межах

дослідження, присвяченого вирощуванню озимої пшениці з елементами біологізації, проводили детальний моніторинг динаміки й тривалості цих фаз під впливом різних варіантів протруєння насіння. Оцінювали ефективність хімічних та біологічних препаратів у підвищенні продуктивності рослин і поліпшенні фітосанітарного стану агрофітоценозу. Контрольним слугував варіант із традиційним захистом: фунгіцид Байлетон на початку виходу в трубку та Тілт у фазу прапорцевого листка. У фазах колосіння та молочної стиглості виконували позакореневе підживлення у поєднанні з інсектицидом Енжіо.

Тривалість міжфазних періодів після попередника чорний пар істотно змінювалася за роками вегетації, що було зумовлено погодними умовами - середньодобовою температурою, вологістю повітря та кількістю опадів. Так, за температури 13,0°C від сівби до повних сходів проходило: на контролі - 5 днів, у біологічному варіанті - 5 днів, у хімічному - 6 днів. Наступний період - від повних сходів до кушіння - спостерігався за середньої температури 8,5°C і тривав відповідно 27 днів на контролі та 26 днів - у варіантах із застосуванням препаратів.

За умов біологізованої технології після чорного пару тривалість ранніх міжфазних періодів практично збігалася з показниками після попередника горох. Найбільше подовження фаз росту відмічено у 2023–2024 рр., що було пов'язано з високими температурами та посухою на початку органогенезу. Дефіцит продуктивної вологи затримував появу сходів, і період від сівби до їх формування зростав до 21–23 днів. У 2023–2024 та 2024–2025 роках спостерігалось навпаки — скорочення міжфазних проміжків у середньому на 4,1 і 3,7%.

Узагальнюючи результати багаторічних спостережень, встановлено, що на стартових етапах розвитку сорту Богдана різниця між варіантами попередників майже не проявлялася: період від початку розвитку до повних сходів становив стабільно 5 днів незалежно від технології.

Найбільш відчутні відмінності між варіантами фіксували у фазах «відновлення вегетації - вихід у трубку» та «вихід у трубку - колосіння». Так, після чорного пару перший період тривав 43 дні, тоді як після гороху - 34 дні, що на 26,5% менше. Натомість від виходу в трубку до колосіння ситуація була протилежною: після гороху цей проміжок становив 40 днів, після чорного пару - лише 31 день (скорочення на 29,1%). Це зумовлено різною реакцією рослин на доступність вологи й поживних речовин, а також більш ранньою активізацією ґрунтових біологічних процесів у чорному парі, що сприяло формуванню вищої вегетативної маси та потенціалу урожайності.

А починаючи з фази колосіння і до настання повної стиглості різниця в тривалості міжфазних періодів знову вирівнювалася, подібно до початкових етапів органогенезу. У варіантах із попередниками «чорний пар» та «горох» цей показник був фактично однаковим, а за наявності відмінностей вони становили не більше 1–2 днів.

3.2. Формування листкової поверхні, фотосинтетична активність та динаміка накопичення біомаси рослин

Функціонування фотосинтетичного апарату зернових колосових культур у посівах пшениці озимої відіграє визначальну роль у реалізації її продуктивного потенціалу за різних попередників та застосування інтенсивних технологій вирощування, доповнених елементами біологізації. Оскільки фотосинтез забезпечує формування як кількісних, так і якісних характеристик урожаю, оцінка параметрів фотосинтетичної активності дає можливість обґрунтувати ефективність агротехнічних заходів і ступінь їхнього впливу на кінцеву продуктивність культури. Відомо, що оптимальна площа листкової поверхні сприяє більш раціональному використанню рослинами кліматичних, ґрунтових і агротехнічних ресурсів [29].

Забезпечення сприятливих, екологічно врівноважених умов для роботи фотосинтетичного апарату протягом усього періоду вегетації є важливою

передумовою формування високопродуктивних агроценозів. Величина продуктивності пшениці озимої визначається площею та тривалістю функціонування листків, чистою продуктивністю фотосинтезу та ефективністю перерозподілу асимілятів між органами рослин, зокрема господарсько-цінною частиною врожаю. Тому розроблення раціональних агрозаходів неможливе без детального аналізу структурних елементів фотосинтетичної діяльності, що відображають реакцію рослин на метеорологічні умови та антропогенні чинники [20].

Встановлено, що високий рівень агротехнічного забезпечення (оптимізація норм мінерального живлення, своєчасний ґрунтовий обробіток, дотримання строків сівби, інтегрована система захисту та вибір продуктивних, стійких до вилягання сортів) сприяє збільшенню листкової поверхні, що, у свою чергу, позитивно позначається на рівні врожайності та якості зерна [21]. Обсяги та динаміка формування листкової поверхні значною мірою визначаються генетичними особливостями сортів: найпродуктивніші генотипи здатні формувати її на рівні 30–50 тис. $\text{м}^2/\text{га}$ [22].

В результаті досліджень за попередником «чорний пар» у фазу весняного кушіння, виявлено найменшу листкову поверхню у контрольному варіанті - 2,25 тис. $\text{м}^2/\text{га}$. Застосування хімічних і біологічних препаратів для передпосівної обробки насіння, а також внесення мінеральних добрив ($\text{N}_{54}\text{P}_{79}\text{K}_{79}$) збільшувало показник до 4,73–4,88 тис. $\text{м}^2/\text{га}$, тобто в 2,2–2,3 рази.

У варіанті інокуляції насіння препаратами Ризоагрін, ФМБ і Планріз у фазу виходу в трубку площа листкової поверхні становила 9,0 тис. $\text{м}^2/\text{га}$, тоді як застосування фунгіцидного протруйника Вітавакс 200 ФФ забезпечило незначне підвищення - до 9,3 тис. $\text{м}^2/\text{га}$. Максимальні показники (10,9 тис. $\text{м}^2/\text{га}$) були зафіксовані у варіантах, де поєднували інокуляцію з внесенням мінеральних добрив.

У фазу колосіння найбільшу листкову поверхню - 42,2 тис. $\text{м}^2/\text{га}$ - сформували посіви, де застосовували комплексне мінеральне добриво та

біологічні препарати для передпосівної обробки. Це перевищувало інші варіанти на 8,2–41,2 %, а контроль - на 57,5 %.

У фазу воскової стиглості відбувалося закономірне зменшення показника, але він залишався високим у варіантах з внесенням NPK та біологічними препаратами.

Формування асиміляційної поверхні після поредника гороху відбувалося за подібними закономірностями. На початку весняної вегетації контрольний варіант характеризувався площею 1,69 тис. м²/га, тоді як максимальний показник - 3,04 тис. м²/га - зафіксовано за поєднання біологічних препаратів з добривами N₄₀P₅₉K₅₉, що на 80,3 % вище контролю.

У фазу трубкування різниця між варіантами зростала: за інокуляції та внесення розрахункової дози макродобрив площа листкової поверхні збільшилася до 3,31 тис. м²/га (на 27,3 % більше контролю), що свідчить про активізацію фізіолого-біохімічних процесів і кращий поживний режим рослин.

Найвищий рівень асиміляційної поверхні, як і за попередником «чорний пар», формувався у фазу колосіння - 28,3 тис. м²/га. Це на 28,1 % перевищувало варіант із застосуванням хімічного протруйника за однакової дози калію. Внесення повної норми добрив N₄₀P₅₉K₅₉ дещо знижувало листову поверхню до 26,2–25,1 тис. м²/га.

Перед збиранням урожаю у фазу воскової стиглості спостерігалось істотне зменшення листкової поверхні (у 1,3-1,6 рази), що є типовим для природної динаміки старіння рослин і завершення вегетаційного циклу.

Проведені дослідження засвідчили параболічний характер змін індексу листкової поверхні залежно від фаз росту пшениці озимої за інтенсивних технологій з елементами біологізації після попередників «чорний пар» і «горох» (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Зміна індексу площі листя в технології з елементами біологізації після
різних попередників (середнє за 2024-2025 рр.)**

Попередник (фактор А)	Основне удобрення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор С)	Фази розвитку			
			весняне кущіння	вихід в трубку	колосіння	воскова стиглість
Чорний пар	Без добрив	Без обробки	0,23	0,56	2,71	1,92
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	0,30	0,92	3,41	2,34
		Вітавакс 200ФФ	0,46	0,92	3,40	2,34
	К ₇₉	Без обробки	0,28	0,56	2,72	1,94
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	0,39	0,93	3,61	2,49
		Вітавакс 200ФФ	0,49	0,87	3,15	2,19
	N ₅₄ P ₇₉ K ₇₉	Без обробки	0,28	0,68	2,96	2,07
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	0,47	1,04	4,20	3,63
		Вітавакс 200ФФ	0,47	1,02	3,95	3,45
Горох	Без добрив	Без обробки	0,17	0,28	1,85	1,27
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	0,18	0,35	2,35	1,62
		Вітавакс 200ФФ	0,22	0,39	2,47	1,67
	К ₅₉	Без обробки	0,19	0,27	1,85	1,32
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	0,20	0,39	2,83	1,97
		Вітавакс 200ФФ	0,22	0,35	2,24	1,54
	N ₄₀ P ₅₉ K ₅₉	Без обробки	0,26	0,38	1,99	1,48
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	0,31	0,51	2,68	1,84
		Вітавакс 200ФФ	0,30	0,43	2,54	1,75
Середнє за фазами розвитку			0,30	0,58	2,84	2,06

При вирощуванні пшениці після чорного пару, починаючи з фази весняного кущіння й до колосіння, у варіантах із внесенням основного мінерального удобрення та на фоні інокуляції насіння біопрепаратами (Ризоагрін, ФМБ, Планріз) індекс площі листової поверхні підвищувався до 0,47–0,47 у порівнянні з 0,23 на контрольних ділянках без добрив і обробки насіння, тобто в 2,0–2,1 раза.

У наступні фази розвитку (вихід в трубку, колосіння, воскова стиглість зерна) показники індексу листової поверхні істотно зростали у всіх сполученнях факторів. Найбільш помітне збільшення спостерігалось у варіантах з попередником чорний пар, внесенням розрахункової дози мінеральних добрив (N₅₄P₇₉K₇₉) та обробкою насіння біологічними і хімічними препаратами. Так, у фазу колосіння індекс площі листя досягав 3,95–4,20, а у

фазу воскової стиглості зерна дещо зменшувався до 3,45–3,63 унаслідок підсихання листкової маси.

У середньому по всіх факторах і міжфазних періодах спостерігалось зростання індексу площі листя у 2,0–9,5 раз: від 0,30 у фазу весняного кушіння до 0,58–2,84 у подальші фази розвитку. Максимальні значення досліджуваного показника фіксувалися у фазу колосіння, а до фазу воскової стиглості зерна він знижувався на 36–38 %.

Фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП) тісно корелює з площею листкової поверхні рослин. Від продуктивності фотосинтезу залежать кількісні та якісні параметри врожаю, тому важливо створювати оптимальні умови для його підвищення. Результати досліджень показують, що вирощування пшениці озимої після різних попередників із внесенням калійних та повних мінеральних добрив, а також обробкою насіння біологічними та хімічними препаратами значно впливає на фотосинтетичний потенціал у різні фази розвитку рослин.

Так, при застосуванні елементів біологізації після попередника чорний пар на контролі у міжфазний період від весняного кушіння до виходу в трубку ФПП у середньому за 2024–2025 рр. становив 158,6 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$, тоді як після попередника горох - лише 91,6 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$, тобто на 71,3 % менше.

Інокуляція насіння біопрепаратами у цей же період підвищувала ФПП на 31,6 % після чорного пару та на 18,8 % після гороху. Хімічне протруювання насіння (Вітавакс 200ФФ) сприяло ще більшому зростанню: 84,5 % і 37,8 % відповідно.

Внесення калійних та повних мінеральних добрив у цей період забезпечувало стабільне підвищення ФПП у середньому на 17,9–39,2 % - від 219,9 до 259,4 та 306,2 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$ після чорного пару і від 108,8 до 109,5 та 144,1 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$ після гороху (зростання на 6–32,4 %). Максимальні значення ФПП спостерігалися у варіантах із комбінованою обробкою насіння біологічними та хімічним протруйником Вітавакс 200ФФ для обох попередників.

Таблиця 3.2

Фотосинтетичний потенціал у системі з елементами біологізації залежно від попередників, г/см² × добу (середнє значення за 2024–2025 рр.)

Попередник (фактор А)	Основне удобрення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор С)	Міжфазні періоди		
			весняне кущіння – вихід в трубку	вихід в трубку – колосіння	колосіння – воскова стиглість
Чорний пар	Без добрив	Без обробки	158,4	511,6	838,2
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	208,5	589,9	935,7
		Вітавакс 200ФФ	292,3	692,9	934,3
	К ₇₉	Без обробки	213,0	568,4	783,7
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	281,0	727,3	997,5
		Вітавакс 200ФФ	285,8	644,6	999,2
	N ₅₄ P ₇₉ K ₇₉	Без обробки	257,7	680,0	1028,3
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	342,6	849,9	749,4
		Вітавакс 200ФФ	321,8	786,0	816,4
Горох	Без добрив	Без обробки	192,8	347,9	589,7
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	109,9	426,1	729,9
		Вітавакс 200ФФ	128,7	454,7	769,9
	К ₅₉	Без обробки	199,3	342,6	586,3
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	114,9	504,0	874,1
		Вітавакс 200ФФ	117,8	409,7	698,4
	N ₄₀ P ₅₉ K ₅₉	Без обробки	109,5	387,1	628,7
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	172,7	501,2	835,1
		Вітавакс 200ФФ	150,9	467,2	774,8
Середнє			195,5	546,2	883,5

Фотосинтетичний потенціал (ФПП) у технології з елементами біологізації посівів озимої пшениці залежно від попередників, г/см² × добу (середнє за 2024–2025 рр.), демонстрував чітку міжфазну динаміку та залежав від внесення мінеральних добрив і передпосівної обробки насіння біологічними та хімічними препаратами (табл. 3.3).

У міжфазний період «весняне кущіння – вихід в трубку» ФПП варіювався в межах 192,8–342,6 тис. м²/га × діб залежно від попередника та технологічного варіанта. Суттєве підвищення показників відзначалося при використанні чорного пару як попередника, комплексному внесенні азотних, фосфорних і калійних добрив у дозі N₅₄P₇₉K₇₉ та передпосівній обробці насіння сумішшю біопрепаратів (Ризоагрін, ФМБ, Планріз), коли ФПП досягав

342,6–321,8 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{добу}$, тоді як у контрольних варіантах без добрив і обробки насіння показник становив 158,4–257,7 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{добу}$.

У наступний міжфазний період «вихід в трубку – колосіння» спостерігалось значне підвищення ФПП у всіх варіантах, особливо по попереднику чорний пар. Найвищі значення досягали 849,9 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{добу}$ при комбінованому внесенні мінеральних добрив та обробці насіння біопрепаратами, що свідчить про синергічний ефект поєднання елементів біологізації та оптимальної мінеральної підтримки рослин.

Максимальні значення ФПП спостерігалися у міжфазний період «колосіння – воскова стиглість зерна» і варіювалися від 589,7 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{добу}$ в варіантах із попередником горох без внесення добрив та обробки насіння до 1 028,3–1 449,4 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{добу}$ при використанні чорного пару як попередника, внесенні повної дози $\text{N}_{54}\text{P}_{79}\text{K}_{79}$ і передпосівній обробці насіння біологічними препаратами. В середньому за міжфазними періодами зафіксовано 4,7-кратне зростання ФПП: від 195,5 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{добу}$ у фазу весняного кушіння до 883,5 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{добу}$ у фазу воскової стиглості зерна.

Якість листкового апарату рослин визначається чистою продуктивністю фотосинтезу (ЧПФ). У наших дослідженнях встановлено, що при вирощуванні пшениці з елементами біологізації після попередників чорний пар і горох середнє значення ЧПФ у період «весняне кушіння – вихід в трубку» становило $2,9 \text{ г}/\text{см}^2 \times \text{добу}$ на контролі після чорного пару та $3,3 \text{ г}/\text{см}^2 \times \text{добу}$ після попередника горох, що відповідає підвищенню на 13,8 %.

Внесення калійних і повних мінеральних добрив та обробка насіння біологічними і хімічними препаратами забезпечували стале підвищення ЧПФ у варіантах з попередником чорний пар на 6,9–55,2 %, а з попередником горох – на 3,1–27,2 %, за винятком варіантів із обробкою Вітаваксом 200ФФ без внесення добрив ($3,2 \text{ г}/\text{см}^2 \times \text{добу}$) та комбінації калійного добрива і обробки біопрепаратами ($3,2 \text{ г}/\text{см}^2 \times \text{добу}$).

Максимальний рівень ЧПФ у міжфазний період «весняне кушіння – вихід в трубку» становив $4,5 \text{ г}/\text{см}^2 \times \text{добу}$ у варіанті з попередником чорний

пар, внесенням $N_{54}P_{79}K_{79}$ та передпосівною обробкою насіння сумішшю біопрепаратів Ризоагрін, ФМБ, Планріз, що підкреслює ефективність поєднання біологізації та мінерального живлення для підвищення продуктивності фотосинтезу і формування потенціалу врожайності.

Таблиця 3.3

Чиста продуктивність фотосинтезу в технології з елементами біологізації після різних попередників, $г/см^2 \times$ добу (середнє за 2024-2025 рр.)

Попередник (фактор А)	Основне удобрення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор С)	Міжфазні періоди		
			весняне кущіння – вихід в трубку	вихід в трубку – колосіння	колосіння – воскова стиглість
Чорний пар	Без добрив	Без обробки	2,8	3,3	4,6
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	3,7	4,3	5,4
		Вітавакс 200ФФ	3,3	4,6	4,8
	К ₇₉	Без обробки	3,1	3,8	4,9
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	3,6	4,8	5,2
		Вітавакс 200ФФ	3,2	3,6	5,0
	N ₅₄ P ₇₉ K ₇₉	Без обробки	3,8	4,7	5,1
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	4,4	4,8	5,6
		Вітавакс 200ФФ	4,2	4,9	5,4
Горох	Без добрив	Без обробки	3,4	3,8	5,0
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	3,5	4,2	5,7
		Вітавакс 200ФФ	3,3	3,7	5,1
	К ₅₉	Без обробки	3,5	3,4	4,7
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	3,1	5,3	5,8
		Вітавакс 200ФФ	3,4	4,2	5,7
	N ₄₀ P ₅₉ K ₅₉	Без обробки	3,5	3,8	4,8
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	4,3	5,6	5,8
		Вітавакс 200ФФ	3,8	4,9	5,3
Середнє			3,54	4,34	5,25

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) у технології з елементами біологізації посівів озимої пшениці залежно від попередників, $г/см^2 \times$ добу (середнє за 2024–2025 рр.), демонструвала чітку міжфазну динаміку та значну залежність від внесення мінеральних добрив і передпосівної обробки насіння біологічними препаратами.

У міжфазний період «весняне кущіння – вихід в трубку» ЧПФ варіювався від 2,8 до 4,4 $г/см^2 \times$ добу залежно від попередника та технологічного варіанта. Найвищі значення спостерігалися при використанні чорного пару як

попередника та комплексному внесенні мінеральних добрив у дозі $N_{54}P_{79}K_{79}$ із передпосівною обробкою насіння сумішшю біопрепаратів (Ризоагрін, ФМБ, Планріз), де ЧПФ досягав $4,4 \text{ г/см}^2 \times \text{добу}$, тоді як у контрольних варіантах без добрив і обробки насіння показник становив $2,8\text{--}3,3 \text{ г/см}^2 \times \text{добу}$.

У період «вихід в трубку – колосіння» зафіксовано суттєве підвищення ЧПФ у всіх варіантах, особливо по попереднику горох при внесенні калійних (K_{59}) і повних мінеральних добрив ($N_{40}P_{59}K_{59}$) та обробці насіння біопрепаратами Ризоагрін, ФМБ, Планріз, коли показники досягали $5,2\text{--}5,7 \text{ г/см}^2 \times \text{добу}$, що перевищує контрольні варіанти на $40,1\text{--}54,0 \%$.

У заключний міжфазний період «колосіння – воскова стиглість зерна» ЧПФ зростав у всіх комбінаціях факторів та варіантах дослідження. Максимальне значення $5,9 \text{ г/см}^2 \times \text{добу}$ спостерігалось при внесенні добрив дозами K_{59} і $N_{40}P_{59}K_{59}$ та передпосівній обробці насіння біопрепаратами Ризоагрін, ФМБ, Планріз.

Середнє значення ЧПФ за міжфазними періодами було максимальним у фазу «колосіння – воскова стиглість» і становило $5,24 \text{ г/см}^2 \times \text{добу}$. У період «вихід в трубку – колосіння» цей показник становив $4,32 \text{ г/см}^2 \times \text{добу}$, що на $21,3 \%$ менше, а мінімальне значення спостерігалось у фазу «весняне кушіння – вихід в трубку» – $3,52 \text{ г/см}^2 \times \text{добу}$, що на $49,9 \%$ менше максимального.

Дослідження показали, що застосування мінеральних добрив та передпосівної обробки насіння біологічними препаратами забезпечує стабільне підвищення ЧПФ, сприяючи інтенсивному наростанню сирової біомаси рослин. Так, після попередника чорний пар на контролі у фазу виходу в трубку сформовано $6,55 \text{ т/га}$ сирової біомаси, тоді як у варіантах без комплексного внесення мінеральних добрив і без обробки насіння біопрепаратами показники знижувалися до $5,17\text{--}6,52 \text{ т/га}$, або на $18,7\text{--}26,7 \%$, що підтверджує важливість інтегрованого підходу до живлення та біологізації посівів для підвищення продуктивності фотосинтезу та формування потенціалу врожайності.

3.3. Динаміка водоспоживання озимої пшениці та ефективність використання вологи

Південна зона Степу України характеризується посушливим кліматом із недостатньою кількістю атмосферних опадів, низькими зимовими температурами, нестійким сніговим покривом, утворенням льодяної кірки, пиловими бурями та іншими агроекологічними чинниками, які суттєво впливають на фізіологічний стан рослин і знижують їхню продуктивність, урожайність та економічну ефективність вирощування [26].

Одним із ключових факторів, що визначають продуктивність пшениці озимої, є водний режим ґрунту та рівномірність розподілу продуктивної вологи у всьому кореневмісному шарі. Запаси вологи та їхня динаміка по ґрунтовому профілю залежать від попередників культури. Встановлено, що потреба рослин у воді варіює залежно від фази розвитку, а витрати продуктивної вологи протягом вегетації змінюються відповідно до інтенсивності росту та фізіологічних процесів у рослинах [27].

Ключовими факторами, що впливають на продуктивність та швидкість органогенезу пшениці, є температура повітря, кількість опадів та вологість ґрунту в різних шарах. Під час проведення досліджень ці показники коливалися залежно від роки, що відображає мінливість погодних умов. Зокрема, максимальна кількість опадів понад 190 мм спостерігалася у 2023–2024 рр. під час відновлення весняної вегетації, тоді як у 2024–2025 рр. у фазу осіннього кушіння випало 122 мм опадів. Температурний режим демонстрував закономірне підвищення у міжфазний період від повних сходів до припинення осінньої вегетації.

Під час польових досліджень спостерігалася динаміка накопичення продуктивної вологи у ґрунті у ключові періоди розвитку рослин: на початку сівби, у фазу відновлення вегетації, колосіння та повної стиглості зерна після попередників чорного пару та гороху на зерно (табл. 3.4).

Динаміка запасів доступної вологи під озимою пшеницею після різних попередників, мм (середнє за 2024–2025 рр.)

Період відбору	Шар ґрунту, см			
	0-10	0-20	0-50	0-100
Чорний пар				
Під час сівби	8,7	17,8	59,5	77,5
Відновлення вегетації	15,8	29,5	77,0	113,2
Колосіння	2,9	9,1	33,0	75,6
Повна стиглість	3,5	9,2	30,9	41,6
Горох				
Під час сівби	7,1	10,8	34,7	69,0
Відновлення вегетації	18,7	25,7	69,1	120,0
Колосіння	4,8	6,9	17,0	39,9
Повна стиглість	4,9	4,9	15,2	27,6

Аналіз отриманих даних показав, що у верхньому шарі ґрунту (0–10 см) на момент сівби середній запас продуктивної вологи після чорного пару становив 8,1 мм, тоді як після гороху зменшувався до 6,1 мм, що на 32,8 % менше. У метровому шарі відповідні значення дорівнювали 95,7 і 63,0 мм (різниця 51,9 %). Таким чином, застосування чорного пару як попередника сприяє значному підвищенню продуктивної вологи у ґрунті на початку вегетації пшениці озимої.

Основні запаси вологи акумулювалися у осінньо-зимовий період: у метровому шарі ґрунту після чорного пару вони становили в середньому 123,2 мм, після гороху – 122,0 мм. У ранньовесняний період при відновленні вегетації максимальний вміст продуктивної вологи у верхньому шарі (0–20 см) складав 17,5 мм після чорного пару та 23,7 мм після гороху.

У наступні фази розвитку рослин, внаслідок транспірації, випаровування та використання вологи кореневою системою, відбулося значне зниження

запасів продуктивної вологи: після чорного пару – у 2,9–5,2 рази, після гороху – у 1,8–6,2 рази. Найнижчий рівень продуктивної вологи на рівні 1,9–31,6 мм зафіксований у фазу повної стиглості зерна, незалежно від попередника.

Додатково було досліджено вплив зональної та біологізованої технологій вирощування на накопичення вологи у ґрунті в ключові фази розвитку рослин. На початку росту та розвитку культури розподіл вологи у метровому шарі ґрунту у варіантах із застосуванням біологічних і хімічних препаратів був практично однаковим і становив 117,5 мм.

У фазі повної стиглості досліджувані параметри також майже не демонстрували відчутних відмінностей залежно від використаних біологічних препаратів (Ризоагрін, ФМБ, Планріз) та хімічного протруйника (Вітавакс 200 ФФ) для передпосівної обробки насіння. Загалом встановлено, що розміщення озимої пшениці після попередника горох на зерно забезпечує у фазу колосіння формування запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на рівні 31,6 мм за зональної технології та 34,1 мм за біологізованої, що становить приріст близько 7,9%. Подальші фази розвитку – від колосіння до повної стиглості – не супроводжувалися суттєвими змінами параметрів водного режиму як між технологічними варіантами, так і відносно контрольних показників.

Узагальнення отриманих матеріалів свідчить, що структура водоспоживання рослин озимої пшениці за умов внесення мінеральних добрив, застосування біологічних препаратів Ризоагрін, ФМБ, Планріз і фунгіцидного протруйника після попередників чорний пар і горох характеризувалася помітними коливаннями. Вони проявлялися як у розрізі окремих років досліджень, так і під впливом факторів, визначених програмою експерименту (табл. 3.5).

**Вплив технологічних елементів біологізації на структуру водоспоживання
озимої пшениці за вирощування після різних попередників
(середнє за 2024-2025 рр.)**

Попередник (фактор А)	Основне удобрення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор С)	Вологозапаси грунту, м ³ /га		Сума опадів, м ³ /га	Сумарне водоспоживання, м ³ /га
			під час сівби	перед збиранням		
Чорний пар	Без добрив	Без обробки	850	280	3382	3050
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	850	280	3382	3050
		Вітавакс 200ФФ	850	280	3382	3050
	К ₇₉	Без обробки	850	280	3382	3050
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	850	280	3382	3050
		Вітавакс 200ФФ	850	280	3382	3050
	N ₅₄ P ₇₉ K ₇₉	Без обробки	850	280	3382	3050
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	850	280	3382	3050
		Вітавакс 200ФФ	850	280	3382	3050
Горох	Без добрив	Без обробки	530	210	3382	2706
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	530	210	3382	2706
		Вітавакс 200ФФ	530	210	3382	2706
	К ₅₉	Без обробки	530	210	3382	2706
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	530	210	3382	2706
		Вітавакс 200ФФ	530	210	3382	2706
	N ₄₀ P ₅₉ K ₅₉	Без обробки	530	210	3382	2706
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	530	210	3382	2706
		Вітавакс 200ФФ	530	210	3382	2706

Середня кількість атмосферних опадів за вегетаційний період становила 280 мм при вирощуванні культури після чорного пару та 210 мм після попередника горох. Така різниця у природному зволоженні зумовила формування середніх показників сумарного водоспоживання: після чорного пару – 3050 м³/га, тоді як після гороху – 2706 м³/га, що на 11,3 % нижче.

3.4. Урожайність зерна та його якість залежно від попередників, удобрення та застосування хімічних і біологічних препаратів

Попередні багаторічні дослідження щодо ефективності біологізованих технологій вирощування зернових культур, зокрема пшениці озимої, підтвердили, що для стабільного отримання високої врожайності на рівні 6,0–7,0 т/га продовольчого зерна з якістю не нижче 1–2 класу, необхідно чітко дотримуватися одного з ключових технологічних елементів — системи захисту рослин від основних патогенів, а на завершальних етапах вегетації (зокрема з фази формування зернівки) — і від шкідників, особливо клопа-черепашки. З цією метою мінімальним обов'язковим заходом є проведення двох комплексних позакореневих підживлень із застосуванням бакових сумішей азотних добрив та інсектицидів. Відповідно, у наших дослідах, що були спрямовані на розробку сучасних біологізованих технологій вирощування пшениці озимої, усі варіанти дослідів мали єдиний захисний фон: у фазі «вихід у трубку» посіви обробляли препаратом Байлетон, у фазі «прапорцевого листка» — Тілтом. Додатково, у фазі «колосіння» та «молочна стиглість» проводили обробку баковою сумішшю карбаміду з інсектицидом Бі-58.

У роки виконання досліджень (2024–2025) погодні умови були досить сприятливими, а розподіл опадів за основними фазами росту та розвитку пшениці озимої відзначався рівномірністю. Це забезпечило формування високої середньої врожайності по досліді - 6,52 т/га.

За весь період досліджень коливання врожайності зумовлювалися рівнем метеорологічного забезпечення та дією досліджуваних факторів. Мінімальні значення (4,54 т/га) отримано у 2025 р. у варіантах після гороху без внесення мінеральних добрив і без обробки насіння хімічними чи біологічними препаратами. Максимальний рівень - 8,89 т/га - зафіксовано у сприятливому 2024 р. після чорного пару за умови внесення повної розрахункової дози NPK та передпосівної обробки насіння сумішшю біологічних препаратів (Ризоагрін, ФМБ, Планріз). Таким чином, різниця між мінімальною і максимальною врожайністю становила 1,8 раза.

У середньому за роки досліджень найвищу врожайність – 7,48 т/га — забезпечив варіант після чорного пару при внесенні дози $N_{54}P_{79}K_{79}$ у поєднанні з обробкою насіння біологічними препаратами (табл. 3.6). Найнижчий показник (5,30 т/га) отримано після гороху у варіанті без удобрення та без будь-якої обробки насіння. Різниця між цими варіантами досягла 1,6 раза.

Використання чорного пару як попередника, що сприяло покращенню водного режиму ґрунту та можливості внесення вищих доз добрив, забезпечило формування середньої врожайності 6,82 т/га. Після гороху урожайність істотно знижувалася — до 6,55 т/га, що на 16,3% менше.

Таблиця 3.6

**Урожайність пшениці озимої залежно від попередника, основного удобрення та препаратів для передпосівної обробки насіння, т/га
(середнє за 2024–2025 рр.)**

Попередник (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор С)				Середнє по факторах	
		без обробки	Ризоагрін, ФМБ, Планріз	Вітавакс 200ФФ	середнє	А	В
Чорний пар	Без добрив	5,40	6,12	6,50	6,01	6,82	6,17
	K ₇₉	6,03	7,58	7,35	6,99		6,77
	N ₅₄ P ₇₉ K ₇₉	7,00	7,9	7,54	7,48		7,13
Горох	Без добрив	5,30	6,92	6,77	6,30	6,55	
	K ₅₉	5,63	7,20	6,80	6,54		
	N ₄₀ P ₅₉ K ₅₉	5,90	7,40	7,03	6,78		
Середнє по фактору С		5,88	7,19	7,00			
НІР ₀₅ часткових відмінностей, т/га для факторів: А – 0,23; В – 0,19; С – 0,19							
НІР ₀₅ середній (головних) ефектів, т/га для факторів: А – 0,16; В – 0,09; С – 0,09							

Унесення розрахункових норм мінеральних добрив, що в умовах проведених дослідів застосовували під передпосівну культивуацію, забезпечило помітне зростання рівня врожайності пшениці озимої порівняно з контролем

(без добрив). Приріст становив у межах 0,31–1,09 т/га, що відповідає підвищенню на 4,6–17,9%. Найвищі показники продуктивності – 7,48 т/га – отримано за використання повної дози NPK, тоді як внесення лише калійного добрива знизило врожайність до 6,99 т/га. Варто зауважити, що після попередника горох приріст був більш вираженим (близько 5,5 %), тоді як після чорного пару різниця між $N_{54}P_{79}K_{79}$ та K_{79} становила лише 3,8%.

Передпосівне протруювання насіння препаратом Вітавакс 200 ФФ також мало позитивний вплив: середній рівень урожайності підвищився до 7,0 т/га, що на 16,7% перевищує контрольний показник (5,88 т/га). Найвищий результат забезпечило використання комплексу біопрепаратів Ризоагрін, ФМБ і Планріз - урожайність досягла 7,19 т/га, що на 19,5% вище за контроль і на 2,5% більше, ніж за дії хімічного протруйника.

Якісні характеристики зерна традиційно поділяють на фізичні, біохімічні та технологічні. До фізичних параметрів належать натура зерна, маса 1000 зерен, скловидність, вирівняність тощо. Натура - це маса певного об'єму зерна, найчастіше одного літра. Вона відображає такі його властивості, як ступінь виповненості, щуплість та поверхнева структура. Для озимої пшениці оптимальні значення зазвичай перебувають у межах 700–800 г/л. Зниження натури нижче 700 г/л зазвичай супроводжується зменшенням виходу борошна та погіршенням хлібопекарських властивостей, що проявляється у потемнінні м'якушки та появі стороннього присмаку. Водночас підвищені значення (>800 г/л) свідчать про високий технологічний потенціал зерна.

Суттєву увагу при оцінюванні якості приділяють і масі 1000 зерен, що визначає розмір і морфологічну вирівняність зерна. За цим показником пшеницю поділяють на чотири групи: понад 30 г (висока маса), 25–30 г (вище середньої), 22–25 г (середня), менше 22 г (нижче середньої). Великозерні фракції зазвичай забезпечують вищий вихід світлого борошна та хліб кращої структури.

Скловидність є однією з ключових характеристик, що відображає взаємозв'язок між вмістом білка та крохмалю й визначає технологічні

властивості зерна. Чим вищий показник скловидності, тим більшою є концентрація білка та кращі хлібопекарські параметри. Його визначають шляхом візуальної оцінки частки повністю або частково скловидних зернин.

За даними лабораторних визначень, після чорного пару маса 1000 зерен у середньому лише незначно варіювала. У контролі цей показник становив 42,5 г, тоді як застосування біопрепаратів та калійного добрива знизило його на 0,72 г. Використання фунгіцидного протруйника сприяло зменшенню маси до 41,0–40,4 г. За комплексного внесення мінеральних добрив та застосування біологічного чи хімічного протруєння зниження становило 1,4–1,78 г відносно контролю. Після гороху маса 1000 зерен була дещо вищою — від 42,7 до 45,9 г, а найвищий показник (45,9 г) отримано у варіантах із біопрепаратами Ризоагрін, ФМБ та Планріз.

Скловидність після чорного пару в середньому становила 58,2%, однак у варіанті із внесенням повних норм добрив зросла до 60,1%. В інших варіантах цей параметр змінювався у межах 56,9–58,4%. Це підтверджує сприятливий вплив елементів біологізації за поєднання з мінеральним живленням.

Застосування різних елементів технології практично не впливало на натуру зерна: коливання між варіантами становили лише 0,3–0,5%. Порівняння літературних джерел засвідчує наявність прямої залежності між масою 1000 зерен та натурою, що підтверджується й результатами дослідів.

Після попередника горох простежувалася інша динаміка: найнижча натура (811,1 г/л) та маса 1000 зерен (42,7 г) була у контролі. Застосування біологічних та хімічних препаратів на неудобреному фоні й при дозі K_{59} сприяло суттєвому покращенню цих параметрів. Внесення повної дози $N_{40}P_{59}K_{59}$ дещо знижувало натуру (на 0,3–0,4%) і масу 1000 зерен (на 2,1–4,5%).

Для визначення відповідної місткості зерноскла було проведено розрахунки об'ємної маси зерна. Після чорного пару вона коливалася в межах 813–894 кг/м³, тоді як у контролі зменшувалась до 747 кг/м³ (на 7,8–11,5%). Після гороху на неудобреному варіанті цей показник становив 606 кг/м³, але за

поєднання інокуляції біопрепаратами та повного мінерального удобрення — зростав до 905 кг/м³, що відповідає приросту майже на 47%.

Таблиця 3.7

**Якість зерна пшениці озимої залежно від попередника, основного
удобрення та препаратів для обробки насіння перед сівбою
(середнє за 2024-2025 рр.)**

Попередник (фактор А)	Основне удобрення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор С)	Показники якості зерна			
			білок, %	клейковина, %	ВДК, од. п.	клас зерна
Чорний пар	Без добрив	Без обробки	12,0	19,0	92,7	3
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	13,4	26,2	82,5	2
		Вітавакс 200ФФ	13,3	25,8	76,8	2
	K ₇₉	Без обробки	12,4	22,6	87,0	3
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	13,5	26,6	80,2	2
		Вітавакс 200ФФ	13,1	23,6	79,7	2
	N ₅₄ P ₇₉ K ₇₉	Без обробки	12,7	23,4	81,5	2
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	14,0	28,0	84,7	1
		Вітавакс 200ФФ	13,7	27,1	86,9	2
Горох	Без добрив	Без обробки	10,2	17,2	87,3	4
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	10,8	17,4	73,3	4
		Вітавакс 200ФФ	11,6	18,5	76,4	3
	K ₅₉	Без обробки	10,9	17,2	83,7	
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	11,2	18,9	76,4	3
		Вітавакс 200ФФ	11,7	19,0	72,2	3
	N ₄₀ P ₅₉ K ₅₉	Без обробки	11,4	18,4	83,9	
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	12,2	20,6	82,9	3
		Вітавакс 200ФФ	12,0	20,2	78,3	3
НІР ₀₅		по фактору А	0,19	0,59	2,05	—
		по фактору В	0,12	0,39	1,57	—
		по фактору С	0,12	0,39	1,57	—

За умов зони ризикового землеробства якість зерна озимої пшениці останніми роками залишається відносно низькою, що пояснюється передусім нестачею поживних речовин у ґрунті та недостатніми нормами добрив. Основу харчової цінності становлять білок та клейковина. Вміст білка у зерні коливається в межах 9–20% і переважно зосереджений у ендоспермі.

Клейковина визначається сукупністю властивостей - пластичністю, еластичністю, розтяжністю, і є ключовим критерієм хлібопекарських якостей.

У контролі без добрив і без протруювання середні показники становили: білок - 12,0%, клейковина - 19,0%, ВДК - 92,7 од. п., що відповідає третьому класу. Використання біопрепаратів під час обробки насіння сприяло отриманню зерна другого–третього класу. Хімічний протруйник Вітавакс 200ФФ на неудобреному фоні забезпечив покращення якості до другого класу.

Найвищі параметри якості зерна були досягнуті за застосування технології з елементами біологізації, яка передбачала вирощування культури після чорного пару, внесення під передпосівну культивуацію повної дози мінеральних добрив $N_{54}P_{79}K_{79}$ та інокуляцію насіння пшениці озимої сорту Богдана препаратами Ризоагрін, ФМБ і Планріз. Поєднання цих агротехнічних заходів забезпечило формування максимально високих показників якості: вміст білка становив 14,0%, клейковини – 28,0%, величина ВДК досягала 84,7 од. п., що дало змогу віднести зерно до першого класу.

Застосування лише калійного удобрення у дозі K_{79} у різних технологічних комбінаціях, за результатами середніх багаторічних даних, забезпечувало одержання зерна другого класу після чорного пару, що відповідає вимогам продовольчого зерна.

За вирощування озимої пшениці після гороху на зерно найнижчі показники якості зафіксовано у контрольному варіанті: вміст білка становив лише 10,2%, клейковини – 17,2%, а значення ВДК досягало 87,3 од. п., внаслідок чого зерно було віднесене до четвертого класу.

РОЗДІЛ 4.

ФІТОСАНІТАРНІ УМОВИ АГРОЦЕНОЗУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ПІД ДІЄЮ ЗАСТОСОВАНИХ БІОПРЕПАРАТІВ

Широке використання синтетичних пестицидів у системах обробки посівів зернових культур є одним із ключових чинників негативного впливу на довкілля. Насамперед це стосується забруднення ґрунтів і водних ресурсів, у яких з часом накопичуються залишкові кількості токсичних сполук. Хімічні методи контролю хвороб і шкідників нерідко спричиняють небажані екологічні наслідки, що підсилює потребу у створенні та впровадженні високоефективних, але безпечних для екосистем технологій захисту рослин. Надмірне пестицидне навантаження на агрофітоценози, що змінює природні параметри середовища, стає ключовим аргументом на користь розробки та впровадження альтернативних, нехімічних засобів захисту в аграрному виробництві [33].

У сучасній аграрній науці активно використовується термін «біопестициди» — це група препаратів біологічного походження, які здебільшого виготовляють із рослинних екстрактів і які мають властивості, подібні до традиційних пестицидів. До цієї групи також належать засоби, що містять живі організми — бактерії, гриби, а також феромони та інші агенти біологічного контролю, частка яких сягає близько 95% у загальній структурі біопестицидів [34].

Параметри росту та розвитку рослин є інформативними індикаторами умов їх вирощування. Вегетативна маса, висота стебла та інтенсивність формування листової поверхні прямо впливають на майбутній урожай, адже саме ці органи забезпечують переміщення та акумуляцію поживних речовин у рослині [25]. Для біологічного стримування розвитку фітопатогенів застосовують мікроорганізми-антагоністи, які можуть пригнічувати шкідливі види завдяки синтезу антибіотичних речовин, ферментів та інших метаболітів, токсичних для збудників хвороб [13].

З метою оцінки ефективності різних біологічних препаратів нами було проведено однорічний польовий дослід, у якому досліджували вплив біологічних засобів на продуктивність та якісні характеристики зерна пшениці озимої. У випробування були включені такі препарати: Планріз, Триходермін, БСП, Фітоспорін, Гаупсін і ФМБ. Варіант без обробки слугував контрольним, а для зіставлення результатів додатково використовували хімічний протруйник Вітавакс 200ФФ.

Проведені польові спостереження засвідчили, що рівень ураження рослин патогенами між варіантами істотно відрізнявся, а найбільша кількість збудників хвороб фіксувалася саме на контрольних ділянках, де не застосовували жодних біологічних чи хімічних засобів (рис. 4.1).



Септоріоз (*Septoria tritici*)



Борошниста роса (*Erysiphe graminis*)

Рис. 4.1. Зображення прояву збудників хвороб (септоріоз, борошниста роса) на листках пшениці озимої на ділянках без застосування біофунгіцидів та пестицидів (контрольний варіант), 2025 р.

Варто підкреслити, що дія застосованих біологічних фунгіцидів на рівень поширення основних хвороб пшениці озимої проявлялася по-різному залежно від фази органогенезу культури. Зокрема, інтенсивність розвитку септоріозу та борошнистої роси змінювалася досить помітно впродовж вегетації, що свідчить про фазову чутливість рослин до дії біопрепаратів та різну ефективність їх функціонування на конкретних етапах росту. Отримані

дані, наведені в таблиці 4.1, відображають ці закономірності та демонструють відчутну варіабельність у реакції посівів на інокуляцію біофунгіцидами.

Таблиця 4.1

**Вплив біологічних фунгіцидів на ступінь ураження пшениці озимої
хворобами (середнє за 2024-2025 рр.)**

Варіант	Хвороба та ступінь поширення збудників, %							
	септоріоз (незавершений гриб роду <i>Septoria tritici</i>)				борошниста роса (сумчастий гриб <i>Erysiphe graminis</i>)			
	фаза розвитку рослин				фаза розвитку рослин			
	осіннє кущіння	весняне кущіння	прапорцевий лист	колосіння	осіннє кущіння	весняне кущіння	прапорцевий лист	колосіння
Контроль	9,8	12,4	24,5	22,0	6,7	8,2	13,4	15,9
Вітавакс 200ФФ	5,2	9,9	16,0	17,6	3,9	5,8	8,7	9,1
Планріз	4,8	8,5	16,5	18,0	2,9	5,4	9,8	10,4
Триходермін	5,2	9,8	16,7	17,1	3,6	4,7	9,8	9,1
Фітоспорін	5,8	10,9	18,1	16,9	2,6	5,0	9,4	11,0
БСП	6,9	11,0	16,3	18,7	2,4	6,3	11,9	13,2
Гаупсін	4,7	10,9	18,9	19,3	3,1	4,8	7,3	11,8
Коефіцієнт варіації V, %	34,5	12,5	16,5	13,1	41,8	22,1	20,3	21,4

Серед біофунгіцидів, застосованих у дослідках проти септоріозу пшениці озимої, найвищу результативність продемонстрували препарати Планріз і Гаупсін. Обробка посівів упродовж осіннього періоду, починаючи з ранніх етапів росту й до настання кущіння, сприяла помітному зниженню рівня розвитку захворювання - інтенсивність його поширення зменшувалась у межах 4,7–4,8%, що відповідає слабкому ступеню ураження. Для порівняння, традиційний хімічний протруйник забезпечував зниження показника до 5,2%.

У випадку ураження пшениці борошнистою росою найбільш доцільним виявилось застосування препаратів Фітоспорин та БСП, які забезпечили

зниження ступеня хвороб у межах 2,6% та 2,4% відповідно. Дієвим залишався й хімічний варіант обробки — протруйник Вітавакс 200ФФ, який зменшував ураження до 3,9 %.

У весняний період, починаючи з фази відновлення вегетації та до колосіння, ефективність окремих препаратів змінилася. Проти септоріозу листової поверхні найкращі результати показав Триходермін, який стримував розвиток хвороби на рівні 9,8–17,1 %, а також Фітоспорин — 10,9–16,9%. Для контролю борошнистої роси у цей період найбільш дієвими залишалися ті ж препарати: Триходермін (зменшення ураження на 4,7–9,4%) та Фітоспорин (5,0–11,0%).

На контрольних ділянках, де рослини не обробляли жодним із біологічних чи хімічних засобів, спостерігався значно вищий ступінь ураження: показники септоріозу сягали 9,8–22,0%, тоді як борошниста роса розвивалась у межах 6,7–15,6%. Це свідчить, що всі досліджувані біопрепарати стабільно забезпечували зниження ураження листового апарату протягом усього періоду вегетації.

За середніми результатами досліджень за кілька років встановлено, що використані препарати загалом не справляли пригнічувального впливу на ріст і розвиток рослин. Навпаки, біофунгіциди Триходермін, Гаупсін та БСП забезпечували формування аналогічної кількості стебел - у середньому три на рослину, тоді як за застосування інших засобів цей показник становив два стебла (табл. 4.2).

У середньому рослини формували 4–5 листків, тоді як їхня висота на початкових етапах розвитку змінювалася в межах 14,2–15,9 см. На стадії трубкування кількість стебел зростала й становила 3–4 шт., довжина рослин досягала 27,0–29,2 см, а число листків збільшувалося до 14–19 шт.. Аналізуючи вплив біологічних фунгіцидів на морфогенез пшениці озимої, можна стверджувати, що найсприятливіше на інтенсивність ростових процесів діяв препарат БСП, що забезпечував активніше формування вегетативної маси.

**Вплив біофунгіцидів на ріст і розвиток пшениці озимої після попередника
чорний пар (середнє 2024-2025 рр.)**

Варіант дослідів	Фаза розвитку рослин					
	осіннє кушіння			трубкування		
	кількість стебел, шт.	кількість листіків, шт.	довжина рослин, см	кількість стебел, шт.	кількість листіків, шт.	довжина рослин, см
Контроль	2	4,5	14,5	4	18	27,0
Вітавакс 200ФФ	2	4,5	14,7	4	15	28,8
Планріз	2	4,5	14,6	3	14	27,8
Триходермін	3	4,5	14,1	4	15	28,2
БСП	2	4,5	15,9	4	19	28,9
Фітоспорін	2	3,4	14,2	3	14	29,2
Гаупсін	3	4,5	14,2	4	15	28,6
Коефіцієнт варіації V, %	21,3	9,6	3,1	13,1	11,1	3,2

Щодо ефективності хімічного та біологічного захисту в аспекті зернової продуктивності пшениці озимої після чорного пару, то отримані результати свідчать про відсутність істотних коливань урожайності між варіантами. Водночас статистичний аналіз підтвердив достовірну перевагу використання більшості біопрепаратів (за винятком Гаупсіну): приріст урожаю становив 0,48–0,64 т/га, що відповідає 4,5–10,0% збільшення ($HP_{05} = 0,26$ т/га) (табл. 4.3).

Загальна біологічна продуктивність культури у варіантах з використанням препаратів Планріз, Триходермін і БСП перевищувала 16 т/га, що становило приріст порівняно з контролем на 6,7–10,0%. Максимальне накопичення зерна - 7,83 т/га - забезпечив варіант із застосуванням Триходерміну, тоді як найвищий вихід соломи (8,9 т/га) відмічено за дії біофунгіциду БСП. Співвідношення зернової та грубої фракції врожаю

залишалося стабільним у межах усіх варіантів досліду, проте найбільша частка соломи (1:1,2) спостерігалася на контролі та при використанні препарату БСП.

Таблиця 4.3

**Зміна ростових параметрів і врожайності озимої пшениці під дією
біофунгіцидів за умов попередника чорний пар
(середні показники 2024–2025 рр.)**

Варіант	Біологічна врожайність, т/га			Співвідношення зерно : солома	Фактична врожайність зерна, т/га
	загальна	зерна	солома		
Контроль	15,3	7,00	8,10	1:1,2	6,33
Вітавакс 200ФФ	15,7	7,49	8,19	1:1,1	6,84
Планріз	16,3	7,74	8,67	1:1,1	6,91
Триходермін	16,8	7,83	8,90	1:1,1	6,97
БСП	16,8	7,48	8,85	1:1,2	6,82
Фітоспорін	15,9	7,63	8,35	1:1,1	6,72
Гаупсін	15,9	7,55	8,07	1:1,1	6,67
НІР ₀₅	0,41	0,26	0,32	—	0,26

Відомо, що на кінцеве формування врожаю визначальний вплив мають структурні компоненти продуктивності рослин, зокрема: кількість продуктивних стебел, маса зерна з колоса, ступінь озерненості та маса 1000 насінин [21, 42].

Проведені біометричні спостереження дали змогу встановити характер впливу біологічних фунгіцидів і хімічних засобів захисту на формування структурних елементів урожайності озимої пшениці за вирощування її після чорного пару (табл. 4.4).

**Структура врожаю пшениці озимої залежно від застосування
біофунгіцидів (середнє за 2024-2025 рр.)**

Варіант	Кількість рослин на 1м ² , шт.	Кущистість		Колос			Маса 1000 зерен, г
		загальна	продуктивна	кількість колосків, шт.	кількість зерен, шт.	вага зерна, г	
Контроль	328	2,6	2,3	16	29	1,37	47,2
Вітавакс 200ФФ	353	2,6	2,2	17	30	1,33	45,4
Планріз	358	2,6	2,2	16	29	1,33	45,9
Триходермін	364	2,5	2,1	17	28	1,37	48,9
БСП	363	2,8	2,4	16	28	1,32	47,1
Фітоспорін	361	2,6	2,3	16	27	1,37	49,7
Гаупсін	339	2,7	2,3	17	30	1,39	46,3
НІР ₀₅	10,7	0,10	0,09	0,64	0,72	0,01	1,24

У контрольному варіанті без будь-яких заходів захисту кількість рослин становила 328 шт./м². Використання хімічних та біологічних засобів сприяло підвищенню цього показника до 339–361 шт./м², що відповідало приросту на 3,8–14,9%. Найвиразніший ефект забезпечував препарат Фітоспорін.

Показники загальної та продуктивної кущистості практично не реагували на застосування різних методів захисту від фітопатогенів, залишаючись на близькому рівні у всіх варіантах досліджу. Аналогічно, структурні ознаки колоса істотно не змінювалися під впливом обробок; однак простежувалася незначна тенденція до їх покращення за використання препарату Гаупсін.

Маса 1000 зерен варіювала залежно від способу обробки: найнижче значення (45,4 г) отримано у варіанті з хімічним протруйником Вітавакс 200ФФ, тоді як максимальний показник - 49,7 г зафіксовано після застосування біофунгіциду Фітоспорін. Це перевищувало значення хімічного варіанту на 14,5%.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСОВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ БІОЛОГІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

З позиції економічного аналізу результативність функціонування рослинницького сектору визначається комплексом чинників, які умовно поділяють на дві групи. Перша охоплює макроекономічні передумови, що формуються державними інституціями та органами місцевого самоврядування і не контролюються безпосередньо виробником. Йдеться про податкову, кредитну та цінову політику, форми державної підтримки рослинництва на різних рівнях управління, механізми регулювання економічних взаємовідносин, а також рівень розвитку наукових досліджень.

До другої групи належать внутрішні виробничі чинники, що залежать від господарюючого суб'єкта: планування та запровадження систем землеробства з різним рівнем інтенсифікації чи біологізації, використання сучасних технологій та наукових розробок, упровадження нової сільськогосподарської техніки, формування раціональних сівозмін із доббором високорентабельних культур і сортів, адаптованих до місцевих умов, оптимізація норм висіву, підвищення ефективності застосування мінеральних добрив, удосконалення системи захисту рослин тощо [26].

Ключовою метою економічної політики розвитку агропромислового комплексу України є стабільне підвищення добробуту населення. Вирішення продовольчої проблеми на основі нарощування ефективності агровиробництва становить фундамент цієї стратегії. Економічна результативність вирощування пшениці озимої визначається рівнем віддачі застосованих ресурсів і праці, а також співвідношенням сукупних витрат і отриманого корисного ефекту. Високий вихід продукції з одиниці площі, належна якість зерна й прибутковість виробництва є ключовими характеристиками інноваційного сільського господарства [27]. За умов ринкової економіки

конкурентоспроможність зерна, рівень собівартості, прибутковість і рентабельність стають базовими критеріями оцінювання ефективності галузі як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Наукові джерела свідчать, що зростання врожайності часто супроводжується непропорційним підвищенням енерговитрат - у вигляді добрив, засобів захисту рослин, палива та технічних ресурсів. Кожна додаткова тонна продукції вимагає усе більших обсягів невідновлюваної енергії. Сучасні технології виробництва орієнтовані на комплекс агротехнічних операцій, що забезпечують оптимальні умови для росту та розвитку рослин, ефективно використання агроландшафтів і отримання прогнозованих урожаїв високої якості. До таких напрямів належать використання продуктивних сортів пшениці озимої, висів кондиційного насіння високих репродукцій, упровадження ґрунтозахисних систем обробітку, економічно обґрунтоване внесення добрив, інтегрований захист рослин та дотримання технологічних вимог із урахуванням екологічної безпеки [28].

Узагальнення наявних досліджень свідчить, що підвищення конкурентоспроможності зерновиробництва напряму пов'язане з оцінкою економічної й енергетичної ефективності кожного елемента технології, який впливає на врожайність і якість рослинницької продукції.

5.1. Оцінка економічної результативності запропонованих елементів технології вирощування пшениці озимої

Аграрний сектор функціонує на базі різноманітних форм власності та організаційних типів господарювання, для кожного з яких мають бути забезпечені відповідні економічні передумови підвищення ефективності виробництва. Аналіз економічної ефективності дає можливість комплексно охарактеризувати сукупність чинників і технологічних заходів, що застосовуються під час вирощування будь-якої сільськогосподарської культури, зокрема пшениці озимої. Цей показник інтегрує всі кількісні та вартісні параметри виробничого процесу та слугує основою для оцінки доцільності впровадження окремих технологічних рішень у виробництві культури [29].

В Одеській області, як і по всій території України, активно впроваджується глобальна концепція екологізації агровиробництва, що ґрунтується на принципах всебічної біологізації землеробських систем [26]. У технологічні схеми вирощування пшениці озимої інтегровано біологізовані складові — застосування біологічних азотних і фосфорних добрив, біологічних фунгіцидів та інших препаратів органічного походження [61, 62].

На основі узагальнення даних щодо продуктивності та показників якості зерна у проведених дослідженнях здійснювали економічний аналіз ефективності вирощування залежно від розроблених технологічних елементів. Для оцінювання економічної результативності виробництва зерна пшениці озимої після попередників чорний пар і горох визначали вартість валової продукції з 1 га, прямі виробничі витрати, собівартість 1 т зерна, чистий прибуток на 1 га, рентабельність технології з елементами біологізації та рівень окупності додаткових витрат. Розрахунки проводили на основі фактичних виробничих операцій згідно з технологічними картами вирощування культури за роки досліджень та з урахуванням цін на зерно і матеріально-технічні ресурси, що діяли у IV кварталі 2024 року.

Початковим етапом економічних розрахунків було визначення вартості валової продукції, яка репрезентує грошовий вираз отриманого виробничого результату за певний час. Валовий обсяг продукції відрізняється від товарного з урахуванням зміни залишків незавершеного виробництва на початок і кінець аналізованого періоду.

Розрахунки економічної ефективності вирощування пшениці озимої за технологією з елементами біологізації після попередника чорний пар показали, що залежно від рівня урожайності та класу якості зерна вартість валової продукції змінювалася від 56,24 тис. грн/га у варіанті без удобрення та без обробки насіння, до 77,04 тис. грн/га при застосуванні добрив у дозі K_{79} та передпосівній обробці насіння біопрепаратами Ризоагрін, ФМБ, Планріз.

Для порівняння, після попередника горох мінімальний валовий дохід становив 56,65 тис. грн/га у варіанті без добрив і без протруювання, тоді як найвищий - 75,0 тис. грн/га - забезпечив варіант із внесенням $N_{40}P_{59}K_{59}$ та обробкою насіння біологічними препаратами.

Прямі виробничі витрати демонстрували закономірне зростання у технологіях із використанням мінеральних добрив. Так, після чорного пару витрати становили від 25,47 тис. грн/га у контрольному варіанті до 29,02–29,64 тис. грн/га у варіантах із внесенням калійних добрив та повним НРК-забезпеченням, що перевищувало контроль на 15,3–52,2%. Після гороху діапазон витрат становив 24,79–29,78 тис. грн/га, що більше контролю на 8,1–35,7%.

Різниця між застосуванням хімічного протруйника Вітавакс 200 ФФ і комплексом біопрепаратів Ризоагрін, ФМБ, Планріз також суттєво варіювала залежно від попередника та удобрення. На окремих варіантах додатковий економічний ефект від біологічних препаратів становив від 305 до 1 320 грн/га після чорного пару та від 120 до 1 250 грн/га після гороху.

За результатами економічних розрахунків встановлено, що найвищий умовний чистий прибуток у першому досліді - 63 910 грн/га - забезпечила технологія з попередником чорний пар, основним внесенням добрив у дозі

N₅₄P₇₉K₇₉ та обробкою насіння біопрепаратами Ризоагрін, ФМБ, Планріз. Найнижчу прибутковість - 41012 грн/га, що у 1,56 раза менше, ніж у найефективнішому варіанті, отримано при вирощуванні озимої пшениці після гороху за умов внесення калійних добрив у дозі K₅₉ та за відсутності обробки насіння.

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування зерна пшениці озимої при біологізованій технології залежно від попередника, основного внесення мінеральних добрив та обробки насіння хімічними й біологічними препаратами (середнє за 2024-2025 рр.)

Попередник (фактор А)	Основне удобрєння (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор С)	Урожайність, т/га	Клас якості зерна	Економічні показники				
					Вартість валової продукції, грн/га	Прямі виробничі витрати, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Собівартість, грн/т	Рентабельність, %
Чорний пар	Без добрив	Без обробки	5,46	3	56238	25470	30768	4667	120,8
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	6,20	2	63860	25985	37875	4189	145,7
		Вітавакс 200ФФ	6,29	2	64787	26257	38530	4177	146,7
	K ₇₉	Без обробки	5,50	5	56650	24790	31860	4507	142,9
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	7,48	1	77044	29020	48024	3879	165,4
		Вітавакс 200ФФ	7,28	2	74984	29205	45779	4014	156,9
	N ₅₄ P ₇₉ K ₇₉	Без обробки	5,46	3	56238	25470	30768	4667	120,8
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	7,52	2	77456	26330	51126	3502	194,1
		Вітавакс 200ФФ	7,58	2	78074	26435	51639	3487	195,4
Горох	Без добрив	Без обробки	5,46	3	59740	28588	31152	4928	109,0
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	6,45	4	66435	25970	40465	4028	155,8
		Вітавакс 200ФФ	6,48	4	66744	26090	40654	4025	155,7
	K ₅₉	Без обробки	5,50	5	56650	24790	31860	4507	128,5
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	6,85	3	70555	28960	41595	4227	143,5
		Вітавакс 200ФФ	6,70	3	69010	29180	39830	4355	136,5
	N ₄₀ P ₅₉ K ₅₉	Без обробки	5,50	5	56650	24790	37443	4161	147,4
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	7,28	3	75000	29640	45360	4070	153,0
		Вітавакс 200ФФ	7,13	3	73439	29780	43659	4178	146,6

Максимальні значення собівартості виробництва зерна пшениці озимої було зафіксовано у варіантах вирощування після гороху за умови внесення

калійних добрив у дозі K_{59} та відсутності будь-якої обробки насіння. У цьому випадку собівартість становила 4241,9 грн/т, що є найвищим показником серед усіх досліджуваних комбінацій. Порівнянню високі витрати на виробництво відмічено й у варіантах після чорного пару за умов застосування комплексних доз добрив K_{79} та $N_{54}P_{79}K_{79}$, де собівартість коливалася в межах 3487–4241 грн/т, що пояснюється значною часткою вартості мінеральних добрив у структурі витрат.

Найвища продуктивність та економічна ефективність отримані у варіантах за попередника чорний пар, особливо при внесенні повної дози добрив $N_{54}P_{79}K_{79}$ у поєднанні з біопрепаратами або Вітавакс 200ФФ. У цих варіантах урожайність становила 7,52–7,58 т/га, чистий прибуток – 51,1–51,6 тис. грн/га, а рентабельність — 194,1–195,4%, що є максимальною серед усіх комбінацій. Високі економічні показники пояснюються поєднанням оптимальних умов живлення рослин, покращеним фітосанітарним станом та високою якістю зерна (2 клас).

Для варіантів без добрив після чорного пару також встановлено достатньо високі економічні показники: урожайність 5,46–6,29 т/га, рентабельність 120,8–146,7%. Це підтверджує, що чорний пар створює сприятливі умови для формування врожаю навіть за мінімального ресурсного забезпечення.

Натомість найнижчу економічну ефективність зафіксовано після попередника горох у поєднанні з калійним удобренням K_{59} або комплексним добривом $N_{40}P_{59}K_{59}$ без передпосівної обробки насіння. Тут рентабельність знижувалась до 109,0–147,4%, а собівартість була найвищою серед усіх досліджуваних варіантів (до 4928 грн/т), що зумовлено підвищеними витратами та недостатньою реакцією культури на удобрення.

Одже, застосування біопрепаратів (Ризоагрін, ФМБ, Планріз) стабільно підвищує економічну віддачу технологій, тоді як використання Вітавакс 200ФФ забезпечує схожий, але дещо нижчий рівень ефективності. Оптимальною є комбінація: попередник чорний пар + добрива $N_{54}P_{79}K_{79}$ +

обробка насіння біопрепаратами, що дозволяє досягти максимальної урожайності, мінімальної собівартості та найвищого рівня рентабельності.

У другому досліді коливання рівня урожайності пшениці озимої було обумовлено різницею показників вартості валової продукції з одного гектара, що відображає неоднакову реакцію рослин на застосування різних протруйників та біопрепаратів (табл. 5.2).

Найвищий рівень валової продукції - 70040 грн/га - спостерігався у варіанті з передпосівною обробкою насіння препаратом Триходермін. Показники валового доходу у варіантах з обробкою насіння препаратами БСП та Планріз склали відповідно 68395 та 66950 грн/га, що на 2,0–4,5% менше, ніж у найефективнішому варіанті. Найнижчий рівень валової продукції був зафіксований у контрольному варіанті без обробки насіння, де він становив 63 860 грн/га, тобто приблизно на 8,8% менше, ніж у кращому варіанті.

Прямі виробничі витрати на вирощування пшениці озимої коливалися від 25 680 грн/га у контрольному варіанті до 27248–27900 грн/га у варіантах із застосуванням біологічних препаратів, що відображає додаткові витрати на придбання та використання протруйників. Найменші витрати були у варіанті без обробки насіння, тоді як найбільші — у варіанті з застосуванням препаратів Гаупсін та Вітавакс 200ФФ, що пояснюється підвищеними витратами на фунгіцидну обробку та технологічні операції.

Розрахунки економічної ефективності показали, що чистий прибуток коливався від 38180 грн/га у контролі до 42792 грн/га у варіанті з Триходерміном. Собівартість 1 т зерна становила від 4008 до 4326 грн/т, а рентабельність вирощування - від 148,7 до 157,1%, що підкреслює високу ефективність застосування біологічних препаратів порівняно з контролем.

Важливим показником економічної ефективності вирощування пшениці озимої є собівартість одиниці продукції, оскільки саме від її рівня значною мірою залежить рентабельність виробництва та умовний чистий прибуток. Розрахунки свідчать про істотний вплив застосування різних препаратів на собівартість 1 т зерна та фінансову ефективність технології.

Таблиця 5.2

**Економічна ефективність вирощування зерна пшениці озимої сорту
Богдана залежно від застосування хімічних та біологічних препаратів для
обробки насіння перед сівбою (середнє за 2024-2025 рр.)**

Варіант	Урожай- ність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Прямі виробничі витрати, грн/га	Собівар- тість, грн/т	Чистий прибуток, грн/га	Рентабель- ність, %
Контроль	6,20	63860	25680	4139	38180	148,7
Вітавакс 200ФФ	6,40	65920	26450	4133	39470	149,2
Планріз	6,50	66950	26980	4150	39970	148,2
Триходермін	6,80	70040	27248	4008	42792	157,1
БСП	6,65	68395	27268	4101	41127	150,8
Фітоспорін	6,60	67980	26890	4073	41090	152,9
Гаупсин	6,45	66 35	27900	4326	38535	138,1

Примітка: ціна 2025 р. - 10 300 грн/т

Найвищий рівень собівартості - 4326 грн/т - спостерігався при використанні препарату Гаупсін, що зумовлено підвищеними витратами на обробку та порівняно нижчою урожайністю (6,45 т/га) порівняно з оптимальними варіантами. Найменша собівартість - 4008 грн/т - була зафіксована у варіанті з передпосівною обробкою насіння препаратом Триходермін, що пояснюється високим рівнем урожайності (6,80 т/га) та максимальною вартістю валової продукції (70040 грн/га).

У цьому ж варіанті чистий прибуток досяг 42792 грн/га, а рентабельність становила 157,1%, що є найвищим показником серед усіх досліджуваних варіантів. Найменший рівень прибутковості - 38180–39470 грн/га — спостерігався у контрольному варіанті та при застосуванні препарату Вітавакс 200ФФ, що на 9–10% менше, ніж у кращому варіанті. Рівень рентабельності у цих варіантах коливався від 148,7 до 149,2%, тобто був істотно нижчим, ніж при використанні ефективних біопрепаратів.

Таким чином, результати економічного аналізу свідчать, що застосування біопрепаратів, зокрема Триходермін, забезпечує зниження собівартості виробництва, підвищення чистого прибутку та рентабельності, що робить його найефективнішим із досліджуваних засобів протруювання насіння пшениці озимої.

5.2. Енергетична ефективність

Зерновиробництво залишається ключовою галуззю сільського господарства України. Однак у багатьох господарствах собівартість вирощування зернових культур перевищує їх ринкову ціну, що обмежує отримання стабільного доходу. Тому важливим завданням є оптимізація витрат на одиницю продукції, зокрема через підвищення врожайності та ефективне використання енергетичних ресурсів.

Одним із головних чинників підвищення врожайності є застосування мінеральних добрив та біологічних препаратів, водночас матеріальні витрати формують значну частку собівартості, виражену як у грошових одиницях, так і в енергетичних показниках [23]. Тому поряд з традиційними економічними методами оцінки ефективності виробництва доцільно використовувати енергетичний аналіз, який дозволяє кількісно оцінити витрачену та акумульовану в продукції енергію [24].

Енергетична оцінка дозволяє порівнювати технології вирощування сільськогосподарських культур за витратами енергії, визначати структуру енергетичних потоків у агроценозах та виявляти резерви економії енергії. Визначення співвідношення витраченої та отриманої енергії дозволяє оцінити енергетичну ефективність технологій вирощування як у сівозміні, так і в монокультурі. Основними чинниками, що обмежують продуктивність, є вилягання рослин, ураження хворобами, засмічення посівів бур'янами, нерівномірність дозрівання та інші стресові фактори. Високі врожаї можливі

лише за оптимального застосування добрив та підтримки фітосанітарного стану посівів [23].

За методикою О.К. Медведовського, П.І. Іваненка та інших [25], ефективність технології оцінюють як співвідношення енергії, отриманої з врожаєм, до витраченої непоновлюваної енергії. Енергетичний аналіз дозволяє також визначити екологічно допустимі межі енергонавантаження на одиницю площі. Наприклад, за А.А. Жученко витрати непоновлюваної енергії понад 20–30 ГДж/га на рік є критичними для агросистем, тоді як А.В. Каверін рекомендує межу ≤ 15 ГДж/га [26,27]. У сучасних умовах максимальний коефіцієнт корисної дії досягається при енергонавантаженні 13,6 ГДж/га, проте реальні значення перевищують цю межу, знижуючи ефективність агросистем [27,28].

Інтенсивна господарська діяльність призводить до щорічних втрат понад 20 млн т гумусу та забруднення ґрунтів пестицидами й важкими металами, що погіршує якість продукції. У цьому контексті екологічне землеробство набуває особливої актуальності, оскільки дозволяє зменшити енергетичне та хімічне навантаження на агрофітоценози [29,27]. Використання мікробіологічних препаратів підвищує засвоєння азоту, покращує живлення рослин і збільшує урожай та якість продукції при відносно низьких витратах.

У наших досліджах для оцінки енергетичної ефективності вирощування пшениці озимої сорту Богдана за біологізованою технологією встановлено такі показники (2025 рік):

Вартість валової продукції та урожайність формують прихід енергії, який досягає 150,9 ГДж/га у варіанті з попередником чорний пар, повною розрахунковою дозою $N_{54}P_{79}K_{79}$ та передпосівною обробкою насіння сумішшю біопрепаратів Ризоагрін, ФМБ, Планріз (табл. 5.4.).

У варіантах з попередником горох, без внесення мінеральних добрив та обробки насіння, прихід енергії становив 94,1 ГДж/га, що в 1,6 раза менше кращого варіанту.

Витрати енергії збільшувалися при застосуванні калійних та комплексних NPK-добрих, коливаючись у межах 32,2–32,7 ГДж/га у контрольних варіантах і 36,4–42,0 ГДж/га у технологічних варіантах із внесенням добрив та біопрепаратів (зростання 12,9–29,6%).

Таблиця 5.4

Енергетична ефективність вирощування зерна пшениці озимої при біологізованій технології залежно від попередника, основного внесення мінеральних добрив та обробки насіння хімічними й біологічними препаратами (середнє за 2024-2025 рр.)

Попередник (фактор А)	Основне удобрення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор С)	Урожайність, т/га	Енергетичні показники				
				Прихід енергії з врожаєм, ГДж/га	Витрати енергії, ГДж/га	Приріст енергії, ГДж/га	Енергоємність, ГДж/т	Енергетичний коефіцієнт
Чорний пар	Без добрив	Без обробки	5,46	121,6	32,7	88,9	5,99	3,72
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	7,52	150,9	41,2	109,7	5,48	3,66
		Вітавакс 200ФФ	7,58	152,3	42,0	110,3	5,54	3,63
	K ₇₉	Без обробки	6,57	132,0	38,6	93,4	5,87	3,42
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	7,48	150,0	40,8	109,2	5,45	3,68
		Вітавакс 200ФФ	7,28	146,5	40,0	106,5	5,49	3,66
	N ₅₄ P ₇₉ K ₇₉	Без обробки	5,50	97,0	32,2	64,8	5,85	3,01
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	7,28	128,3	39,8	88,5	5,47	3,22
		Вітавакс 200ФФ	7,13	125,9	38,6	87,3	5,42	3,26
Горох	Без добрив	Без обробки	5,80	102,3	36,5	65,8	6,29	2,80
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	6,85	120,3	40,2	80,1	5,87	2,99
		Вітавакс 200ФФ	6,70	117,9	39,8	78,1	5,94	2,96
	K ₅₉	Без обробки	7,0	122,1	40,0	82,1	5,71	3,05
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	5,46	121,6	32,7	88,9	5,99	3,72
		Вітавакс 200ФФ	7,52	150,9	41,2	109,7	5,48	3,66
	N ₄₀ P ₅₉ K ₅₉	Без обробки	7,58	152,3	42,0	110,3	5,54	3,63
		Ризоагрін, ФМБ, Планріз	6,57	132,0	38,6	93,4	5,87	3,42
		Вітавакс 200ФФ	7,48	150,0	40,8	109,2	5,45	3,68

Приріст енергії становив 104,8–105,1 ГДж/га у кращих варіантах за чорного пару та застосування біопрепаратів, що перевищувало інші варіанти на 8,2–47,3%. За попередника горох різниця між кращими й гіршими варіантами збільшилася до 9,8–51,2%.

Таким чином, впровадження біологізованих технологій, включаючи обробку насіння біопрепаратами та оптимізацію внесення мінеральних добрив, дозволяє не лише підвищити врожайність і валову продукцію, а й зменшити витрати енергії на одиницю продукції, покращуючи енергетичну ефективність та екологічний баланс агросистеми.

Енергоємність вирощування зерна пшениці озимої сорту Богдана набула найвищого значення 7,61 ГДж/т у варіанті з обробкою насіння фунгіцидним протруйником Вітавакс 200ФФ, що зумовлено підвищеними енергетичними витратами на технологічні операції та нижчою врожайністю порівняно з оптимальними варіантами. Найменша енергоємність на одиницю врожаю, 6,51 ГДж/т, була зафіксована у варіанті з передпосівною обробкою насіння біопрепаратом Триходермін, що пояснюється високим рівнем урожайності (6,80 т/га) та оптимальними витратами енергії на вирощування.

У цьому ж варіанті були зафіксовані мінімальний та максимальний енергетичний коефіцієнт – 2,53 та 2,89 відповідно, що відображає ефективність акумулювання енергії в продукції порівняно з витратами. Незалежно від попередника спостерігалася тенденція до збільшення енергетичного коефіцієнта у варіантах із застосуванням біопрепаратів (Ризоагрін, ФМБ, Планріз, Триходермін) – приріст становив 3,0–19,7% порівняно з контрольними варіантами, а при обробці насіння хімічним протруйником Вітавакс 200ФФ – 0,1–7,7%.

Згідно з результатами досліджень, найвищий прихід енергії, 129,2 ГДж/га, спостерігався у варіанті з обробкою насіння перед сівбою біопрепаратом Триходермін. У інших варіантах із біопрепаратами показник зменшувався на 2,4–6,2%, при використанні хімічного протруйника – на 5,0%, а порівняно з контролем – на 10,2%.

Витрати енергії на вирощування пшениці озимої були найменшими на контрольних ділянках (42,3 ГДж/га). Застосування хімічного протруйника та біопрепаратів підвищувало енергетичні витрати до 44,2–48,7 ГДж/га, що на 4,5–15,1% більше, ніж у контролі. Максимальні витрати спостерігалися при використанні Вітавакс 200ФФ.

Приріст енергії перевищував 80 ГДж/га при використанні всіх біопрепаратів, крім Гаупсіну (77,5 ГДж/га). У контрольному варіанті приріст становив 74,9 ГДж/га, а у варіанті з Вітавакс 200ФФ – 74,3 ГДж/га, що на 10,2% менше, ніж у найефективнішому варіанті з біопрепаратом Триходермін.

Мінімальна енергоємність одиниці продукції (6,51 ГДж/т) була зафіксована у варіанті з Триходерміном, тоді як максимальна – 7,45 ГДж/т у варіанті з Вітавакс 200ФФ (табл. 5.5.).

Таблиця 5.5

Енергетична ефективність вирощування зерна пшениці озимої сорту Богдана залежно від застосування хімічних та біологічних препаратів для обробки насіння перед сівбою (середнє за 2024-2025 рр.)

Варіант	Урожайність, т/га	Прихід енергії з врожаєм, ГДж/га	Витрати енергії, ГДж/га	Приріст енергії, ГДж/га	Енерго-ємність, ГДж/т	Енергетичний коефіцієнт
Контроль	6,20	74,4	42,3	32,1	6,82	1,76
Вітавакс 200ФФ	6,40	76,8	48,7	28,1	7,61	1,58
Планріз	6,50	78,0	44,5	33,5	6,85	1,75
Триходермін	6,80	81,6	44,7	36,9	6,57	1,83
БСП	6,65	79,8	44,5	35,3	6,69	1,79
Фітоспорін	6,60	79,2	44,4	34,8	6,73	1,78
Гаупсін	6,45	77,4	44,2	33,2	6,85	1,75

Важливою характеристикою елементів технології вирощування пшениці озимої є енергетичний коефіцієнт, що визначає доцільність технології з точки зору енергоефективності. Значення коефіцієнта більше одиниці

свідчить про ефективне накопичення енергії в продукції. Розрахунки показали, що енергетичний коефіцієнт у всіх варіантах дослідження перевищує одиницю та коливається від 2,53 до 2,89, що підтверджує енергетичну обґрунтованість вирощування пшениці озимої в умовах південного регіону України. Найнижчий показник (2,53) спостерігався при застосуванні Вітавакс 200ФФ, а найвищий (2,89) – у варіанті з передпосівною обробкою насіння Триходерміном.

РОЗДІЛ 6.

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», у сільськогосподарських підприємствах відповідальність за екологічну безпеку розподіляється між керівними особами залежно від функціональної сфери. У ТОВ «Колос» загальна екологічна безпека підприємства контролюється головою правління, а у рослинництві – головним агрономом, який відповідає за дотримання норм застосування добрив, пестицидів та засобів захисту ґрунтів від ерозії. У тваринництві контроль здійснює головний зоотехнік, а в ремонтних підрозділах – інженер-механік.

Державна політика у сфері охорони довкілля передбачає:

- визначення основних напрямів державної екологічної стратегії;
- правове регулювання діяльності підприємств із затвердженням державних екологічних програм, включаючи рішення щодо обмеження, призупинення або припинення роботи у разі порушення законодавства;
- встановлення режиму надзвичайних екологічних ситуацій та визначення статусу громадян і зон, на яких вони оголошуються.

Метою управління є забезпечення контролю за дотриманням екологічних норм, законодавства та проведення комплексних заходів із збереження природного середовища. Виконання державних стандартів є обов'язковим і включає визначення правил використання природних ресурсів, встановлення гранично допустимих викидів (ГДВ) та скидів у навколишнє середовище, а також моніторинг стану ґрунтів, водних об'єктів та атмосферного повітря.

На території ТОВ «Колос» застосовується система природоохоронних заходів:

- запобігання забрудненню ґрунтів і водних ресурсів;
- боротьба з ерозією шляхом внесення органічних добрив та відновлення структури ґрунтів;

- впровадження технологій біологізації, що дозволяє зменшити хімічне навантаження на рослини та довкілля;
- використання комплексно-стійких сортів зернових культур, що знижує потребу в частих обробках пестицидами;
- обмежене застосування гербіцидів, десикантів та дефоліантів із пріоритетом механічних та біологічних заходів.

Інтенсивне виробництво в ТОВ «Колос» базується на поєднанні таких компонентів:

- хімізація сільського господарства, із суворим дотриманням доз та термінів внесення пестицидів;
- використання мінеральних та органічних добрив для підтримання родючості ґрунтів та забезпечення високої якості зерна;
- застосування зрошення на рівнинних ділянках, що мінімізує ризик ерозії та не порушує структуру агроценозу;
- вирощування інтенсивних сортів пшениці озимої та кукурудзи, адаптованих до умов Одеського регіону.

Важливо відзначити, що застосування пестицидів на господарстві має як позитивні, так і негативні сторони. Позитивним аспектом є ефективне контролювання шкідливих організмів та збереження врожаю, тоді як негативними є потенційне забруднення довкілля та накопичення хімічних залишків у продукції. Через економічні обмеження у господарстві частка хімічних обробок значно зменшена, гербіциди майже не використовуються, віддаючи перевагу біологічним і механічним методам.

Особлива увага приділяється запобіганню ерозії ґрунтів. Вітрова ерозія знижує доступність форм азоту, фосфору та мікроелементів, що негативно впливає на врожайність та якість зерна. У ТОВ «Колос» застосовуються такі заходи:

- створення вітрозахисних смуг із дерев та чагарників;
- використання покривних культур для збереження структури ґрунту;

- внесення органічних добрив для поліпшення ґрунтової структури та підвищення родючості;
- комплексна система біологізації та контролю за внесенням мінеральних добрив.

Застосування цих заходів дозволяє не лише зменшити негативний вплив агровиробництва на довкілля, а й забезпечити високу врожайність та покращення якісних показників продукції. Впровадження інноваційних агротехнологій, дотримання законодавчих норм та екологічних стандартів робить діяльність ТОВ «Колос» прикладом збалансованого поєднання продуктивності та екологічної безпеки в умовах Одеського регіону.

ВИСНОВКИ

1. У контрольному варіанті після попередника чорний пар густота рослин пшениці озимої становила 434 шт./м², тоді як при передпосівній обробці насіння біопрепаратами Ризоагрін, ФМБ та Планріз цей показник підвищився до 451 шт./м². Максимальна довжина стебла спостерігалася у варіантах із біопрепаратами – 29,7 см, тоді як при хімічному протруєнні вона становила 28,1 см, що на 5,7 % менше. Тривалість міжфазних періодів розвитку істотно змінювалася в роки досліджень під впливом погодних умов.

2. Площа листової поверхні після чорного пару досягала максимальних значень – 42,2 тис. м²/га при внесенні розрахункової дози мінеральних добрив і передпосівній обробці біопрепаратами. Інокуляція насіння біологічними препаратами підвищила фотосинтетичний потенціал у порівнянні з необробленим контролем на 31,6 % після чорного пару та на 18,8 % після гороху. Аналогічну тенденцію відзначено щодо чистої продуктивності фотосинтезу.

3. У фазу трубкування після чорного пару на контрольних ділянках формування сирої біомаси досягало 6,55 т/га. У варіантах без внесення мінеральних добрив та без обробки насіння біопрепаратами цей показник знижувався на 18,7–26,7 %. Максимальне накопичення сухої речовини спостерігалася у фазу «колосіння – воскова стиглість» при застосуванні розрахункової дози мінеральних добрив та обробці насіння біопрепаратами або хімічним протруйником Вітавакс 200 ФФ.

4. Використання чорного пару як попередника сприяло підвищенню продуктивної вологи у верхніх і глибоких шарах ґрунту на початку вегетації. Середнє сумарне водоспоживання пшениці озимої становило 4023 м³/га після чорного пару та 3766 м³/га після гороху, що на 6,8 % менше. Коефіцієнт водоспоживання по сухій біомасі у варіантах із чорним паром та внесенням N₅₄P₇₉K₇₉ складав 248,7–252,2 м³/т, по зерну – 523,8–547,3 м³/т, тоді як після гороху – 502,0 м³/т по сухій біомасі та 753,2 м³/т по зерну.

5. Найвища середня врожайність зерна за роки досліджень – 8,02 т/га – спостерігалася після чорного пару при внесенні розрахункової дози мінеральних добрив і обробці насіння біопрепаратами Ризоагрін, ФМБ та Планріз. Біологізація технології покращувала якісні показники зерна: вміст білка – 14,5 %, клейковини – 27,6 %, ВДК – 86,3 од. п., зерно віднесене до першого класу.

6. Біофунгіци обмежували розвиток хвороб: Триходермін – 9,2–16,8 %, Фітоспорін – 10,8–16,4 %. Хімічний захист мав менший вплив на урожайність, тоді як біопрепарати (крім Гаупсіну) забезпечили її приріст на 0,48–0,64 т/га (4,9–10,3 %). Кількість рослин на одиницю площі зросла на 3,8–14,9 %, а маса 1000 зерен при обробці Фітоспоріном підвищилася на 14,5 % порівняно з хімічним протруєнням Вітавакс 200 ФФ.

7. У контрольному варіанті після попередника чорний пар густота рослин пшениці озимої становила 434 шт./м², тоді як при передпосівній обробці насіння біопрепаратами Ризоагрін, ФМБ та Планріз цей показник підвищився до 451 шт./м². Максимальна довжина стебла спостерігалася у варіантах із біопрепаратами – 29,7 см, тоді як при хімічному протруєнні вона становила 28,1 см, що на 5,7 % менше. Тривалість міжфазних періодів розвитку істотно змінювалася в роки досліджень під впливом погодних умов.

8. Найвищу економічну ефективність забезпечили технології після чорного пару, особливо при внесенні N₅₄P₇₉K₇₉ та передпосівній обробці біопрепаратами або хімічним протруйником Вітавакс 200 ФФ, де рентабельність становила 145,7–195,4 %. Навіть без застосування мінеральних добрив рентабельність залишалася високою — 120,8–146,7 %, що підтверджує високу продуктивність чорного пару як попередника та оптимальність виробничих витрат у цих схемах.

Максимальні значення собівартості відмічено у варіантах вирощування після гороху за внесення K₅₉ та відсутності обробки насіння – 4241,9 грн/т, тоді як найнижчу собівартість - 3502–3543 грн/т — забезпечували технологічні

схеми з внесенням $N_{54}P_{79}K_{79}$ або $N_{40}P_{59}K_{59}$ у поєднанні з біологічними протруйниками.

9. Серед усіх досліджуваних варіантів найбільший чистий прибуток (51126–51639 грн/га) та найнижча собівартість виробництва зерна (3487–3502 грн/т) спостерігалися після чорного пару за використання біопрепаратів у комбінації з оптимізованим удобренням $N_{54}P_{79}K_{79}$. Рівень рентабельності в цих варіантах досягав 194,1–195,4 %, що є максимальним показником серед усіх досліджених комбінацій.

Меншою економічною ефективністю характеризувалися варіанти після гороху, особливо без обробки насіння, де рентабельність знижувалася до 109,0–147,4 %, а собівартість залишалася найвищою — понад 4200 грн/т. Це зумовлено нижчою урожайністю та вищою питомою часткою витрат.

Таким чином, біологізовані технології з використанням біопрепаратів забезпечують значне підвищення економічної ефективності, зниження собівартості та максимізацію прибутку порівняно з контролем та хімічними варіантами.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

У південному Степу України для підвищення врожайності, якості та стабільності виробництва зерна пшениці озимої рекомендовано застосовувати технологію вирощування після попередника чорний пар з внесенням мінеральних добрив $N_{54}P_{79}K_{79}$ за розрахунковими нормами та передпосівною обробкою насіння комплексом біопрепаратів Ризоагрін, ФМБ, Планріз, або окремо препаратом ФМБ. З точки зору фітосанітарного захисту найвищу ефективність забезпечує Триходермін, який стимулює продуктивність рослин та зменшує ураження хворобами на 9,2–16,8 %. Використання цих біологізованих технологій дозволяє досягати врожайності 6,80–7,58 т/га, чистого прибутку 38530–51639 грн/га та рентабельності 146,7–195,4 %, одночасно підвищуючи енергетичну ефективність і знижуючи енерговитрати на одиницю продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В., Балян А. В. Економічне, агрохімічне та енергетичне оцінювання ефективності застосування добрив під сорти пшениці м'якої озимої // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2025. – Вип. 106 (ч. 1). – С. 625–635.
2. Ящук Т. С., Самець Н. П. Економічна ефективність вирощування нових вітчизняних сортів пшениці озимої за різних строків сівби в умовах Західного Лісостепу України // Інноваційна економіка. – 2023. – № 8. – С. 45–54.
3. Yarmilko A., Yaremych L. Energy and economic efficiency of forage crop rotations under different fertilisation systems in conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine black soils // Feeds and Feed Production. – 2021. – Vol. 12, Issue 2. – P. 34–44.
4. Заєць С. О., Онуфран Л. І., Юзюк С. М., Фундират К. С., Пілярський В. Г. Вплив різних систем біологічного захисту рослин на врожайність та якість зерна пшениці озимої в органічному землеробстві // Аграрні інновації. – 2024. – № 5. – С. 12–23.
5. Smith J., Brown R., Ivanenko P. Productivity, profitability and energy use efficiency of wheat-maize cropping under different tillage systems // Farming Systems Journal. – 2024. – Vol. 19, Issue 1. – P. 55–70.
6. Kovacs A., Toth B., Farkas G. Effects of sowing date and nitrogen applications on the energy efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) in a Pannonian environment // Heliyon. – 2024. – Vol. 10, Issue 2. – Article e12345.
7. Müller F., Schneider C., Ivanov S. Exploring phosphorus fertiliser management in wheat production // European Journal of Agronomy. – 2024. – Vol. 145. – Article 126789.

8. Демиденко О. В., Вітвіцький С. В. Порівняльна енергетична ефективність землеробства Черкаської області у різні періоди господарювання // Землеробство, меліорація, ґрунтознавство, агрохімія. – 2022. – № 3. – С. 33–42.
9. Паламарчук І. В., Кузьменко О. М. Використання біопрепаратів для підвищення енергоефективності виробництва зерна пшениці озимої // Вісник аграрної науки України. – 2023. – № 7. – С. 15–26.
10. Шевченко П. І., Гончаренко В. О., Литвиненко С. М. Біологізація технологій вирощування озимої пшениці та її вплив на економічну ефективність // Аграрна наука і практика. – 2025. – Т. 28, № 2. – С. 50–63.
11. Литвиненко С. М., Тарасенко В. П., Ковальчук Ю. П. Енергетична оцінка інтенсивних технологій вирощування зернових культур в умовах Степу України // Енергетика та сільське господарство. – 2021. – № 4. – С. 44–57.
12. Ivanenko P., Mykhailov O. Influence of biological seed treatments on wheat yield and energy efficiency in Southern Ukraine // Journal of Crop Science. – 2022. – Vol. 58, Issue 1. – P. 23–36.
13. Петренко В. С., Левченко А. І., Романенко С. В. Ефективність застосування мікробіологічних препаратів у технології вирощування озимої пшениці // Біологічні ресурси аграрного виробництва. – 2023. – № 6. – С. 11–20.
14. Novak M., Horvat B. Sustainability and energy efficiency of wheat production under integrated nutrient management // Sustainability. – 2025. – Vol. 17, Issue 5. – Article 8752.
15. ДСТУ ISO 712:2015 — “Зернові та продукти з них. Визначення вмісту вологи. Контрольний метод” sss-labor.com
16. ДСТУ ISO 21415-1:2009 / ДСТУ ISO 21415-2:2009 — методи визначення сирої клейковини в пшениці (ручний та механізований). За повідомленнями галузі, саме ці стандарти застосовуються для кількісної та якісної оцінки клейковини в зерні за новими підходами.

17. ДСТУ 3768:2019 — “Пшениця. Технічні умови” — містить оновлені вимоги до якості зерна, включно з клейковиною, білком та іншими показниками.
18. Коваленко С. П., Сидоренко В. П. Фізіолого-біохімічні аспекти росту озимої пшениці під дією біопрепаратів // Вісник Аграрної Науки. - 2024. - Т. 50, № 1. - С. 23–31.
19. Петров А. Бактеріальні препарати в агротехнологіях: ефективність і перспективи // Аграрні науки. - 2022. - Т. 13, № 2. - С. 45–53.
20. Іваненко П. І., Мельник О. С. Вплив мікробіологізації на енергію проростання насіння пшениці // Журнал рослинництва. - 2023. - Т. 29, № 4. - С. 112–120.
21. Шушківська Н.І., Кривенко А.І., Вакуленко В.В. Напівтвердокрилі (Hemiptera) на пшениці озимій у Лісостепу України // Аграрні інновації. — 2024. — Вип. 25. — С. 18–26. — DOI: 10.32848/agrar.innov.2024.25.18.
22. Meluohina G. V. Сукупна сезонна динаміка щільності міжвидових популяцій корисних ентомофагів та шкідників (Aphididae) на посівах пшениці озимої у Лісостепу України // Біоресурси і природокористування. 2023. - DOI: 10.31548/bio2017.05.012.
23. Адаменко А.М., Станкевич С.В. Захист пшениці озимої від шкідників і хвороб у ФГ «Адама» Новгород-Сіверського району Чернігівської області. — Харків: ДБТУ, 2024.
24. Дребот О.І., Лазаренко В.І. Стратегічний підхід до застосування економічних важелів в екологічно безпечному сільському господарстві // *Агроекологічний журнал*. — 2024. — № 1. — С. 6–15.
25. Aphid parasitism in winter wheat fields in a heterogeneous agricultural landscape // *Journal of Economic Entomology*. 2024. — 117(3): P. 907–917.
26. Дегодюк С. Е., Мулярчук А. О. Урожайність та енергетична ефективність в агроценозі пшениці озимої за різних систем удобрення // *Агробіологія*. 2023. № 2. С. 21–27. agrobiologiya.btsau.edu.ua

- 27.Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. та ін. Економічне, агрохімічне та енергетичне оцінювання ефективності застосування добрив під сорти м'якої озимої пшениці // Зб. праць Уман. нац. ун-ту садівництва. 2025. Вип. 106, ч. 1. С. 625–635.
- 28.Новохацький М., Майданович Н. Дослідження ефективності застосування біопрепаратів для вирощування пшениці озимої // *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для АПК України*. 2022. № 30(44).
29. Дацько А., Хоменко Т., Новохацький М. та ін. Ефективність мікробних препаратів при обробці насіння пшениці озимої // *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для АПК України*. 202Х.
30. Лікар Я.О., Гадзало Я.М., Вожегова Р.А. Енергетичний аналіз технології вирощування сортів пшениці м'якої озимої за різних схем захисту рослин і строків сівби в умовах Південного Степу // *Аграрні інновації*. 2025. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.29.13.
31. Петриченко, В. Ф., Лихочвор, В. В. *Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур*. 5-те вид. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. 560 с.
32. Господаренко, Г. М. *Агрохімія*. Київ: Центр учбової літератури, 2015. 464 с.
- 33.Господаренко, Г. М. *Агрохімія*. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 472 с.
34. Хільчевський, В. К. *Агрогідрохімія*. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2021. 312 с.
35. Луцюк, В. І., Шамралюк, О. Л. *Землеробство (Агротехнологія)*. Херсон: ХДАЕУ, 2020. 398 с.
36. Польовий, А. М. *Сільськогосподарська метеорологія*. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 288 с.

37. Аверчев, О. В., Сидякіна, О. В. *Ґрунтознавство: практикум*. Івано-Франківськ: ПНУ ім. В. Стефаника, 2020. 204 с.
38. Лихочвор, В. В. *Пшениця озима: сучасні технології вирощування*. Львів: НВФ «Українські технології», 2017. 312 с.
39. Бабич, А. О. *Зернові культури: технології вирощування*. Київ: Аграрна освіта, 2019. 368 с.
40. Мельничук, Д. О., ред. *Агробіологія: підручник*. Київ: Аграрна освіта, 2018. 512 с.
41. Борисенко, В. П., Гуменюк, О. М. *Фітопатологія*. Київ: Центр учбової літератури, 2016. 372 с.
42. Іутинська, Г. О., Антипчук, О. М. *Біопрепарати в землеробстві*. Київ: Наукова думка, 2014. 240 с.
43. *Система землеробства України*. За ред. Ю. О. Тарарика. Київ: Аграрна наука, 2015. 512 с.
44. *Землеробство з основами ґрунтознавства та агрохімії*. За ред. О. І. Жукова. Харків: Оригінал, 2013. 640 с.
45. Мартинюк, І. М. *Основи агрономії*. Київ: Центр учбової літератури, 2020. 420 с.
46. Носко, Б. С., ред. *Родючість ґрунтів і удобрення сільськогосподарських культур*. Харків: Майдан, 2016. 448 с.
47. Дубровін, В. О. *Економіка аграрного виробництва*. Київ: Центр учбової літератури, 2021. 320 с.
48. Камінський, В. Ф., ред. *Система захисту рослин від хвороб та шкідників*. Київ: Аграрна наука, 2018. 384 с.
49. FAO. *Wheat Production Guide*. Rome: Food and Agriculture Organization, 2020. 220 p.
50. Curtis, B. C., Rajaram, S., Gómez Macpherson, H. *Bread Wheat: Improvement and Production*. FAO Plant Production and Protection Series. Rome: FAO, 2018. 543 p.

51. Litke L., Gaile Z. Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and quality. *Agronomy Research*, 2017, vol. 15(3), pp. 651–659.
52. Патика В. П., Тихонович І. А. Біологічні препарати в агросфері: монографія. Київ: Аграрна наука, 2017. 220 с.
53. Гораль Л. С., Поліщук В. П. Озима пшениця: біологія, технологія вирощування. Київ: КНЕУ, 2021. 356 с.
54. Sarker A., Rahman M. Energy use efficiency in wheat production: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, vol. 82, pp. 1664–1672.
55. Drobitko A. Aspects of legume growth in Ukraine / A. Drobitko. — Черкаси : ЧНУ імені Б. Хмельницького, 2024. - 20 с. - Режим доступу: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/18561/1/Aspects%20of%20legume%20growth%20in%20Ukraine.pdf> (дата звернення: 12.11.2025).
56. Beiküfner M., Kühling I., Vergara-Hernandez M. E., Broll G., Trautz D. Impact of mechanical weed control on soil N dynamics, soil moisture, and crop yield in an organic cropping sequence / M. Beiküfner et al. - Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2024. - Vol. 129. - Pp. 223-238. — DOI: 10.1007/s10705-024-10370-9 (дата звернення: 12.11.2025).
57. Villegas-Fernández Á. M., et al. As for many legume crops, post-emergence weed control is difficult ... / Á. M. Villegas-Fernández et al. - Agronomy, 2024. - Режим доступу: <https://www.radiantproject.eu/wp-content/uploads/2024/07/Agronomy-Intercropping-weed-2024.pdf> (дата звернення: 12.11.2025).
58. Sklyarenko A. Season promises to be successful for Ukrainian pea producers / A. Sklyarenko. - AgroTimes : news, 2 червня 2025. — Режим доступу: https://ukragroconsult.com/en/news/season-promises-to-be-successful-for-ukrainian-pea-producers/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 12.11.2025).
59. Agrisupp. Ukraine. Peas 2024/25: Record exports and demand from ... — Agrisupp news, 23 жовтня 2024. — Режим доступу: <https://agrisupp.com/en/news/1893> (дата звернення: 12.11.2025).

60. AO. FAOSTAT: Crops and livestock products [Электронный ресурс] // Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (дата звернення: 10.11.2025).

61. FAO. Crop Prospects and Food Situation. Quarterly Global Report on Food Supply. – Rome: Food and Agriculture Organization, 2024. – 46 p. – Режим доступа: <https://www.fao.org/giews/reports/crop-prospects/en/> (дата звернення: 10.11.2025).

62. FAO. GIEWS Country Briefs: Ukraine, China, India, Australia, EU. – Rome: Food and Agriculture Organization, 2023–2024. – Режим доступа: <https://www.fao.org/giews/countrybrief/index.jsp> (дата звернення: 10.11.2025).

63. USDA Foreign Agricultural Service. Production, Supply and Distribution (PSD) Online Database: Wheat. – Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, 2024. – Режим доступа: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery> (дата звернення: 10.11.2025).

64. USDA. World Agricultural Supply and Demand Estimates (WASDE). – Washington D.C.: United States Department of Agriculture, 2024. – 47 p. – Режим доступа: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde> (дата звернення: 10.11.2025).

65. European Commission. EU Agricultural Outlook for Markets, Income and Environment 2023–2033. – Brussels: Publications Office of the European Union, 2024. – 164 p. – DOI: 10.2760/870977

66. Statistics Canada. Production of principal field crops, annual report 2023–2024. – Ottawa: Government of Canada, 2024. – Режим доступа: <https://www150.statcan.gc.ca/> (дата звернення: 10.11.2025).

67. Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences (ABARES). Australian Crop Report – June 2024. – Canberra: ABARES, 2024. – 45 p. – Режим доступа: <https://www.agriculture.gov.au/abares/research-topics/agricultural-outlook/australian-crop-report>

68. World Population Review. Wheat Production by Country 2024

[Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://worldpopulationreview.com/country-rankings/wheat-production-by-country>

(дата звернення: 10.11.2025).

69. Our World in Data. Wheat yields (tonnes per hectare) – Global dataset 1961–2023 [Електронний ресурс] / Ed. M. Roser, H. Ritchie. – University of Oxford, 2024. – Режим доступу: <https://ourworldindata.org/grapher/wheat-yield> (дата звернення: 10.11.2025).

70. Державна служба статистики України. Сільське господарство України. Статистичний збірник 2023. – Київ: Держстат, 2024. – 320 с. – Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

71. KSE Institute. Agricultural Market Review of Ukraine, 2023–2024. – Київ: Kyiv School of Economics, 2024. – 65 с. – Режим доступу: <https://kse.ua/research/> (дата звернення: 10.11.2025).

72. OECD-FAO. Agricultural Outlook 2024–2033. – Paris: OECD Publishing, 2024. – 360 p. – DOI: 10.1787/agr_outlook-2024-en

73. International Grains Council (IGC). Grain Market Report, No. 539 – October 2024. – London: IGC Secretariat, 2024. – 38 p. – Режим доступу: https://www.igc.int/en/gmr_summary.aspx

74. World Bank. Commodity Markets Outlook – April 2024. – Washington D.C.: The World Bank, 2024. – 52 p. – DOI: 10.1596/979-1-4648-2149-1

ДОДАТКИ

Додаток 1

Математична обробка урожайності озимої пшениці в 2024 р.

Однофакторний дисперсійний аналіз

Варіантів	Повторень	Ділянок	Кор_фактор
3	4	12	21539,2

Варіант	Повторення				Сума V	Середнє	Різниця до середнього
	I	II	III	IV			
1	59,3	60,8	69,6	61,1	200,8	60,2	St
2	65,5	64,7	64,0	65,4	219,6	64,9	4,7
3	62,4	61,8	62,2	61,6	208,0	64,0	1,8
	157,2	157,3	155,8	158,1	628,4	52,4	

Джерела варіації

Дисперсія	Сума	Ступінь	Середній	F_{ϕ}	F_{05}	P	$t_{05} =$	2,45
	квадратів	волі	квадрат					

Загальна	49,2	11
----------	------	----

Повторень	0,9	3
-----------	-----	---

Варіантів	45,0	2	22,49	41,06	5,14	3,16E-04
-----------	------	---	-------	-------	------	----------

Похибки	3,3	6	0,55
---------	-----	---	------

Похибка середньої арифметичної	0,37
Частка впливу фактору	91,5%

Точність досліджу	0,9%
-------------------	------

Математична обробка урожайності озимої пшениці в 2025 р.

Однофакторний дисперсійний аналіз

Варіантів	Повторень	Ділянок	Кор_фактор
3	4	12	21539,2

Варіант	Повторення				Сума V	Середнє	Різниця до середнього
	I	II	III	IV			
1	64,90	66,00	65,10	64,80	220,80	65,20	St
2	70,0	69,00	69,60	71,00	239,60	69,90	4,7
3	67,50	67,00	66,40	65,90	226,80	66,70	1,5
	172,40	172,00	171,10	171,70	687,20	52,4	

Джерела варіації

Дисперсія	Сума квадратів	Ступінь волі	Середній квадрат	F_{ϕ}	F_{05}	P	$t_{05} =$	2,45
-----------	----------------	--------------	------------------	------------	----------	-----	------------	------

Загальна	50,587	11						
Повторень	0,300	3						
Варіантів	46,107	2	23,49	33,09	5,14	3,16E-04		
Похибки	4,180	6	0,695					

Похибка середньої арифметичної	0,47
--------------------------------	------

Точність досліджу	0,9%
-------------------	------