

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ПОЛЬОВИХ І ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри,  
доктор с.-г. наук,

Олександр РУДІК  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти Освітньої програми  
«Агрономія»  
За спеціальністю: 201 – Агрономія

**ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОПРЕПАРАТУ ВІКСЕРАН В ОПТИМІЗАЦІЇ  
АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО**

Науковий керівник: доктор сільсько-  
господарських наук, професор,  
\_\_\_\_\_ **Віктор ЩЕРБАКОВ**  
Рецензент: \_\_\_\_\_

Виконав здобувач другого (магістерського)  
рівня вищої освіти денної форми навчання  
освітньо-професійна програма  
«Агрономія»  
спеціальність 201 - Агрономія  
**Андрій Курдогло**

*Засвідчую, що кваліфікаційна робота  
містить результати власних досліджень.  
Використання ідей і текстів інших авторів  
має посилання на відповідне джерело.*  
\_\_\_\_\_ **Андрій Курдогло**

ОДЕСА – 2025

# ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## Агробіотехнологічний факультет

### Кафедра польових і овочевих культур

Рівень вищої освіти: другий

(магістерський)

Спеціальність: 201 Агрономія

Освітня програма: Агрономія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри польових і  
овочевих культур

\_\_\_\_\_ Олександр РУДІК  
(підпис) (ім'я і прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р,

### ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЦІ

**Андрія ЗЛПТОВА**

(ім'я, прізвище здобувача)

1. Тема роботи: **«Ефективність біопрепарату Віксеран в оптимізації азотного живлення ячменю озимого»**

науковий керівник : доктор с, г, наук, професор Віктор Щербаков

(науковий ступінь, вчене звання, ім'я та прізвище)

затверджені наказом ректора Одеського державного аграрного університету  
від “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи: « » лютого 2025 р,

3, Перелік завдань, які потрібно розробити: аналітичний огляд та аналіз наукової проблеми, робоча гіпотеза, програма досліджень, результати досліджень та спостережень, аналіз отриманих результатів, висновки та пропозиції

4, Орієнтовний перелік графічного та табличного матеріалу: матеріали щодо ґрунтово кліматичних умов, схема дослідів, результати досліджень (за потреби), результати дисперсійного аналізу урожайності культури

5, Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: робоча програма, календарний план, досліджень, ґрунтово кліматичні умови місця проведення дослідження,

6, Дата видачі завдання: «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи | Строк виконання етапів роботи |
|-------|-----------------------------------------------------|-------------------------------|
|       | Аналіз літературних джерел                          | Листопад 2023 р               |
|       | Аналітичний огляд наукової проблеми                 | Грудень 2023 р,               |
|       | Розробка програми дослідження                       | Січень 2024 р,                |
|       | Проведення польового дослідження                    | Березень серпень 2024 р,      |
|       | Збір обробка та аналіз результатів                  | Серпень вересень 2024 р,      |
|       | Написання кваліфікаційної роботи                    | Серпень жовтень 2024 р,       |
|       | Написання тез та участь у конференції               | Січень 2025 р,                |
|       | Підготовка доповіді та презентації                  | Січень 2025 р,                |
|       | Перевірка роботи на плагіат                         | Лютий 2025 р,                 |
|       | Попередній захист на кафедрі                        | Лютий 2025 р,                 |
|       | Захист роботи                                       | Лютий 2025 р,                 |

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Андрій КУРДОГЛО

(підпис ) (ім'я і прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Віктор ЩЕРБАКОВ

(підпис ) (ім'я і прізвище)

## АННОТАЦІЯ

**Курдогло А.В. : ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОПРЕПАРАТУ ВІКСЕРАН В ОПТИМІЗАЦІЇ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО**

*Спеціальність 201 «Агрономія», другий (магістерський) рівень вищої освіти, Одеський державний аграрний університет, 2025.*

Дослідження проведено на чорноземах південних важкосуглинкових за схемою шести варіантів: контроль (без добрив),  $N_0$  + Віксеран,  $N_{40}$ ,  $N_{40}$  + Віксеран,  $N_{80}$ ,  $N_{80}$  + Віксеран. Вивчено водний режим ґрунту, динаміку вмісту азоту, лінійний ріст рослин, наростання фітомаси, формування елементів структури врожаю, показники якості зерна (протеїн, натура) та економічні параметри (собівартість, прибуток, рентабельність). Оптимальним є застосування  $N_{40}$  у поєднанні з Віксераном, що забезпечує високий рівень урожайності (5,43 т/га), покращення якості зерна (протеїн 12,6 %) та рентабельність понад 90 %. Варіант  $N_{80}$  + Віксеран формує максимальну врожайність (5,57 т/га) і найвищий вміст білка (13,3 %), але має нижчу економічну ефективність через значні витрати.

**Ключові слова:** озимий ячмінь, азотне живлення, біопрепарат, Віксеран, урожайність, якість зерна, економічна ефективність.

## ANNOTATION

**Kurdohlo A.V.: EFFECTIVENESS OF THE BIOPREPARATION VIKSERAN IN OPTIMIZATION OF NITROGEN NUTRITION OF WINTER BARLEY**

*Specialty 201 "Agronomy", second (master's) level of higher education, Odessa State Agrarian University, 2025.*

The study was conducted on southern heavy loamy chernozems according to the scheme of six options: control (without fertilizers),  $N_0$  + Vikseran,  $N_{40}$ ,  $N_{40}$  + Vikseran,  $N_{80}$ ,  $N_{80}$  + Vikseran. The soil water regime, nitrogen content dynamics, linear plant growth, phytomass growth, formation of crop structure elements, grain quality indicators (protein, nature) and economic parameters (cost, profit, profitability) were studied. The optimal application is  $N_{40}$  in combination with Vikseran, which provides a high level of yield (5.43 t/ha), improved grain quality (protein 12.6%) and profitability of over 90%. The  $N_{80}$  + Vikseran variant forms the maximum yield (5.57 t/ha) and the highest protein content (13.3%), but has lower economic efficiency due to significant costs.

**Keywords:** winter barley, nitrogen nutrition, biological product, Vikseran, yield, grain quality, economic efficiency.

## Зміст

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                               | 7  |
| РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПРОГРАМНИХ ПИТАНЬ .....                                  | 10 |
| 1.1. Роль озимого ячменю у зерновиробництві України .....                                 | 10 |
| 1.2 Напрямки використання зерна озимого ячменю.....                                       | 11 |
| 1.3. Ботаніко-біологічна характеристика роду <i>Hordeum</i> .....                         | 13 |
| 1.4. Ефективність застосування біопрепаратів при вирощуванні польових культур.....        | 18 |
| 1.5. Можливості оптимізації азотного живлення за рахунок використання біопрепаратів.....  | 19 |
| РОЗДІЛ 2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....                                               | 22 |
| 2.1. Загальна характеристика ґрунтово-кліматичних умов зони південного степу України..... | 22 |
| 2.2. Характеристика ґрунту дослідного поля .....                                          | 23 |
| 2.3. Погодні умови в роки досліджень .....                                                | 25 |
| РОЗДІЛ 3. ПОСТАНОВКА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....                                          | 27 |
| 3.1. Мета і завдання дослідження .....                                                    | 27 |
| 3.2. Загальнодослідні питання .....                                                       | 28 |
| 3.3. Методика супутніх досліджень.....                                                    | 29 |
| 3.4. Характеристика сорту, що використовується в досліді .....                            | 30 |
| 3.5. Агротехніка у досліді.....                                                           | 31 |
| РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....                                                     | 34 |
| 4.1. Водний режим ґрунту .....                                                            | 34 |
| 4.2 Динаміка вмісту азоту у ґрунті і рослинах .....                                       | 36 |
| 4.3. Лінійний ріст рослин і наростання надлишкової фітомаси .....                         | 38 |
| 4.4. Особливості формування елементів структури врожаю .....                              | 41 |
| 4.5. Урожайність озимого ячменю .....                                                     | 44 |
| 4.6. Якість зерна .....                                                                   | 46 |
| РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТУ ВІКСЕРАН .....                | 50 |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
|                                  | 6  |
| ВИСНОВКИ.....                    | 55 |
| ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ .....     | 57 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ..... | 58 |

## ВСТУП

Озимий ячмінь є однією з провідних зернових культур у структурі посівів Південного Степу України. Він забезпечує стабільне виробництво фуражного та продовольчого зерна, що має велике значення для тваринництва та харчової промисловості. В умовах зміни клімату, коли спостерігається дефіцит вологи, підвищення температури та нерівномірність опадів, оптимізація технології вирощування озимого ячменю набуває особливого значення. Одним з ключових факторів формування врожаю є азотне живлення, яке впливає на ріст, розвиток рослин, формування елементів структури врожаю та якість зерна [1].

Традиційні системи удобрення потребують удосконалення, оскільки надмірне використання мінеральних добрив призводить до збільшення собівартості продукції та негативного впливу на навколишнє середовище. У цьому контексті перспективним напрямком є використання біологічних препаратів, здатних фіксувати атмосферний азот та підвищувати ефективність використання мінеральних добрив. Біологічний препарат Віксеран, що містить азотфіксуючі бактерії, сприяє покращенню азотного живлення рослин, зниженню витрат на добрива та підвищенню екологічної безпеки технології [2].

Незважаючи на позитивні результати використання біологічних препаратів у вирощуванні різних сільськогосподарських культур, питання ефективності використання препарату «Віксеран» саме в технології вирощування озимого ячменю в умовах південного Степу України вивчено недостатньо. Це зумовлює необхідність проведення досліджень, спрямованих на визначення впливу цього препарату на азотне живлення, врожайність та якість зерна озимого ячменю [16].

### **Об'єкт та предмет дослідження**

Об'єктом дослідження є технологія вирощування озимого ячменю в умовах Південного Степу України.

Предметом дослідження є вплив рівня азотного живлення та біологічного препарату Віксеран на продуктивність, якість зерна та економічну ефективність вирощування озимого ячменю сорту «Дев'ятий вал».

### **Ступінь вивченості теми**

Проблема оптимізації азотного живлення озимого ячменю широко висвітлена в роботах українських та зарубіжних вчених (А.О. Бабич, В.Ф. Петриченко, М.А. Литвиненко та ін.). Дослідження підтверджують, що азот є основним поживним елементом, який визначає рівень врожайності та якість зерна. Однак комплексні дослідження, що поєднують використання біологічних препаратів з різним рівнем азоту та оцінюють економічну ефективність технології в умовах Південного Степу, залишаються недостатньо розробленими. Це визначає актуальність даної роботи.

### **Мета та завдання дослідження**

Метою роботи є встановлення оптимального поєднання азотного живлення та біологічного препарату Віксеран для підвищення врожайності, якості зерна та економічної ефективності вирощування озимого ячменю сорту «Дев'ятий вал».

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасний стан питання використання біологічних препаратів для оптимізації азотного живлення зернових культур.
2. Дослідити вплив біологічного препарату «Віксеран» на динаміку азоту в ґрунті та рослинах озимого ячменю.
3. Оцінити вплив препарату на ріст, розвиток, врожайність та якість зерна озимого ячменю.
4. Визначити економічну ефективність використання біопрепарату у виробничих умовах.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

Вперше в умовах Південного Степу України проводиться агрономічна оцінка системи живлення ячменю озимого сорту Дев'ятий вал, що включає використання азотних добрив на фоні використання біопрепарату Віксеран.

**Практичне значення одержаних результатів.** На підставі проведених досліджень виробництву рекомендовано найбільш ефективна система живлення яка забезпечує більш ефективне використання азотних добрив на посівах ячменю озимого сорту Дев'ятий вал.

Результати досліджень будуть застосовуватися в технології вирощування ячменю озимого в господарствах Одеської області.

**Особистий внесок здобувача.** Здобувач особисто проаналізував, узагальнив відкритого доступу наукові публікації із напрямку досліджень, приймав участь у закладенні досліду. Автор проводив польові, лабораторні дослідження, під науковим керівництвом провів теоретичне обґрунтування одержаних даних, узагальнив їх у висновках та пропозиціях.

**Апробація результатів досліджень.** Результати даного наукового дослідження обговорені на студентській науково-практичній конференції «Інновації в агрономії-інструмент на шляху до сталого розвитку», яка відбулась 10 грудня 2025 р. За результатами конференції були опубліковані тези «Ефективність біопрепарату Віксеран в оптимізації азотного живлення ячменю озимого».

**Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.** Робота складається з анотації, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел із 56 найменувань. Загальний обсяг становить 66 сторінок комп'ютерного тексту, основний зміст викладено на 57 сторінках. Кваліфікаційна робота містить 10 таблиць та 5 рисунків.

## РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПРОГРАМНИХ ПИТАНЬ

### 1.1. Роль озимого ячменю у зерновиробництві України

Озимий ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) є однією з провідних зернових культур у сільськогосподарському секторі України. Його значення для національної економіки зумовлене високою продуктивністю, адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов та багатофункціональним використанням отриманого зерна. Згідно зі статистикою, площі посівів озимого ячменю в Україні щорічно коливаються від 900 до 1300 тис. гектарів, що забезпечує стабільне виробництво зерна для внутрішніх потреб та експорту [20].

Основними виробничими регіонами вирощування озимого ячменю є південні, центральні та східні регіони країни, де кліматичні умови сприяють формуванню високих врожаїв. Особливо важливу роль озимий ячмінь відіграє в районах ризикованого землеробства, зокрема в степових регіонах, де він часто перевершує інші зернові культури за врожайністю завдяки короткому вегетаційному періоду, посухостійкості та здатності ефективно використовувати запаси зимової вологи [11].

Озимий ячмінь є важливим компонентом структури посівних площ зернових культур в Україні. Його частка в загальному виробництві зерна становить 10–15%, а в окремі роки – до 20%. Вирощування цієї культури допомагає оптимізувати сівозміну, підвищити економічну стабільність сільськогосподарських підприємств та забезпечити кормову базу для худоби [1].

Важливою перевагою озимого ячменю є його раннє дозрівання, що дозволяє уникнути негативного впливу літньої спеки та забезпечує своєчасне збирання врожаю. Це створює умови для ефективного використання техніки, зменшує ризик втрат зерна під час збирання врожаю та дозволяє швидше підготувати поля до наступних культур. Крім того, озимий ячмінь

характеризується відносно високою стійкістю до хвороб та шкідників, особливо порівняно з ярими формами [34].

Зерно озимого ячменю має високі якісні показники – воно містить значну кількість білка, крохмалю, вітамінів та мінералів, що робить його цінним для харчового та кормового використання. В останні роки частка озимого ячменю у виробництві пивоварного солоду значно зросла, що сприяє розвитку відповідної галузі та збільшує експортний потенціал країни [12].

Таким чином, озимий ячмінь відіграє ключову роль у зерновиробництві України, забезпечуючи стабільне виробництво високоякісного зерна, сприяючи розвитку тваринництва та харчової промисловості, а також підвищуючи стійкість аграрного сектору до зміни клімату. Подальше вдосконалення технології вирощування цієї культури, зокрема, оптимізація живлення та впровадження сучасних біопрепаратів, є важливим напрямком забезпечення продовольчої безпеки країни.

## **1.2 Напрямки використання зерна озимого ячменю**

Зерно озимого ячменю є надзвичайно цінною сировиною для різних галузей агропромислового комплексу України. Його багатофункціональність зумовлена високим вмістом білка, крохмалю, клітковини, вітамінів групи В, мінералів, а також оптимальними поживними властивостями. Основні сфери використання зерна озимого ячменю включають харчовий, кормовий, пивоварний, технічний та біоенергетичний сектори [12].

У харчовій промисловості ячмінь використовується для виробництва круп, борошна, перлової та ячмінної круп, а також у виготовленні дієтичних продуктів. Зерно містить до 10–12% білка, 65–70% крохмалю, 2–3% жиру, що робить його цінним джерелом енергії та поживних речовин. Ячмінна крупа широко використовується в раціоні населення, особливо для дієтичного та дитячого харчування, завдяки легкій засвоюваності та наявності β-глюканів, які позитивно впливають на обмін речовин [1].

В останні роки зріс попит на продукти з ячменю як компонент здорового харчування, зокрема у виробництві хліба, печива, каш, напоїв. Ячмінне борошно додають до хлібопекарських сумішей, підвищуючи харчову цінність готової продукції [34].

Озимий ячмінь найбільш широко використовується у тваринництві. Зерно, солому та зелену масу використовують для годівлі великої рогатої худоби, свиней, птиці та коней. Ячмінь є одним з основних компонентів комбікормів завдяки високій енергетичній цінності та добрій засвоюваності. Зерно містить легкозасвоюваний крохмаль, що забезпечує швидке зростання живої маси тварин.

Кормова цінність ячменю підвищується шляхом використання його у вигляді плющеного, подрібненого або пророщеного зерна, а також у силосі разом з бобовими. Солома озимого ячменю має високу харчову цінність і використовується як підстилка та додатковий корм у зимовий період [12].

Озимий ячмінь є основною сировиною для виробництва пивоварного солоду. Особливу цінність мають сорти з високим вмістом екстрактивних речовин, низьким рівнем білка та високою ферментативною активністю. Україна є одним з провідних виробників пивоварного ячменю в Європі, що сприяє розвитку пивоварної промисловості та розширенню експортних можливостей [11].

Технологія виробництва солоду передбачає ретельний відбір зерна за якісними показниками: розмір, склоподібність, вміст білка, схожість. Високоякісний пивоварний ячмінь забезпечує виробництво солоду зі стабільними технологічними властивостями та високу якість готового пива [12].

Зерно озимого ячменю використовується як сировина для виробництва спирту, крохмалю, глюкози, мальтози, а також у біоенергетиці для отримання біоетанолу. Відходи переробки — висівки, жом, меляса — використовуються у виробництві кормів та як органічні добрива.

Ячмінна солома використовується у виробництві паперу, картону, будівельних матеріалів, а також для мульчування ґрунту та боротьби з бур'янами. У деяких регіонах соломі використовують для покриття дахів, виготовлення підстилки для тварин та як органічний матеріал у біогазових установках [1].

З розвитком альтернативної енергетики роль озимого ячменю як джерела біомаси для виробництва біогазу та біоетанолу зростає. Використання зерна та побічних продуктів дозволяє виробляти енергію, зменшуючи залежність від традиційних енергоресурсів та підвищуючи екологічну безпеку сільськогосподарського виробництва [1].

Зерно озимого ячменю є важливою експортною статтею для України. Країна щорічно експортує від 1 до 3 мільйонів тонн ячменю, насамперед до країн Близького Сходу, Північної Африки, Європи та Азії. Висока якість українського ячменю, конкурентна ціна та стабільні обсяги виробництва забезпечують його попит на світовому ринку [20].

В умовах сучасного сільськогосподарського виробництва актуальним є пошук нових сфер використання озимого ячменю, зокрема у виробництві функціональних харчових продуктів, біологічно активних добавок, фармацевтичних препаратів. Біологічні компоненти ячменю —  $\beta$ -глюкани, антиоксиданти, ферменти — мають значний потенціал для використання в медицині та косметології.

Впровадження сучасних технологій вирощування, зокрема використання біопрепаратів, сприяє покращенню якості зерна, розширенню його використання в різних галузях промисловості та забезпеченню сталого розвитку аграрного сектору [1].

### 1.3. Ботаніко-біологічна характеристика роду *Hordeum*

Рід *Hordeum* належить до родини Poaceae та включає понад 30 видів, серед яких найбільш економічно важливим є ячмінь звичайний (*Hordeum*

vulgare). Археологічні дані свідчать про те, що ячмінь був одомашнений на Близькому Сході близько 10–12 тисяч років тому. Його дикі предки, *Hordeum spontaneum*, досі широко поширені в природних екосистемах Західної Азії та Північної Африки. У процесі еволюції сформувалися культурні форми, що відрізняються типом колоса, морфологією та біологічними властивостями [1].

Завдяки високій генетичній мінливості рід *Hordeum* має значний потенціал для селекції, що дозволяє створювати сорти, адаптовані до різних кліматичних зон, стійкі до хвороб та шкідників, з покращеними характеристиками якості зерна [43].

Озимий ячмінь (*Hordeum vulgare* L. ssp. *vulgare*) – однорічна трав'яниста рослина, яка утворює потужну стрижневу кореневу систему з великою кількістю вторинних коренів. Коренева система здатна проникати в ґрунт на глибину до 1,5 м, що забезпечує рослині високу посухостійкість та ефективне використання ґрунтової вологи.

Стебло прямостояче, циліндричне, порожнисте, висотою 60–120 см, складається з 5–7 міжвузлів, покритих вузькими листовими піхвами. Листя лінійне, довжиною 20–30 см, шириною 1–2 см, з добре розвиненим жилкуванням та великою кількістю продихів. Листова пластинка має восковий наліт, що зменшує транспірацію та допомагає адаптуватися до посушливих умов.

Суцвіття — складний колос, що складається з головної осі та трьох колосків у кожному вузлі. Колоски двостатеві, мають одну квітку з трьома тичинками та однією маточкою. Залежно від форми колоса розрізняють дворядні (два зернятка в ряд) та шестирядні (шість зерняток в ряд) сорти ячменю. Зерно овальне, видовжене, жовтого або світло-коричневого кольору, масою 35–55 мг [11].

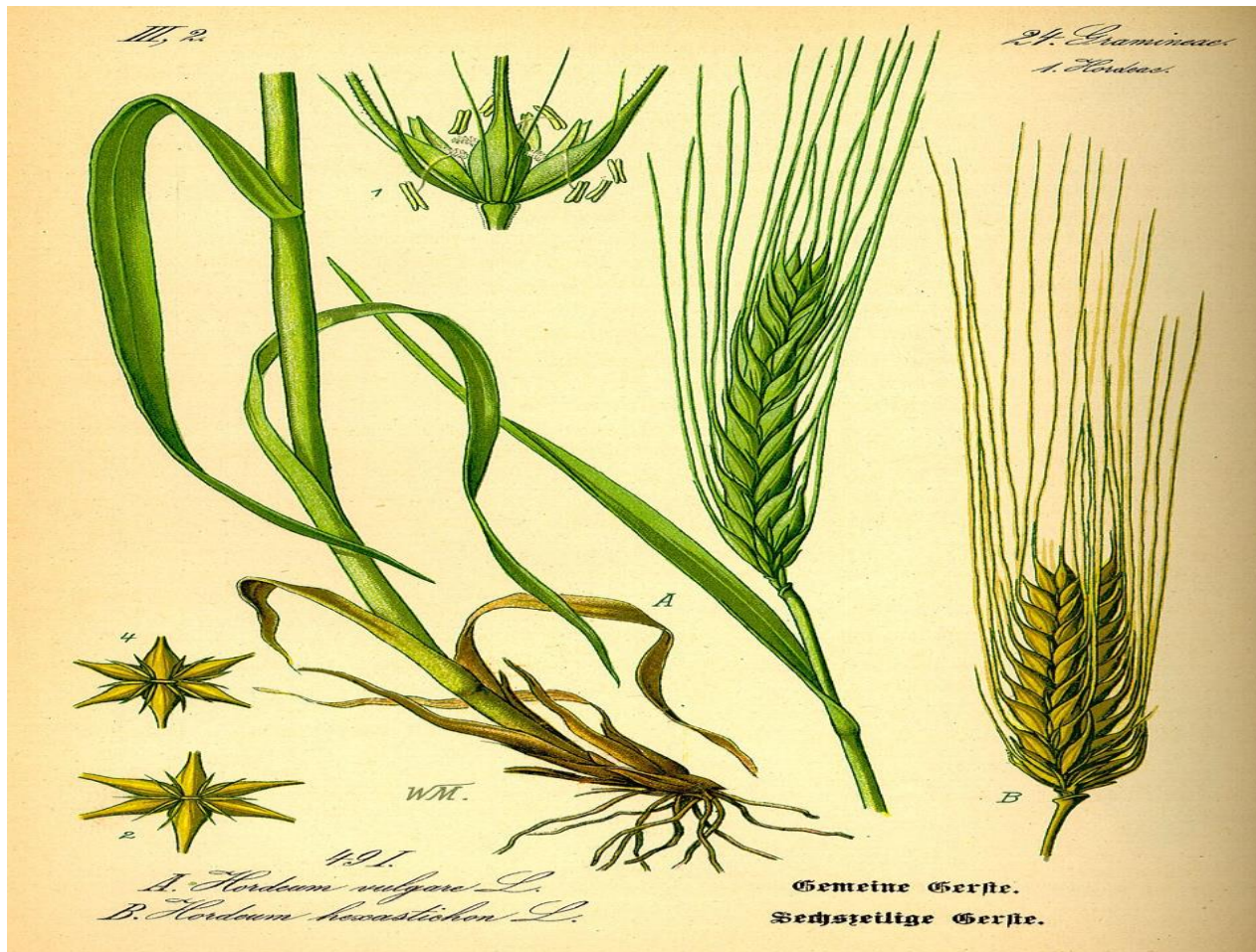


Рис.1.3.1 Ячмінь звичайний (*Hordeum vulgare*)

#### Біологічні особливості

Озимий ячмінь характеризується коротким вегетаційним періодом (220–260 днів), високою зимостійкістю, посухостійкістю та здатністю ефективно використовувати зимові запаси вологи. Культура добре переносить весняні заморозки, але чутлива до різких перепадів температури у фазах цвітіння та формування зерна.

Оптимальна температура для проростання насіння  $+2...+5^{\circ}\text{C}$ , для росту та розвитку  $+15...+20^{\circ}\text{C}$ . Озимий ячмінь вимогливий до освітлення, особливо у фазах кущіння та колосіння. Найкраще росте на чорноземах, сірих лісових та каштанових ґрунтах з нейтральною або слаболужною реакцією.

Веgetаційний період складається з фаз проростання, сходів, кущіння, колосіння, колосіння, цвітіння, наливу та дозрівання зерна. Ячмінь – рослина довгого дня, що визначає інтенсивність фотосинтезу та продуктивність культури [12].

Ячмінь вирізняється високою екологічною пластичністю, що дозволяє йому адаптуватися до різних кліматичних та ґрунтових умов. Саме ця властивість забезпечує його широке поширення у світі та стабільне вирощування в Україні. Культура здатна формувати урожай навіть за несприятливих погодних умов, що робить її важливою для регіонів ризикованого землеробства.

Озимий ячмінь добре переносить засолення ґрунту, тимчасове затоплення, низьку температуру, але чутливий до кислотності та ущільнення ґрунту. Завдяки потужній кореневій системі він ефективно використовує доступну вологу та поживні речовини [30].

Рід *Hordeum* включає дикорослі та культурні види, серед яких найпоширеніші:

*Hordeum vulgare* - звичайний ячмінь (основна культурна форма)

*Hordeum spontaneum* - дикий ячмінь (генетичний предок культурного ячменю)

*Hordeum distichon* - дворядний ячмінь

*Hordeum hexastichon* - шестирядний ячмінь

*Hordeum bulbosum* - цибулинний ячмінь

Культурні форми мають диплоїдний набір хромосом ( $2n=14$ ), що забезпечує високу спадкову мінливість та можливість селекційного покращення. Сучасна селекція спрямована на підвищення врожайності, стійкості до хвороб, покращення якості зерна та адаптацію до стресових факторів навколишнього середовища. Виведено сорти з підвищеною зимостійкістю, посухостійкістю, стійкістю до грибкових захворювань, а також спеціалізовані сорти для пивоваріння, кормових та харчових потреб [43].

Зерно озимого ячменю містить 10–13% білка, 65–70% крохмалю, 2–3% жиру, 2–2,5% клітковини, а також значну кількість вітамінів групи В, Е, мінералів (фосфор, калій, магній, залізо). Важливою біохімічною особливістю є наявність  $\beta$ -глюканів, які позитивно впливають на здоров'я людини та тварин, знижують рівень холестерину та покращують обмін речовин.

Під час росту та розвитку ячмінь активно поглинає азот, фосфор, калій та мікроелементи, що визначає його потребу в збалансованому живленні. Особливо важливим є забезпечення рослин доступним азотом у фазах кущення та колосіння, що безпосередньо впливає на формування врожаю та якість зерна [10].

Ячмінь характеризується інтенсивним фотосинтезом, особливо під час наливу зерна відбувається активне накопичення резервних речовин, що визначає якість та харчову цінність зерна.

Зерно ячменю має високу антиоксидантну активність, містить фосфоліпіди, токофероли, каротиноїди, що сприяє збереженню його біологічної цінності під час тривалого зберігання [1].

Сучасна селекція ячменю базується на використанні традиційних методів (індивідуальний та масовий відбір, гібридизація) та біотехнологічних підходів (молекулярно-маркерний відбір, генетичне редагування). Основними напрямками є підвищення врожайності, стійкості до абіотичних та біотичних стресів, покращення показників якості зерна, зокрема вмісту білка, крохмалю,  $\beta$ -глюканів.

В Україні створено низку сортів озимого ячменю, адаптованих до різних агрокліматичних зон, з підвищеною зимостійкістю, стійкістю до хвороб та високою продуктивністю. Важливо використовувати генетичні ресурси диких видів для підвищення стійкості до стресових факторів та розширення генетичної бази селекції [27].

Озимий ячмінь уражається низкою грибкових, бактеріальних та вірусних хвороб: борошниста роса, іржа, смугаста плямистість, фузаріоз, коренева гниль. Основними шкідниками є злакові мухи, попелиці, трипси та зернові жуки. Важливим є комплексний захист рослин, використання стійких сортів, біологічних препаратів та сучасних засобів захисту [34].

#### **1.4. Ефективність застосування біопрепаратів при вирощуванні польових культур**

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур все частіше включають біологічні препарати, що містять живі мікроорганізми або їх метаболіти. Їх використання спрямоване на підвищення ефективності використання поживних речовин, стимуляцію процесів росту та зменшення негативного впливу абіотичних стресів. Особлива увага приділяється азотфіксуючим біологічним препаратам, здатним поглинати атмосферний азот і перетворювати його у форми, доступні для рослин. Мікроорганізми, що входять до складу таких препаратів, колонізують ризосферу або внутрішні тканини коренів, утворюючи асоціативні зв'язки з рослиною. Це забезпечує додаткове джерело азоту, стимулює розвиток кореневої системи та підвищує стійкість рослин до посухи та високих температур. Ефективність біологічних препаратів підтверджена численними дослідженнями на зернових культурах. Використання азотфіксуючих препаратів дозволяє збільшити врожайність на 0,3–0,8 т/га порівняно з контролем, збільшити вміст білка в зерні на 0,5–1,0%, а також зменшити дозу мінерального азоту на 20–30% без втрати продуктивності. Крім того, біологічні препарати позитивно впливають на показники фотосинтетичної активності, що підтверджується збільшенням індексу зеленості листя (SPAD) та індексу площі листя. Вони також сприяють кращому засвоєнню фосфору та калію, що забезпечує більш збалансоване живлення рослин. В умовах Південного Степу України, де дефіцит вологи обмежує ефективність мінеральних добрив, використання біологічних препаратів є особливо актуальним. Вони не тільки стабілізують врожайність, але й знижують собівартість продукції за рахунок економії добрив. Окрім економічного ефекту, використання біологічних препаратів має екологічні переваги: зменшення забруднення ґрунтових вод нітратами, зменшення викидів парникових газів та збереження родючості ґрунту. Таким чином,

біопрепарати є важливим елементом інтегрованих технологій вирощування, що поєднують економічну ефективність із принципами сталого сільського господарства [15].

### **1.5. Можливості оптимізації азотного живлення за рахунок використання біопрепаратів**

В умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та зростання екологічних вимог використання біопрепаратів у вирощуванні польових культур стає все більш актуальним. Біопрепарати – це продукти біологічного походження, що містять живі мікроорганізми або їх метаболіти та призначені для стимуляції росту рослин, підвищення їхньої стійкості до хвороб, покращення живлення, а також для біологічного контролю патогенів та шкідників. Основними групами біопрепаратів є бактеріальні, грибкові, вірусні, ферментативні та комплексні біоактивні продукти [13].

Біопрепарати впливають на рослини та ґрунт кількома основними механізмами:

Атмосферна азотфіксація: Препарати на основі азотфіксуючих бактерій (*Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*) сприяють збагаченню ґрунту доступним азотом, збільшенню врожайності та зменшенню потреби в мінеральних добривах.

Мобілізація фосфатів: Препарати з фосфатмобілізуючими бактеріями (*Bacillus*, *Pseudomonas*) перетворюють недоступні форми фосфору на доступні для рослин, що позитивно впливає на розвиток кореневої системи та формування генеративних органів.

Біологічний контроль патогенів: Біологічні препарати на основі антагоністичних грибів (*Trichoderma*, *Gliocladium*) та бактерій (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*) пригнічують розвиток фітопатогенів, зменшують пошкодження рослин хворобами.

Стимуляція росту та розвитку: Біологічні препарати, що містять фітогормони, амінокислоти, вітаміни, стимулюють проростання насіння, розвиток кореневої системи, підвищують стійкість рослин до стресових факторів.

Розкладання органічних залишків: Препарати на основі целюлозорозкладних мікроорганізмів сприяють мінералізації рослинних залишків, покращують структуру ґрунту та збільшують вміст гумусу [14].

Дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених свідчать про значне підвищення ефективності вирощування польових культур при використанні біопрепаратів. Використання біопрепаратів у технологіях вирощування озимої пшениці, ячменю, кукурудзи, сої, гороху та соняшнику дозволяє:

1. збільшити врожайність на 10–25% порівняно з контролем;
2. знизити витрати на мінеральні добрива та засоби захисту рослин;
3. покращити якість продукції (вміст білка, клейковини, олії);
4. зменшити пошкодження рослин основними хворобами (фузаріоз, кореневі гнилі, іржа, борошниста роса);
5. підвищити стійкість до абіотичних стресів (посуха, засолення, низькі температури).

Впровадження біопрепаратів сприяє збереженню родючості ґрунту, відновленню біологічної активності, підвищенню вмісту гумусу та покращенню структури ґрунту [46].

Інокуляція насіння озимої пшениці та ячміню бактеріальними препаратами (Азотобактерин, Фосфорин, Мікофіт) забезпечує швидке та дружнє проростання, інтенсивний розвиток кореневої системи та збільшення врожайності на 10–18%. Обробка посівів біофунгіцидами (Триходермін, Планріз) знижує захворюваність на борошністу росу, кореневі гнилі та іржу на 15–30%.

Використання інокулянтів на основі *Rhizobium* на бобових культурах забезпечує формування ефективних вузлових симбіозів, збільшує вміст білка в зерні та зменшує потребу в азотних добривах. Біопрепарати стимулюють

азотфіксацію, покращують фосфорне живлення та зменшують захворюваність на фузаріоз та кореневі гнилі.

Використання бактеріальних та грибкових біопрепаратів на кукурудзі та соняшнику сприяє кращому розвитку кореневої системи, підвищенню посухостійкості, покращенню засвоєння поживних речовин. Біопрепарати на основі *Bacillus subtilis* та *Trichoderma* зменшують пошкодження фузаріозом, альтернаріозом, покращують якість зерна та олії.

Використання біопрепаратів при вирощуванні польових культур є економічно вигідним завдяки зниженню витрат на хімікати та збільшенню врожайності. Екологічні переваги полягають у зменшенні забруднення навколишнього середовища, збереженні біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів та покращенні екологічного стану агроценозів.

Досвід фермерських господарств показує, що при систематичному використанні біопрепаратів можна скоротити використання мінеральних добрив на 20–40%, зменшити навантаження пестицидами на 30–50% та підвищити рентабельність виробництва на 10–20%.

Ефективність біологічних препаратів залежить від правильного вибору препарату, погодних умов, типу ґрунту та технології застосування. Важливо дотримуватися рекомендацій виробника щодо дозування, термінів та способу застосування. Перспективним напрямком є створення комплексних біологічних препаратів з багатофункціональною дією, використання біотехнологій для отримання нових штамів мікроорганізмів та впровадження біологічних препаратів в інтегровані системи захисту рослин.

В умовах сучасного сільськогосподарського виробництва біологічні продукції є важливим інструментом сталого розвитку, захисту довкілля та підвищення ефективності вирощування польових культур [14].

## РОЗДІЛ 2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Загальна характеристика ґрунтово-кліматичних умов зони південного степу України

Південна степова зона України охоплює південні райони Одеської, Миколаївської та Херсонської областей і характеризується посушливим кліматом з нестабільним зволоженням. Клімат регіону помірно континентальний, зі спекотним і сухим літом та м'якою, малосніжною зимою. Середньорічна температура повітря становить 9–10 °С, а сума активних температур (вище +10 °С) сягає 3200–3400 °С, що забезпечує сприятливі умови для вирощування озимих культур, зокрема ячменю. Річна кількість опадів у зоні коливається в межах 350–450 мм, причому основна їх частина випадає на весняно-літній період. Однак розподіл опадів нерівномірний, що часто призводить до тривалих посух у критичні фази розвитку рослин. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у більшість років становить 0,6–0,8, що свідчить про недостатнє зволоження. Випаровування в літній період значно перевищує кількість опадів, що спричиняє дефіцит продуктивної вологи в ґрунті. Ґрунтовий покрив Південного Степу представлений переважно темно-каштановими ґрунтами, які мають середній механічний склад, помірний вміст гумусу (2,5–3,0%), нейтральну або слаболужну реакцію (рН 7,2–7,8). Запаси продуктивної вологи в шарі 0–100 см на початку весняної вегетації становлять 80–120 мм, що є критичним для формування високих врожаїв озимого ячменю. Ґрунти характеризуються достатнім забезпеченням калієм, але обмеженим вмістом легкодоступного азоту, що вимагає використання добрив та біологічних засобів оптимізації живлення [31].

Важливою особливістю зони є часта поява суховітрів та високих температур у період наливу зерна, що негативно впливає на якість та масу 1000 зерен. Тому технології вирощування озимого ячменю повинні враховувати ризики водного та температурного стресу, а також передбачати заходи щодо

підвищення ефективності використання води та поживних речовин. Використання біопрепаратів у поєднанні з оптимізованими дозами мінеральних добрив є одним із перспективних рішень для стабілізації врожайності в умовах Південного Степу [13].

## **2.2. Характеристика ґрунту дослідного поля**

Степові ґрунти України мають велику можливість врожайності. За відношенням до оптимального рівня ресурсів, який забезпечує чорнозем слаболужний, для чорноземів це відношення становить 0,96-1,00, а для темно-каштанових ґрунтів – 0,86. Однак, у реальній практиці, навіть при високій агротехніці, це відношення часто коливається в межах 0,56-0,63 для чорноземів і 0,53-0,56 для темно-каштанових, і зменшується в цих межах при переході від заходу до південно-східної частини степової зони. Основні ґрунти в Степу – це чорноземи всіх підтипу та темно-каштанові ґрунти, які мають високу загальну пористість, що говорить про їх високу вологовмістність і здатність зберігати повітря. Проте, на дерново-підзолистих ґрунтах і на солонцях пористість значно нижча – від 38-42% до 40-46% від щільності складення. Аерація ґрунтів степової зони висока – від 33,1% до 43,3%, крім середньосолонцюватих та солонців, на яких вона знижена (від 27,4% до 31,0%). Нормальна аерація зустрічається, коли при зволоженні до мінімальної вологоємкості залишається вільним 20-40% пор, але не менше 15-20%. Ґрунтоутворювальними породами в Степу є лесоподібні, алювіальні, озерні, солонцеві, делювіальні, пролювіальні відклади [30].

Територія Одеської області має високий аграрний потенціал через свої земельні ресурси, особливо чорноземні ґрунти з високою родючістю. Також регіон має високий рекреаційний потенціал через природні багатства, такі як тепле море, лікувальні грязі, мінеральні води та морські пляжі. Одещина славиться унікальними екосистемами, серед яких вологі болота, які впливають на високий біосферний потенціал регіону. Рослинність степової зони в

основному складається з багаторічних сухолюбних трав, таких як ковили, злаки, двовідвідні рослини та ефемери, і відіграє важливу роль у формуванні ґрунтового покриву. У цій зоні процеси ґрунтового утворення були визначальними через накопичення та розкладання органічної маси степової рослинності. Майже 75% річного надходження органічної маси складається з відмерлих коріння, які накопичуються у верхніх шарах ґрунту. Більш короткий цикл життя трав'яних рослин призводить до того, що кругообіг мінеральних речовин під їх покривом значно більший, ніж у лісових умовах. Найпоширенішими ґрунтами у степовій зоні є звичайні чорноземи та південні чорноземи, які займають 66,3% і 20,2% сільськогосподарських угідь відповідно. Особливо характерні південні чорноземи для Причорноморської низовини на схід від Дністра і мають площу 3322 тис. га, що складає 91,2% загальної площі цих ґрунтів. У цих ґрунтах є різниця у профілю, з щільним горизонтом, що вміщує 55% мулистій фракції. Цей горизонт стає більш вираженим з півночі на південь. Вміст гумусу в ґрунтах залежить від їх розташування та складу гранулометрії. У важкосуглинних чорноземах вміст гумусу варіюється від 3,0% до 3,5%. Серед південних чорноземів важкосуглинні ґрунти переважають на 86,1%. Ці ґрунти мають добру мікроструктуру, тому що мікроагрегати з фракціями більше 0,01 мм становлять більшість (78-90%). У південних чорноземах менше гумусу та менша родючість порівняно зі звичайними чорноземами, і це пояснюється меншою кількістю органічного матеріалу та вищою реакцією (рН 7,6-7,9). Загальний вміст азоту становить 0,1-0,2%, фосфору – 0,1-0,15%, у тому числі рухомого від 40 до 120 мг/кг, обмінного калію – 3-12 мг/кг ґрунту [30].

Дослідне поле дослідної станції ТОВ “Сингента”, розташоване на південних чорноземах незмитих важкосуглинкових, що є типовими зональними ґрунтами в області. Глибина гумусового горизонту становить 50-55 см, а орний шар ґрунту має товщину 25 см. Агрохімічні показники виглядають так: вміст гумусу за Тюріним – 2,95%, сума ввібраних основ – 301-342 мг/кг ґрунту, вміст легкогідролізованого азоту – 113-138 мг/кг ґрунту, вміст

рухомого фосфору за Чириковим – 114-131 мг/кг ґрунту, вміст обмінного калію за Чириковим – 101-111 мг/кг ґрунту, реакція підґрунтя становить 7,8. Можна зазначити, що серед елементів живлення калій знаходиться у мінімумі [13].

### 2.3. Погодні умови в роки досліджень

Погодні умови є одним із ключових факторів, що визначають ефективність технології вирощування озимого ячменю, особливо в Південному Степу України, де клімат характеризується нестабільним зволоженням та високими температурами. У роки дослідження (2024–2025) спостерігалися типові для регіону особливості: м'яка зима, недостатня кількість опадів в осінній та весняний періоди та високі температури влітку. Ці умови суттєво вплинули на ріст і розвиток рослин, формування врожаю та ефективність використання біологічного препарату Віксеран.

Озимий ячмінь висівали у другій декаді вересня (2024 р) за сприятливих температурних умов. Середньодобова температура у вересні становила +18...+20 °С, що забезпечило швидке проростання насіння та дружні сходи. У жовтні температура знизилася до +10...+12 °С, що сприяло формуванню кущистості. Опадів у вересні–жовтні було менше норми: 35–40 мм проти середньої багаторічної норми 50–60 мм. Це призвело до обмеження запасів продуктивної вологи, але не критично вплинуло на розвиток рослин, оскільки температура залишалася оптимальною.

Зима була м'якою, із середньомісячною температурою близько –1...–3 °С та невеликим сніговим покривом. Мінімальні температури не перевищували критичних значень для озимого ячменю (–12...–15 °С), що забезпечило добру перезимівлю. Опади у вигляді снігу та дощу в зимові місяці становили 40–50 мм, що частково поповнювало запаси вологи в ґрунті. Відсутність тривалих заморозків та льодової кірки позитивно вплинула на виживання рослин.

Весна 2025 р характеризувалася швидким підвищенням температури. У березні середньодобова температура становила +5...+7 °С, у квітні – +12...+14

°C, у травні – +18...+20 °C. Опади в березні були мінімальними (10–15 мм), у квітні – близько 20 мм, у травні – лише 15 мм, що призвело до дефіциту вологи в ґрунті під час виходу рослин у трубку та колосіння. Гідротермічний коефіцієнт у весняний період становив 0,6–0,7, що свідчить про посушливі умови. Це негативно вплинуло на формування продуктивних стебел та налив зерна.

Червень був спекотним та сухим, із середньодобовою температурою +24...+26 °C та кількістю опадів не більше 10 мм. Такі умови негативно вплинули на налив зерна, спричинивши зменшення маси 1000 зерен та збільшення вмісту білка. Загалом, погодні умови досліджуваного року можна охарактеризувати як сухі з дефіцитом вологи в критичні фази розвитку рослин, що підкреслює актуальність використання біологічних препаратів для підвищення ефективності використання азоту та стабілізації врожайності [30].

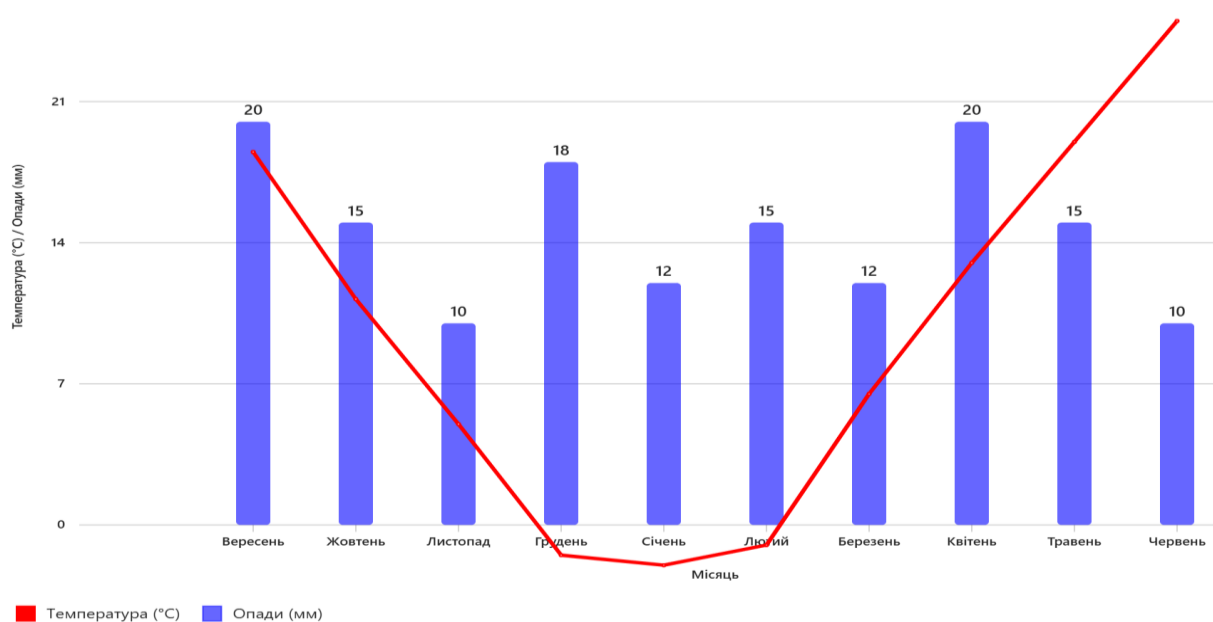


Рис..2.3.1 Графік погодних умов для періоду вересень 2024 – червень 2025

## РОЗДІЛ 3. ПОСТАНОВКА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Мета і завдання дослідження

Мета дослідження – визначити ефективність використання біологічного препарату Віксеран для оптимізації азотного живлення озимого ячменю в умовах Південного Степу України. Особлива увага приділяється оцінці впливу препарату на динаміку азоту в ґрунті та рослинах, формування елементів структури врожаю, продуктивність та якість зерна за різних рівнів азотного удобрення [35].

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- Встановити вплив біологічного препарату Віксеран на динаміку вмісту мінерального азоту в ґрунті та азоту в рослинах озимого ячменю.
- Оцінити зміни водного режиму ґрунту та показників росту рослин під впливом біологічного препарату в поєднанні з різними дозами азотних добрив.
- Дослідити особливості формування елементів структури врожаю (кількість продуктивних стебел, довжина колоса, кількість зерен у колосі, маса 1000 зерен) залежно від варіантів досліду.
- Визначити вплив біологічного препарату на врожайність та якість зерна озимого ячменю.
- Провести економічну оцінку ефективності використання біопрепарату Віксеран у технології вирощування озимого ячменю.

Виконання цих завдань дозволить обґрунтувати доцільність використання біопрепаратів у поєднанні з оптимізованими дозами мінеральних добрив для підвищення продуктивності та економічної ефективності вирощування озимого ячменю в умовах Південного Степу України [15].

3.2. Загально-дослідні питання

Дослідження проводилося на полі дослідної станції ТОВ «Сингента», розташованому в селі Хлібодарське Одеської області, в Південному Степу України. Рік проведення дослідів – 2024–2025. Озимий ячмінь висівали 24 вересня після попередника, чистого пару, що забезпечило оптимальні умови для розвитку культури. Збирання врожаю проводили 25 червня, що відповідає завершенню фази повної стиглості (ВВСН 89).

Схема дослідів включала два фактори:

Фактор А – доза азотних добрив (аміачна селітра): 0, 40, 80 кг/га.

Фактор Б – використання біологічного препарату Віксеран: без препарату та з препаратом (50 г/га).

Дослід було розроблено за двофакторною схемою та розміщено методом розщеплених блоків з трьома повторностями. Площа ділянки становила 15 м², загальна кількість варіантів – 6.

Таблиця 3.2.1 Схема розміщення ділянок в досліді

|                                                                                                                                                                           |                               |                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| C <sub>0</sub> H <sub>0</sub>                                                                                                                                             | C <sub>0</sub> H <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>1</sub> |
| C <sub>0</sub> H <sub>1</sub>                                                                                                                                             | C <sub>2</sub> H <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> H <sub>1</sub> |
| C <sub>1</sub> H <sub>0</sub>                                                                                                                                             | C <sub>2</sub> H <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>0</sub> |
| C <sub>1</sub> H <sub>1</sub>                                                                                                                                             | C <sub>0</sub> H <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> H <sub>0</sub> |
| C <sub>2</sub> H <sub>0</sub>                                                                                                                                             | C <sub>1</sub> H <sub>1</sub> | C <sub>0</sub> H <sub>0</sub> |
| C <sub>2</sub> H <sub>1</sub>                                                                                                                                             | C <sub>1</sub> H <sub>0</sub> | C <sub>0</sub> H <sub>1</sub> |
| <i>Примітка:</i> C <sub>0</sub> – N 0 кг/га; C <sub>1</sub> – N 40 кг/га; C <sub>2</sub> – N 80 кг/га; H <sub>0</sub> – без Віксерану; H <sub>1</sub> – Віксеран 50 г/га. |                               |                               |

Віксеран вносили протягом вегетаційного періоду у фазі виходу в трубку (ВВСН 31–34) шляхом обприскування робочим розчином. Азотні добрива також вносили у фазі виходу в трубку, що забезпечило максимальну ефективність використання азоту в критичний період формування продуктивного стебла та формування колоска. Розміщення варіантів у межах

блоків здійснювали методом рендомізації з урахуванням захисних смуг для запобігання взаємного впливу [35].

### 3.3. Методика супутніх досліджень

Для оцінки впливу біопрепарату Віксеран та різних доз азотних добрив на продуктивність озимого ячменю було проведено систематичні форми основних показників росту та врожайності. Усі форми виконували відповідно до загальноприйнятих методів польових досліджень.

**Запас продуктивної вологи** визначається термобалансовим методом по шарах ґрунту, який ґрунтується на випаровуванні води з ґрунтової проби при нагріванні до постійної маси.

Формула  $W = 0,1 \cdot g \cdot h \cdot (v_2 - v_1)$  використовується для розрахунку вологості ґрунту в польових умовах за допомогою бурових проб і вагового методу, де:

$W$  – вологість ґрунту, %

$g$  – густина ґрунту (г/см<sup>3</sup>)

$h$  – товщина шару ґрунту (см)

$v_2 - v_1$  – різниця маси зразка до і після висушування (г)

**Вміст легкогідролізованого азоту** визначається в лабораторії Одеської філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» за методом К'ельдаля.

**Густота продуктивних стебел** визначали у фазі повної стійкості шляхом підрахунку кількості стінок на 1-метровому відрізку ряду у трьох місцях на кожній ділянці. Цей показник є ключовим для оцінки рівня кущистості та формування продуктивних стебел, що також впливає на потенціал врожайності. Висока густина свідчить про хороший розвиток рослин та ефективність живлення, тоді як густа густина може призвести до вилягання.

**Кількість зерен** у колосі визначали шляхом аналізу 10 типів колосків з кожної ділянки. Цей показник характеризує реалізацію потенціалу

продуктивності, закладеного у фазі колосіння. Він залежить від забезпечення рослин азотом у критичні періоди розвитку.

Для оцінки якості зерна визначено:

- **Масу 1000 зерен** встановлювали за стандартною методикою після очищення та доведення зерна до вологості 14%. Цей показник показує налив зерна та вплив умов вегетації на якість продукції. Висока маса 1000 зерен свідчить про хороший налив та оптимальне живлення у фазі наливу зерна.
- **Натуру зерен** - це показник якості зерна, що визначається як маса певного об'єму зерна, зазвичай 1 літр, і вимірюється в грамах на літр (г/л). Вищий показник натуральності свідчить про кращу повноту, вищу харчову цінність та кращі технологічні властивості, що безпосередньо впливає на вихід борошна та круп.
- **Протеїн** – це білок, що міститься в зернових культурах важливий завдяки своїй харчовій цінності та технологічним властивостям. Він складається з різних амінокислот, склад яких змінюється залежно від культури, і використовується для визначення якості зерна.

**Врожайність** визначали шляхом безперервного обмолоту облікової площі кожної ділянки. Вагу зерна з ділянки зважували, перераховували на гектар та стандартну вологість. Врожайність є інтегральним показником ефективності застосованих технологічних прийомів та основним критерієм оцінки результатів дослідження.

Розрахунки проводили в ранкові години, щоб мінімізувати вплив коливань температури на результати вимірювань. Всі дані записували в польові журнали, після чого проводили статистичну обробку методом дисперсійного аналізу за двома факторами: «доза азоту» та «біологічний препарат» [8].

### 3.4. Характеристика сорту, що використовується в досліді

У досліді було використано сорт озимого ячменю «Дев'ятий вал», який належить до сорту *Hordeum vulgare* L. var. *pallidum*. Сорт характеризується

високим потенціалом продуктивності та адаптивністю до умов Південного Степу України. Він характеризується середньою тривалістю вегетаційного періоду, яка становить близько 249–270 днів, та формує шестирядний прямокутний колос з помірною густотою. Рослини мають середню висоту від 80 до 115 см, що забезпечує достатню стійкість до вилягання. Колоски несуть довгі колічки без антоціанового забарвлення, зерно видовжене, жовте, з високим вмістом крохмалю. Сорт характеризується високою зимостійкістю та посухостійкістю, що важливо для формування стабільного врожаю в умовах недостатнього зволоження. Стійкість до вилягання та осипання оцінюється як добра, що дозволяє зберегти якість зерна до збору врожаю. За стійкістю до основних хвороб, таких як борошниста роса, гельмінтози та сажиста пліснява, сорт демонструє високий рівень толерантності. Вага тисячі зерен у середньому становить 45–49 г, а вміст білка коливається в межах 11,8–13%, що робить сорт придатним як для кормових цілей, так і для виробництва солоду. Потенційна врожайність сорту за інтенсивної технології може сягати 9–10 т/га, а за виробничих умов – 4,5–7,0 т/га. Реалізація генетичного потенціалу продуктивності значною мірою залежить від рівня мінерального живлення, особливо азотного, що обґрунтовує актуальність вивчення ефективності біопрепаратів у поєднанні з азотними добривами. Сорт рекомендований для вирощування в Степовій зоні України, зокрема на чорноземах південних незмитих важкосуглинкових, і добре реагує на використання сучасних технологічних методів [27].

### 3.5. Агротехніка у досліді

Дослідження проводилися в господарстві ТОВ «Сингента», розташованому в зоні Південного Степу України, на південному малогумусному чорноземі після попередника чистий пар. Такий попередник забезпечував оптимальні умови для накопичення продуктивної вологи та

зменшував конкуренцію за поживні речовини, що важливо для озимого ячменю в умовах обмеженого зволоження.

Озимий ячмінь сорту «Дев'ятий вал» був посіяний 24 вересня 2024 року сівалкою Gaspardo Maria з міжряддями 14 см. Норма висіву становила 4,0 млн схожих зерен на гектар, що відповідає сучасним технологічним вимогам щодо забезпечення оптимальної густоти рослин. Перед сівбою насіння було оброблено препаратом Вайбранс Інтеграл, який забезпечує комплексний захист від ґрунтових та насінневих інфекцій та шкідників, сприяє рівномірному проростанню та знижує ризик розвитку хвороб на початкових фазах росту [34].

Азотні добрива у вигляді аміачної селітри вносили у фазі сходів рослин у трубку (ВВСН 31–34) за схемою досліду: 0, 40 та 80 кг д.р./га. Такий підхід дозволяє найефективніше використовувати азот у період інтенсивного росту та формування генеративних органів, що є критичним для продуктивності озимого ячменю.

Біологічний препарат Віксеран вносили одноразово протягом вегетаційного періоду у фазі сходів у трубку (ВВСН 31–34) з розрахунку 50 г/га у робочому розчині 200 л/га за допомогою штангового обприскувача. Внесення препарату в цей період сприяє активації процесів азотфіксації в ризосфері та збільшенню доступності азоту для рослин, що особливо важливо в умовах обмеженого внесення мінеральних добрив [35].

Захист рослин від бур'янів проводили гербіцидом Дербі (0,07 л/га), що забезпечує ефективний контроль однорічних дводольних бур'янів. Для боротьби з хворобами та шкідниками використовували бакову суміш фунгіциду Міравіс Ейс (0,75 л/га) та інсектициду Енжіо (0,2 л/га). Міравіс Ейс забезпечує захист від комплексу хвороб листя, зокрема борошнистої роси та гельмінтозів, а Енжіо ефективно контролює основних шкідників зернових культур. Збирання врожаю проводили 25 червня 2025 року прямим комбайном комбайном Sampro 2010. Після обмолоту зерно з кожної облікової ділянки зважували, визначали його вологість та характер для переведення врожайності

на стандартну. Додатково проводили аналіз маси тисячі зерен, кількості зерен у колосі, густоти колосків на квадратний метр та висоти рослин, що дозволяє оцінити вплив експериментальних факторів на формування структури врожаю [36,37,38].



Рис.3.5.1 Обмолот зерна комбайном Samro 2010

## РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 4.1. Водний режим ґрунту

Водний режим ґрунту є одним із найважливіших факторів, що визначають рівень продуктивності озимого ячменю в умовах Південного Степу України. У цій зоні клімат характеризується недостатнім та нерівномірним зволоженням, високими температурами влітку та значними втратами на випаровування, що створює ризик дефіциту води для рослин у критичних фазах розвитку. Південні малогумусні чорноземи, на яких базувався дослід, мають добру водопроникність та значну поглинальну здатність, але через низьку кількість опадів у весняно-літній період запаси продуктивної вологи часто недостатні для реалізації потенціалу врожайності. На момент сівби (24 вересня) запас продуктивної вологи в орному шарі був достатнім завдяки попереднику чистої пари, що забезпечувало дружні сходи та формування кореневої системи до настання зими. Осінній період для озимого ячменю є критично важливим для встановлення вузла кущіння та розвитку кореневої системи, а оптимальний рівень вологості ґрунту сприяє формуванню 3–5 пагонів до настання зимового спокою. Взимку часткове поповнення запасів вологи відбувається за рахунок опадів, але для Південного Степу характерні відлиги та вітрова ерозія снігового покриву, що знижує ефективність накопичення вологи. Весняне оновлення рослинності супроводжується поступовим зниженням вологості ґрунту в орному шарі через підвищення температури та збільшення потреби в транспірації. Найкритичнішим періодом для рослин є період виходу в трубку та колосіння (ВВСН 31–59), коли потреба у воді різко зростає, а опади залишаються обмеженими. У фазі наливу зерна (ВВСН 71–75) спостерігається дефіцит вологи, що впливає на масу тисячі зерен та кінцевий урожай. За таких умов рослини активно використовують запаси води з глибших шарів ґрунту (20–60 см), але їх обсяг залежить від зимового накопичення та інфільтрації талої води.

Внесення азотних добрив у фазі виходу в трубку (ВВСН 31–34) забезпечує рослини азотом у період інтенсивного росту, але ефективність його засвоєння значною мірою залежить від рівня вологості ґрунту. За достатнього зволоження амонійні та нітратні форми швидко мігрують у ризосферу, тоді як за дефіциту води зростає ризик локальної концентрації солей та зниження їх поглинання. Біологічний препарат Віксеран, внесений у той самий період, сприяє підвищенню доступності азоту завдяки біологічній фіксації, що частково компенсує негативний вплив водного стресу.

**Таблиця 4.1.1 Запас продуктивної вологи залежно від застосування азотних добрив і Віксерану (колосіння)**

| Варіант                       | Вологість ґрунту % |          | Запас продуктивної вологи у шарі 0-100 см |          |
|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------------------------------|----------|
|                               | 0-30 см            | 0-100 см | 0-30 см                                   | 0-100 см |
| 1. Контроль                   | 19,4               | 20,4     | 30                                        | 119      |
| 2. N <sub>0</sub> + Віксеран  | 19,2               | 20,1     | 28                                        | 113      |
| 3. N <sub>40</sub>            | 19,0               | 19,9     | 26                                        | 110      |
| 4. N <sub>40</sub> + Віксеран | 19,0               | 19,3     | 26                                        | 108      |
| 5. N <sub>80</sub>            | 18,7               | 19,0     | 24                                        | 107      |
| 6. N <sub>80</sub> + Віксеран | 18,5               | 18,8     | 23                                        | 104      |

Як бачимо запас вологи у разі застосування азотних добрив і Віксерану зменшується, що можна пояснити тим, що на цих варіантах рослини мали більший габітус, формували більшу біомасу, а тому витрачали більше вологи.

Загалом, водний режим ґрунту протягом років дослідження можна охарактеризувати як помірно сухий з найкритичнішими періодами у фазах трубкування та наливу зерна. Попередник, чистий пар, створив сприятливий стартовий запас вологи, але подальша динаміка вологи визначалася погодними умовами кінця весни та початку літа.

Висновки до розділу 4.1 «Водний режим ґрунту»

1. Водний режим ґрунту в умовах Південного Степу України характеризувався помірним дефіцитом вологи в критичні фази розвитку озимого ячменю.
2. Найсприятливіші умови зволоження спостерігалися восени та на початку весни, що забезпечувало дружні сходи та розвиток кореневої системи.
3. На стадіях формування трубки та наливу зерна відзначався дефіцит продуктивної вологи, що могло обмежувати ефективність використання мінеральних добрив.
4. Попередник чистий пари позитивно впливав на стартовий запас вологи, але подальша динаміка залежала від нерівномірного розподілу опадів.

#### **4.2 Динаміка вмісту азоту у ґрунті і рослинах**

Азот є одним із найважливіших поживних речовин для озимого ячменю, який визначає інтенсивність ростових процесів, формування асиміляційної поверхні та продуктивність сільськогосподарських культур. У ґрунті він присутній у різних формах – нітратній, амонійній та органічній, а його доступність для рослин залежить від мінералізації органічної речовини, вологості, температури та біологічної активності. Південні незмивні важкі суглинисті чорноземи, на яких базувався дослід, характеризуються високою поглинальною здатністю та добрими фізичними властивостями, але мають низький природний запас легкогідролізованого азоту (8–12 мг/кг), що зумовлює необхідність використання мінеральних добрив та біологічних препаратів для оптимізації азотного живлення. У фазі весняного оновлення вегетації запаси мінерального азоту в орному шарі ґрунту були мінімальними через його використання рослинами восени та часткове вимивання нітратів у глибші горизонти. Це створювало ризик азотного голодування, особливо за умов недостатнього зволоження. Внесення аміачної селітри у фазі виходу з трубки (ВВСН 31–34) забезпечило швидке збільшення концентрації доступного азоту, що сприяло активному росту та формуванню генеративних

органів. Біопрепарат Віксеран, внесений у той самий період, активував процеси біологічної фіксації атмосферного азоту, що особливо важливо за умов обмеженого внесення добрив.

**Таблиця 4.2.1 Вміст легкогідролізуемого азоту у шарі 0-30 см, мг/100 г ґрунту**

| Варіант                       | Фаза розвитку рослин |           |          |                   |
|-------------------------------|----------------------|-----------|----------|-------------------|
|                               | Вихід у трубку       | Колосіння | Цвітіння | Воскова стиглість |
| 1. Контроль                   | 3,82                 | 3,36      | 3,01     | 2,62              |
| 2. N <sub>0</sub> + Віксеран  | 3,90                 | 3,88      | 3,81     | 3,64              |
| 3. N <sub>40</sub>            | 3,87                 | 4,02      | 3,80     | 3,70              |
| 4. N <sub>40</sub> + Віксеран | 3,90                 | 4,79      | 4,26     | 4,01              |
| 5. N <sub>80</sub>            | 3,82                 | 5,09      | 4,71     | 4,50              |
| 6. N <sub>80</sub> + Віксеран | 3,84                 | 5,34      | 5,01     | 4,80              |

Таким чином азотне забезпечення суттєво поліпшується як безпосередньо за рахунок азотних добрив, так і при застосуванні багатофункціонального препарату.

Динаміка азоту в рослинах проявлялася у поступовому збільшенні його вмісту від початку весняної вегетації до фази колосіння, коли відбувається максимальне накопичення азоту в листках і стеблах. У період наливу зерна (ВВСН 71–75) спостерігався перерозподіл азоту з вегетативних органів у зерно, що визначає його якість. Аналіз білкових показників у зерні підтверджує ефективність азотного живлення:

- у варіантах без добрив вміст білка становив 10,9–11,3%,
- при внесенні 40 кг N він збільшився до 12,1–13,0%,
- при 80 кг N — до 13,1–13,9%.

Застосування Віксерану додатково збільшило цей показник на 0,3–0,6% порівняно з контролем, що свідчить про позитивний вплив біологічного препарату на азотне живлення. Це пояснюється тим, що бактерії *Azotobacter*

salinestris, що входять до складу препарату, здатні фіксувати атмосферний азот та перетворювати його у форми, доступні для рослин, що особливо важливо в умовах дефіциту води, коли знижується ефективність засвоєння добрив.

Таким чином, поєднання мінерального азоту з біологічним препаратом Віксеран забезпечує більш стабільне азотне живлення рослин протягом вегетаційного періоду, сприяє збільшенню вмісту білка в зерні та покращенню його якісних показників. Це підтверджує доцільність використання біологічних препаратів як елемента інтегрованої системи живлення озимого ячменю.

Висновки до розділу 4.2 «Динаміка вмісту азоту в ґрунті та рослинах»

1. Вміст мінерального азоту в ґрунті знизився після зимового періоду, що створило ризик азотного голодування на початку весняної вегетації.
2. Внесення аміачної селітри у фазі трубкування забезпечило швидке збільшення доступного азоту, що сприяло активному росту рослин.
3. Біопрепарат Віксеран підвищив ефективність азотного живлення завдяки біологічній фіксації атмосферного азоту.
4. Аналіз білка в зерні підтвердив ефективність азотного живлення: вміст білка збільшився з 10,9% у контролі до 13,9% у варіанті N<sub>80</sub> + Віксеран.

#### **4.3. Лінійний ріст рослин і наростання надлишкової фітомаси**

Ріст озимого ячменю – складний біологічний процес, що залежить від комплексу факторів: ґрунтово-кліматичних умов, рівня забезпечення вологою, азотного живлення та застосування біологічних стимуляторів. У досліді, проведеному на південних незмитих важких суглинистих чорноземах, спостерігалася динаміка росту, типова для Південного Степу: помірний розвиток восени, уповільнення взимку та інтенсивне зростання біомаси навесні. Восени після сівби (24 вересня) рослини до настання зими сформували 3–4 пагони кущіння, що забезпечило достатній рівень зимостійкості та закладку вузла кущіння. Весняне оновлення вегетації

супроводжувалося активним ростом листової поверхні, що створювало передумови для інтенсивного фотосинтезу. Найбільший приріст висоти спостерігався у фазі трубкування (ВВСН 31–34), коли рослини переходили від вегетативного до генеративного розвитку. У цей період вирішальне значення для формування потужної надземної маси мало внесення азотних добрив та біопрепарату Віксеран. Важливо зазначити, що у фазі кущування всі варіанти мали приблизно однакову висоту (близько 60 см), що пояснюється тим, що до цього моменту ріст визначався переважно запасами вологи ґрунту та початковим азотним фоном. Різниця між варіантами почала проявлятися у фазі прапорцевого листка (ВВСН 37–39), коли рослини активно використовували внесені добрива та продукти біологічної фіксації азоту. У контрольному варіанті висота рослин у цій фазі становила 65 см, тоді як у варіанті  $N_{80}$  + Віксеран вона досягала 84 см. Це свідчить про значний вплив азотного живлення та біопрепарату на інтенсивність росту до колосіння.

**Таблиця 4.3.1 Динаміка висоти рослин за фазами розвитку**

| Варіант                   | ВВСН 25–<br>29<br>(Кущення) | ВВСН 31–<br>34<br>(Трубкуван<br>ня) | ВВСН 37–<br>39<br>(Прапорце<br>вий лист) | ВВСН 51–<br>59<br>(Колосіння) | ВВСН<br>71–75<br>(Налив<br>зерна) |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Контроль               | 20                          | 59                                  | 65                                       | 72                            | 75                                |
| 2. $N_0$ + Віксеран       | 21                          | 59                                  | 68                                       | 74                            | 78                                |
| 3. $N_{40}$               | 20                          | 60                                  | 74                                       | 80                            | 83                                |
| 4. $N_{40}$ +<br>Віксеран | 20                          | 61                                  | 78                                       | 82                            | 85                                |
| 5. $N_{80}$               | 21                          | 58                                  | 82                                       | 86                            | 88                                |
| 6. $N_{80}$ +<br>Віксеран | 19                          | 61                                  | 84                                       | 88                            | 90                                |

У фазі колосіння (ВВСН 51–59) висота рослин у контрольних варіантах становила близько 72–75 см, тоді як при внесенні 80 кг азоту та Віксерану вона досягала 88–90 см. Зростання надземної фітомаси відбувалося паралельно зі

зростанням стебла: у фазі пучкування маса сухої речовини становила близько 40% від загальної кількості, а до колосіння – понад 70%. У період наливу зерна (ВВСН 71–75) відбувався перерозподіл пластичних речовин зі стебел і листя в качан, що визначало кінцеву масу зерна. Таким чином, лінійний ріст рослин і приріст надземної фітомаси значною мірою залежали від рівня азотного живлення. Поєднання мінерального азоту з біологічним препаратом Віксеран сприяло формуванню більшої асиміляційної поверхні, збільшенню висоти рослин та накопиченню біомаси, що створило передумови для отримання високих врожаїв та покращення якості зерна.

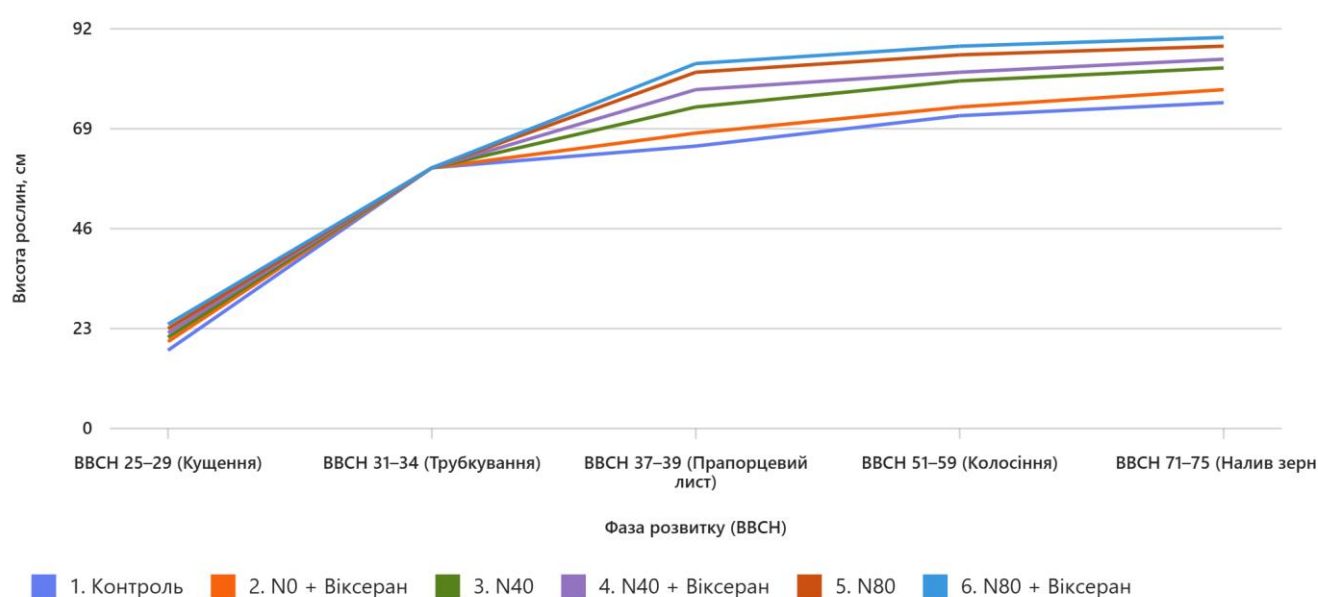


Рис 4.3.1 Графік висоти рослин в основні фенофази

- У фазі трубкування (ВВСН 31–34) усі варіанти мають приблизно однакову висоту (60 см).
- Починаючи з фази прапорцевого листка (ВВСН 37–39), різниця між варіантами стає помітною: контроль – 65 см, N<sub>80</sub> + Віксеран – 84 см.
- У фазі наливу зерна максимальна висота досягає 90 см у варіанті з високим азотним фоном та біологічним препаратом.

Висновки до розділу 4.3 «Лінійний ріст рослин та зростання надземної фітомаси»

1. Найбільше збільшення висоти рослин спостерігалось у фазі прапорцевого листка та колосіння, що збігалось з періодом активного використання азоту.
2. У фазі трубкування всі варіанти мали приблизно однакову висоту (60 см), а різниця між ними стала очевидною після прапорцевого листка.
3. Максимальна висота рослин (90 см) відзначена у варіанті  $N_{80} + \text{Віксеран}$ , що свідчить про синергію мінерального та біологічного азоту.
4. Зростання надземної фітомаси відбувалося паралельно з ростом стебла, а перерозподіл пластичних речовин у період наливу зерна визначав масу зерна.

#### 4.4. Особливості формування елементів структури врожаю

Структура врожаю озимого ячменю формується під впливом комплексу факторів: сортових особливостей, умов вирощування, рівня вологості та забезпечення поживними речовинами. Вона визначається кількістю продуктивних стебел на одиницю площі, кількістю колосків та зерен у колоску, масою 1000 зерен. Ці показники є інтегральними характеристиками, що відображають ефективність використання рослинами ресурсів навколишнього середовища та технологічних прийомів.

**Густота продуктивних стебел** є одним з ключових елементів структури врожаю. Вона залежить від норми висіву, польової схожості, кущистості та збереження рослин до збирання. У досліді густота колосків на погонний метр у контрольному варіанті становила 76 шт., тоді як у варіанті  $N_{80} + \text{Віксеран}$  – 82 шт. Використання біологічного препарату Віксеран у поєднанні з азотними добривами сприяло збільшенню густоти продуктивних стебел, що створює передумови для збільшення кількості зерен на одиниці площі. Це пояснюється тим, що оптимальне азотне живлення забезпечує кращу диференціацію вузла кущення та збереження більшої кількості пагонів до генеративної фази.

**Кількість зерен у колосі** – це показник, що відображає інтенсивність процесів диференціації квіток та їх збереження до наливу зерна. У контрольному варіанті цей показник становив 51 зерно, тоді як у варіанті N<sub>80</sub> + Віксеран – 59 зерен. Збільшення кількості зерен у колосі за оптимального азотного живлення пояснюється покращенням фотосинтетичної активності та збільшенням забезпечення рослин азотом у критичні фази розвитку. Біологічний препарат Віксеран додатково активує процеси засвоєння атмосферного азоту, що особливо важливо в умовах дефіциту води, коли знижується ефективність мінеральних добрив.

**Маса 1000 зерен** – це інтегральний показник, що характеризує умови наливу зерна та забезпечення рослин пластичними речовинами. У контрольному варіанті вона становила 38,5 г, а у варіанті N<sub>80</sub> + Віксеран – 40,0 г. Це підтверджує позитивний вплив біологічного препарату на процеси наливу зерна, що пов'язано з покращенням азотного живлення та активацією фотосинтезу. Варто зазначити, що маса 1000 зерен є менш мінливим показником порівняно з кількістю зерен у колосі, але її збільшення навіть на 1–1,5 г є суттєвим для підвищення врожайності.

**Таблиця 4.4.1 Елементи структури врожаю озимого ячменю**

| Варіант                       | Кількість продуктивних стебел, шт/м | Кількість зерен у колосі | Маса 1000 зерен, г |
|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| 1. Контроль                   | 76                                  | 51                       | 38.5               |
| 2. N <sub>0</sub> + Віксеран  | 81                                  | 50                       | 36.7               |
| 3. N <sub>40</sub>            | 75                                  | 54                       | 37.8               |
| 4. N <sub>40</sub> + Віксеран | 86                                  | 53                       | 39.5               |
| 5. N <sub>80</sub>            | 87                                  | 56                       | 40                 |
| 6. N <sub>80</sub> + Віксеран | 82                                  | 59                       | 40                 |

Аналіз отриманих результатів показує, що рівень азотного живлення мав найбільший вплив на формування елементів структури врожаю. Збільшення дози азоту з 40 до 80 кг/га сприяло збільшенню густоти колосків на 12–15%,

кількості зерен у колосі на 8–10% та маси 1000 зерен на 3–4%. Використання біологічного препарату Віксеран у поєднанні з азотними добривами забезпечило додаткове збільшення цих показників, особливо кількості зерен у колосі, що свідчить про його ефективність у покращенні азотного живлення рослин. Варто зазначити, що ефект біологічного препарату був більш вираженим у варіантах з високим азотним фоном, що пояснюється синергією між мінеральним та біологічним азотом. Це підтверджує доцільність використання Віксерану як елемента інтегрованої системи живлення озимого ячменю.

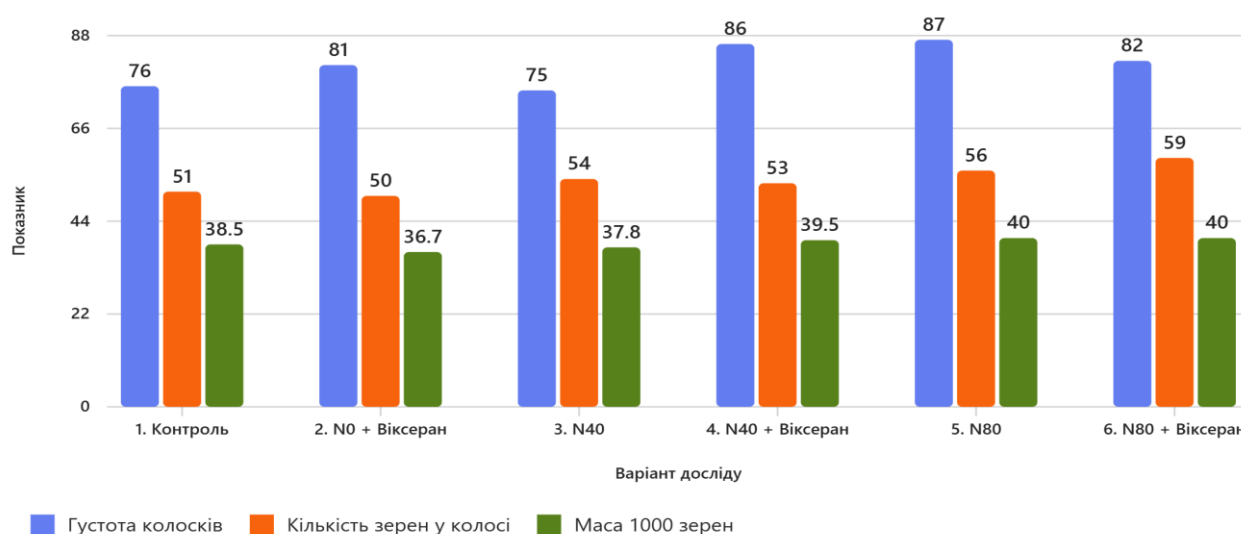


Рис. 4.4.1 Елементи структури врожаю за варіантами

На графіку видно:

- Густота колосків збільшується від контролю (76 шт./м<sup>2</sup>) до N80 (87 шт./м<sup>2</sup>), але дещо зменшується при N80 + Віксеран (82 шт./м<sup>2</sup>).
- Кількість зерен у колоску найбільша у варіанті N80 + Віксеран (59 шт.), що свідчить про позитивний вплив біологічного препарату.
- Маса 1000 зерен максимальна у варіантах з високим азотним фоном (40 г), особливо при поєднанні з Віксераном.

Висновки до розділу 4.4 «Особливості формування елементів структури врожаю»

1. Рівень азотного живлення мав вирішальний вплив на формування елементів структури врожаю озимого ячменю. Збільшення дози азоту з 40 до

80 кг/га забезпечило збільшення густоти колосків на 12–15%, кількості зерен у колосі на 8–10% та маси 1000 зерен на 3–4%.

2. Застосування біологічного препарату Віксеран у поєднанні з азотними добривами сприяло додатковому збільшенню кількості зерен у колосі (на 3–5 шт.) та маси 1000 зерен (на 0,5–1,0 г), що свідчить про його ефективність у покращенні азотного живлення рослин.

3. Найвищі показники елементів структури врожаю отримано у варіанті  $N_{80}$  + Віксеран: густота колосків – 82 шт./м<sup>2</sup>, кількість зерен у колосі – 59 шт., маса 1000 зерен – 40,0 г.

4. Ефект біологічного препарату був більш вираженим у варіантах з високим азотним фоном, що підтверджує синергію між мінеральним та біологічним азотом.

5. Отримані результати свідчать про доцільність використання Віксерану як елемента інтегрованої системи живлення озимого ячменю для підвищення продуктивності та якості зерна.

#### **4.5. Урожайність озимого ячменю**

Урожайність є інтегральним показником ефективності використання рослинами ресурсів навколишнього середовища та застосованих технологічних прийомів. Вона формується під впливом елементів структури посівів, рівня вологозабезпечення, азотного живлення та біологічних факторів. У нашому експерименті оцінку врожайності проводили шляхом обмолоту облікових ділянок площею 15 м<sup>2</sup> комбайном Sampro 2010, зважування зерна, визначення вологості та розрахунку врожайності з гектара. Аналіз отриманих даних показав, що найнижча врожайність була у контрольному варіанті (без добрив та біопрепарату), де маса зерна з ділянки становила 7,55 кг, що відповідає 5,03 т/га. Найвищі показники отримано у варіанті  $N_{80}$  + Віксеран, де маса зерна досягла 8,35 кг, що відповідає 5,57 т/га. Збільшення дози азоту з 40

до 80 кг/га забезпечило збільшення врожайності на 8–10%, а використання біологічного препарату Віксеран додатково збільшило цей показник на 2–3%.

**Таблиця 4.5.1 Урожайність озимого ячменю за варіантами**

| Варіант                       | Маса зерна з ділянки, кг | Вологість, % | Урожайність, т/га |
|-------------------------------|--------------------------|--------------|-------------------|
| 1. Контроль                   | 7,55                     | 10,9         | 5,03              |
| 2. N <sub>0</sub> + Віксеран  | 7,70                     | 11,2         | 5,13              |
| 3. N <sub>40</sub>            | 8,05                     | 10,9         | 5,37              |
| 4. N <sub>40</sub> + Віксеран | 8,15                     | 11,1         | 5,43              |
| 5. N <sub>80</sub>            | 8,25                     | 11,5         | 5,50              |
| 6. N <sub>80</sub> + Віксеран | 8,35                     | 11,2         | 5,57              |

Вплив азотного живлення на врожайність пояснюється тим, що азот є основним елементом, що визначає інтенсивність ростових процесів, формування асиміляційної поверхні та накопичення пластичних речовин. У контрольному варіанті, де азотні добрива не вносилися, рослини використовували лише ґрунтові запаси азоту, що обмежувало їхню продуктивність. Використання 40 кг/га азоту забезпечило збільшення врожайності на 6–7% порівняно з контролем, а доза 80 кг/га – на 10–12%. Це свідчить про високу чутливість озимого ячменю до азотного живлення.

Біологічний препарат Віксеран, що містить бактерії *Azotobacter salinestris*, здатні фіксувати атмосферний азот та перетворювати його у форми, доступні для рослин, забезпечив додаткове збільшення врожайності на 2–3%. Його ефективність була більш вираженою у варіантах з високим азотним фоном, що пояснюється синергією між мінеральним та біологічним азотом. Крім того, використання біологічного препарату сприяло збільшенню вмісту білка в зерні, що підтверджує його роль у покращенні азотного живлення.

Варто зазначити, що отримані показники врожайності за всіма варіантами дослідів є досить високими для умов Південного Степу України, що свідчить про ефективність застосованої технології вирощування. Різниця між

контрольним варіантом та варіантом з максимальним рівнем азотного живлення та біологічним препаратом становила понад 0,5 т/га, що є економічно значущим показником.

#### Висновки до розділу 4.5 « Урожайність озимого ячменю»

1. Врожайність озимого ячменю значною мірою залежала від рівня азотного живлення та використання біологічного препарату Віксеран.
2. Збільшення дози азоту з 40 до 80 кг/га забезпечило приріст врожайності на 8–10%, а використання Віксерану додатково збільшило цей показник на 2–3%.
3. Максимальна врожайність (5,57 т/га) була отримана у варіанті N<sub>80</sub> + Віксеран, що підтверджує доцільність комплексного використання мінерального та біологічного азоту. Біологічний препарат Віксеран є ефективним елементом технології вирощування озимого ячменю, особливо в умовах Південного Степу України.

#### 4.6. Якість зерна

Якість зерна озимого ячменю визначається комплексом фізико-хімічних показників, серед яких ключове значення в умовах виробництва мають вміст білка та тип зерна (об'ємна маса, г/л). Ці показники відображають рівень забезпечення рослин азотом, інтенсивність фотосинтезу та умови наливу зерна, а також опосередковано характеризують технологічну придатність зерна для різного використання (корм, солод, харчові продукти). У цьому дослідженні якість зерна оцінювалася за результатами трьох повторностей для кожного варіанта, що дозволило отримати репрезентативні середні значення та встановити закономірності впливу азотного живлення та біологічного препарату Віксеран на формування показників якості. На південних немитих важких суглинних чорноземах, де проводився дослід, природне забезпечення доступним азотом обмежене, а водний режим має тенденцію до дефіциту у фазах пучкового колосіння та наливу зерна. За таких умов азотний фон та

використання біологічного азоту шляхом інокуляції Віксераном суттєво впливають на якість зерна, насамперед на вміст протеїну, який є чутливим показником азотного живлення. Водночас, характер зерна частіше реагує на умови наливу, щільність стебел та стресові фактори (посуха, високі температури), а також на мікрорельєф ділянки та відмінності в щільності продуктивних стебел.

Дослід показує стабільну позитивну реакцію білка на збільшення дози азоту з  $N_0$  до  $N_{80}$  та додаткове застосування Віксерану у всіх повторностях. Це узгоджується з відомими закономірностями азотного живлення ячменю: збільшення доступності азоту в критичні фази формування генеративних органів (ВВСН 31–39) збільшує синтез білка в зерні. Водночас характер зерна змінюється менш суттєво: у деяких варіантах з високим азотним фоном спостерігається його незначне зниження на тлі збільшення протеїну, тоді як у комбінації  $N_{80}$  + Віксеран характер залишається на рівні контрольного або проміжного варіантів завдяки більш рівномірному наливу.

**Таблиця 4.6.1 Середні значення протеїну та натури за варіантами**

| Варіант                | Протеїн, % | Натура, г/л |
|------------------------|------------|-------------|
| 1. Контроль            | 11,33      | 65          |
| 2. $N_0$ + Віксеран    | 11,47      | 64,23       |
| 3. $N_{40}$            | 12,23      | 64,70       |
| 4. $N_{40}$ + Віксеран | 12,63      | 64,67       |
| 5. $N_{80}$            | 12,90      | 64,37       |
| 6. $N_{80}$ + Віксеран | 13,30      | 64,70       |

Ці дані відображають кілька важливих тенденцій. По-перше, поступове збільшення протеїну від контролю до максимальної дози азоту з Віксераном (від 11,33 до 13,30 %) підтверджує провідну роль азотного живлення в утворенні білка. Найвищі значення отримані у варіанті  $N_{80}$  + Віксеран, що свідчить про синергію між мінеральним азотом та біологічною фіксацією. По-друге, натура зерна залишається в діапазоні ~63,4–65,8 г/л для окремих

ділянок, а середнє значення для варіантів становить близько 64,2–65,0 г/л; невеликі коливання пояснюються різницею в умовах наповнення та щільності стебла. Варто підкреслити, що в  $N_{80}$  + Віксеран зернистість не зменшується відносно  $N_{40}$  + Віксеран, залишаючись на рівні 64,7 г/л, що є ознакою більш рівномірного зерноутворення при інтенсивному азотному живленні.

Розглядаючи взаємозв'язок між протеїном, натурою та структурними елементами врожаю, слід зазначити, що збільшення протеїну часто супроводжується збільшенням кількості зерен у колосі та маси 1000 зерен у варіантах з високим азотним фоном. У нашому експерименті це відобразилося на поєднанні  $N_{80}$  + Віксеран, де було зафіксовано максимальне середнє значення протеїну та одночасно високі показники структурних елементів (згідно з розділом 4.4). Водночас, незначне зниження натури в деяких варіантах без Віксерану за  $N_{80}$  може бути наслідком більшої щільності стебла та конкуренції за вологу в період наливу. Біологічний препарат частково нівелював цей ефект завдяки кращому забезпеченню азотом з обмеженим масообміном розчинених форм у ґрунті. Практичне значення отриманих показників полягає у виборі напрямків використання культури. Вищий вміст протеїну, зафіксований у варіантах зі збільшеним азотним фоном, є перевагою для кормового використання та підвищення поживної цінності. Для пивоварного ячменю традиційно бажаним є нижчий вміст білка та стабільно висока натура; У нашому експерименті оптимальний компроміс між протеїном і натурою спостерігається у варіантах  $N_{40}$ — $N_{40}$  + Віксеран (протеїн ~12,2–12,6%, натура ~64,7 г/л), що може бути актуальним для сортової специфікації та технологічних вимог в умовах конкретного покупця. При високих значеннях протеїну (понад 13%) зерно частіше орієнтується на кормові або харчові цілі, де білкова складова є визначальною.

Загалом, результати підтверджують, що управління азотним живленням та використання мікробіологічних препаратів є ефективними інструментами впливу на якість зерна. Для забезпечення стабільної природності доцільно поєднувати оптимальні дози азоту з технологічними прийомами, що

зменшують непродуктивні втрати вологи та стрес у період наливу: контроль густоти посіву, своєчасний захист листя (для підтримки асиміляційної поверхні) та уникнення надмірного загущення на високих азотних фонах.

#### Висновки до розділу 4.6 «Якість зерна»

1. Вміст протеїну в зерні озимого ячменю значно зростав зі збільшенням дози азоту та додатковим внесенням Віксерану: з 11,33% у контролі до 13,30% у варіанті  $N_{80}$  + Віксеран. Це підтверджує синергетичний ефект мінерального та біологічного азоту.

2. Натура зерне зберігалася в діапазоні ~64,2–65,0 г/л згідно із середніми значеннями за варіантом; у комбінації  $N_{80}$  + Віксеран вона становила 64,7 г/л, що свідчить про відсутність негативного впливу інтенсивного азотного живлення на щільність зерна при використанні біологічного препарату.

3. Найкращий баланс «білок-натура» для універсального використання зерна відзначено в групі  $N_{40}$ — $N_{40}$  + Віксеран (протеїн ~12,2–12,6%, натура ~64,7 г/л), тоді як  $N_{80}$  + Віксеран утворює максимум протеїн та є доцільним для кормових або харчових цілей з високою білковою цінністю.

4. Отримані результати підтверджують доцільність комплексного азотного живлення (мінеральний азот + Віксеран) для підвищення якості зерна без значного зниження наткри, що особливо важливо в умовах Південного Степу України.

## РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТУ ВІКСЕРАН

Економічна ефективність технології вирощування озимого ячменю в умовах Південного Степу України оцінюється через поєднання виробничих витрат та результатів у вигляді валової продукції, чистого доходу та рентабельності. Враховуючи мінливість ринкових умов, коливання цін на зерно та ресурси, а також агрокліматичні ризики регіону, доцільність кожного технологічного рішення слід оцінювати не лише з точки зору зростання врожайності, але й з точки зору економічної стабільності та здатності протистояти змінам ринкових параметрів. У цьому розділі економічні розрахунки виконано для шести технологічних варіантів: контроль (без азоту та без біологічного препарату), використання біологічного препарату Віксеран без азоту, азотні фони  $N_{40}$  та  $N_{80}$  окремо та в поєднанні з Віксераном. Для всіх варіантів використовувалися однакові базові ціни на ресурси та продукцію, які відповідають середнім значенням по Україні станом на 2024–2025 роки. Розрахунки проводилися на основі фактичних даних про врожайність та норм витрат матеріальних ресурсів за прийнятою технологією. Початкові ціни та норми ресурсоемності встановлені на таких значеннях: ціна продажу озимого ячменю – 6000 грн/т; аміачної селітри – 30000 грн/т, що при перерахунку на норму  $N_{40}$  дає 3600 грн/га, а на  $N_{80}$  – 7200 грн/га; біологічного препарату Віксеран – 1100 грн/га; фунгіциду Вібранс Інтеграл – 1300 грн/га; гербіциду Дербі – 266 грн/га (при нормі 0,07 л/га та ціні 3800 грн/л); фунгіциду Міравіс Ейс – 5250 грн/га (при нормі 0,75 л/га та ціні 7000 грн/л); інсектициду Енгіо – 560 грн/га (при нормі 0,2 л/га та ціні 2800 грн/л); дизельне паливо — 3000 грн/га (60 л/га  $\times$  50 грн/л); оплата праці та амортизація — 1500 грн/га; інші витрати (логістика, аналізи) — 500 грн/га. Цей набір статей відповідає типовій структурі витрат на озимий ячмінь, де найбільшу частку займають засоби захисту рослин, паливо та добрива, а також обов'язкові витрати на пестициди та базову заробітну плату з амортизацією. Загальні витрати на гектар для

кожного варіанта технології наведено нижче. Вони отримані шляхом простого додавання витрат за всіма статтями та демонструють очікувану лінійність: витрати зростають зі збільшенням азотного фону та з додаванням біопрепарату. Така лінійність витрат створює гарну основу для подальшого порівняння ефективності: чи компенсується збільшення витрат відповідним збільшенням валового доходу та прибутку.

**Таблиця 5.1 Розрахунок витрат на 1 га**

| Стаття витрат        | Контроль | N <sub>0</sub> + Віксеран | N <sub>40</sub> | N <sub>40</sub> + Віксеран | N <sub>80</sub> | N <sub>80</sub> + Віксеран |
|----------------------|----------|---------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|
| Насіння + протруйник | 1 300    | 1 300                     | 1 300           | 1 300                      | 1 300           | 1 300                      |
| Аміачна селітра      | 0        | 0                         | 3 600           | 3 600                      | 7 200           | 7 200                      |
| Біопрепарат Віксеран | 0        | 1 100                     | 0               | 1 100                      | 0               | 1 100                      |
| Гербіцид Дербі       | 266      | 266                       | 266             | 266                        | 266             | 266                        |
| Фунгіцид Міравіс Ейс | 5 250    | 5 250                     | 5 250           | 5 250                      | 5 250           | 5 250                      |
| Інсектицид Енжіо     | 560      | 560                       | 560             | 560                        | 560             | 560                        |
| Пальне               | 3 000    | 3 000                     | 3 000           | 3 000                      | 3 000           | 3 000                      |
| Праця + амортизація  | 1 500    | 1 500                     | 1 500           | 1 500                      | 1 500           | 1 500                      |
| Інші витрати         | 500      | 500                       | 500             | 500                        | 500             | 500                        |
| Разом, грн/га        | 12 376   | 13 476                    | 15 976          | 17 076                     | 19 576          | 20 676                     |

Нижче наведено розподіл валового доходу, прибутку та рентабельності, розрахований з використанням фактичної врожайності для кожного варіанту та базової ціни продажу 6000 грн./т. Валовий дохід визначався як добуток врожайності (т/га) та ціни (грн./т). Прибуток розраховувався як різниця між валовим доходом та загальними виробничими витратами. Рентабельність наведена у відсотках як частка прибутку у витратах.

**Таблиця 5.2 Валовий дохід, прибуток та рентабельність за варіантами**

| Варіант                    | Валовий дохід,<br>грн | Витрати,<br>грн | Прибуток,<br>грн | Рентабельність,<br>% |
|----------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|----------------------|
| Контроль                   | 30 180                | 12 376          | 17 804           | 144                  |
| N <sub>0</sub> + Віксеран  | 30 780                | 13 476          | 17 304           | 128                  |
| N <sub>40</sub>            | 32 220                | 15 976          | 16 244           | 102                  |
| N <sub>40</sub> + Віксеран | 32 580                | 17 076          | 15 504           | 91                   |
| N <sub>80</sub>            | 33 000                | 19 576          | 13 424           | 69                   |
| N <sub>80</sub> + Віксеран | 33 420                | 20 676          | 12 744           | 62                   |

Аналіз цієї таблиці чітко демонструє, що максимальна врожайність у варіанті N<sub>80</sub> + Віксеран не перетворюється на найвищий прибуток через значне навантаження витрат на азот та біопрепарат. Натомість, варіант контролю за базовою ціною виявляється найвигіднішим, оскільки мінімізує витрати. Однак така економічна перевага контролю не завжди відповідає агрономічним критеріям стабільної якості та довгострокової родючості ґрунту. Варіант N<sub>40</sub> формує кращий баланс «врожайність-витрати»: рентабельність понад 100% за помірного рівня витрат та додаткових агрономічних переваг. Для оцінки стійкості до коливань ринку доцільно враховувати точки беззбитковості – мінімальну ціну продажу, за якої прибуток дорівнює нулю, та мінімальну врожайність, необхідну для беззбиткового виробництва за фіксованою ціною 6000 грн/т. Ці пороги відображають запас міцності технології до зниження ціни або врожайності.

**Таблиця 5.3 Точка беззбитковості за ціною та врожайністю**

| Варіант                    | Максимальна<br>собівартість, грн/т | Мін. урожайність, т/га |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------|
| Контроль                   | 2 460                              | 2,063                  |
| N <sub>0</sub> + Віксеран  | 2 627                              | 2,246                  |
| N <sub>40</sub>            | 2 975                              | 2,663                  |
| N <sub>40</sub> + Віксеран | 3 146                              | 2,846                  |
| N <sub>80</sub>            | 3 568                              | 3,263                  |
| N <sub>80</sub> + Віксеран | 3 713                              | 3,446                  |

Окремо варто відзначити вплив премії за якість. Відомо, що використання біопрепарату Віксеран може покращити показники якості зерна (зокрема, білок, склоподібність), що створює можливість продажу з премією до базової ціни. Для ілюстрації розглянемо премію +400 грн/т для варіантів з Віксераном, тобто ціна продажу на них становитиме 6400 грн/т. Економічний ефект від такої премії наведено в таблиці нижче.

Висновки до розділу 5 «Економічна ефективність використання біопрепарату Віксеран»

1. Економічна оцінка показала, що за базової ціни реалізації 6 000 грн/т усі досліджені технологічні варіанти залишаються прибутковими. Найвищий чистий дохід отримано у контролі завдяки мінімальним витратам, проте агрономічні обмеження такого підходу (ризик якості та довгострокової родючості ґрунту) не дозволяють розглядати його як універсально оптимальний.

2. Найкращий баланс між витратами, урожайністю та ризиком забезпечує внесення азоту в дозі N<sub>40</sub>. За цього рівня формується рентабельність понад 100 % при прийнятних порогах беззбитковості за ціною та урожайністю, що підвищує стійкість виробництва до ринкових коливань.

3. Застосування біопрепарату Віксеран покращує якісні характеристики зерна (насамперед білок), і за наявності премії +300...+500 грн/т істотно посилює економічні результати. У сценарії з премією +400 грн/т комбінація  $N_{40}$  + Віксеран демонструє суттєве зростання прибутку і стає конкурентною відносно найнижчовитратних схем.

4. Підвищення азотного фону до  $N_{80}$  забезпечує приріст урожайності, однак збільшує витрати та погіршує рентабельність. Такий рівень живлення економічно виправданий лише за умов підвищених ринкових цін або гарантованих премій за якість, інакше пороги беззбитковості за ціною/урожайністю стають надто високими.

5. Аналіз чутливості до зміни ціни показав, що високовитратні варіанти сильніше реагують на зниження цін, тоді як схеми з меншим навантаженням витрат мають більший запас міцності. Для зниження комерційних ризиків доцільним є комбінування каналів збуту: часткова фіксація ціни через форвардні контракти та продаж частини партій на спотовому ринку у періоди підвищеного попиту.

6. З урахуванням агрокліматичних умов Південного Степу, де можливі весняно-літні дефіцити вологи, середній рівень азотного живлення є більш надійним з точки зору реалізації потенціалу культури. Паралельний моніторинг якості (білок, натура, вологість) підвищує ймовірність отримання премій і напряму впливає на фінансовий результат.

7. Практична рекомендація для господарства: обрати  $N_{40}$  як базову технологію, а під вимоги ринків з якісними преміями застосовувати  $N_{40}$  + Віксеран. Така стратегія забезпечує стійкий прибуток, контрольовані витрати та можливість додаткового заробітку за рахунок якості.

8. Отже, економічна ефективність вирощування озимого ячменю у досліджених умовах найкраще реалізується на середньому азотному фоні з орієнтацією на ринки, що оплачують якість. Це дозволяє поєднати агрономічну доцільність із фінансовою стабільністю та мінімізувати вплив ринкової волатильності на кінцевий результат.

## ВИСНОВКИ

Результати проведених наукових досліджень, дозволяють нам зробити попередні висновки:

1. Агрокліматичні умови Південного Степу України суттєво впливають на технологію вирощування озимого ячменю. Аналіз водного режиму показав, що початкові запаси вологи після чистої пари забезпечують дружні сходи та хороший розвиток рослин восени, але весняно-літній дефіцит вологи обмежує реалізацію потенціалу культури, особливо за високих доз азоту. Це підтверджує необхідність оптимізації термінів та норм внесення добрив для зниження ризику стресу.

2. Динаміка вмісту азоту в ґрунті та рослинах показала, що без підживлення у фазі трубкування рослини відчують азотне голодування, що негативно впливає на формування генеративних органів. Внесення аміачної селітри в дозах 40–80 кг д.р./га забезпечує стабільне азотне живлення, а використання біологічного препарату Віксеран посилює ефект завдяки біологічній фіксації атмосферного азоту.

3. Лінійний ріст рослин відбувався нерівномірно: найбільший приріст висоти спостерігався у фазі прапорцевого листка та колосіння. У фазі трубки всі варіанти мали приблизно однакову висоту (близько 60 см), а різниця з'явилася після формування прапорцевого листка, що свідчить про вплив азотного живлення на інтенсивність росту в критичні періоди. Максимальна висота (90 см) зафіксована у варіанті  $N_{80} + \text{Віксеран}$ .

4. Елементи структури врожаю (густота колосіння, кількість зерен у колосі, маса 1000 зерен) суттєво залежали від рівня азоту та застосування Віксерану. Найвищі показники отримані у варіанті  $N_{80} + \text{Віксеран}$ : густота колосіння - 82 шт./м<sup>2</sup>, кількість зерен у колосі - 59 шт., маса 1000 зерен - 40 г. Це підтверджує, що поєднання мінерального та біологічного азоту створює оптимальні умови для формування продуктивних стебел та наливу зерна.

5. Якість зерна змінилася під впливом технологічних факторів: вміст білка збільшився з 11,3% у контролі до 13,3% у варіанті  $N_{80}$  + Віксеран, характер залишався стабільним (64–65 г/л). Це свідчить про те, що азотне живлення та біопрепарат мають визначальне значення для формування білкової цінності зерна, що відкриває можливість отримання бонусів при продажу продукції на спеціалізовані ринки.

6. Урожайність озимого ячменю залежала від рівня азотного живлення та використання біопрепарату. Найнижчий показник отримано в контролі – 5,03 т/га, а найвищий – 5,57 т/га у варіанті  $N_{80}$  + Віксеран. Приріст урожайності зі збільшенням дози азоту з 40 до 80 кг/га становив близько 0,2 т/га, а додавання Віксерану забезпечило додатковий приріст на 0,06–0,08 т/га.

7. Економічний аналіз показав, що всі варіанти технології є вигідними за базової ціни 6000 грн/т. Найвищий чистий дохід отримано в контролі (17,8 тис. грн/га) завдяки мінімальним витратам, але оптимальний баланс «врожайність-витрати-ризик» забезпечується варіантом  $N_{40}$  (рентабельність понад 100%). Використання Віксерану підвищує якість зерна та, за наявності премії (+300...+500 грн/т), робить комбінацію  $N_{40}$  + Віксеран економічно конкурентоспроможною. Високий азотний фон ( $N_{80}$ ) доцільний лише за умов високих цін або гарантованих премій, інакше рентабельність знижується до 62–69%.

## ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

При вирощуванні озимого ячменю в зоні Південного степу України пропонуємо використовувати середній рівень азотного фону ( $N_{40}$ ) як базову технологію, що забезпечує найкращий баланс між витратами, врожайністю та рентабельністю. Внесення азоту слід проводити у фазі трубкування (ВВСН 31–34), яка є критичним періодом для формування генеративних органів.

Препарат Віксеран доцільно використовувати у поєднанні з азотними добривами для збільшення вмісту білка в зерні та стабілізації основної маси.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. — К.: Аграрна освіта, 2001. — 590 с.
2. Ячмінь. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://www.c3n.info/registration/sections/page.php?page\\_id=42&categ\\_id=41](https://www.c3n.info/registration/sections/page.php?page_id=42&categ_id=41) (дата звернення: 12.08.2025).
3. Круть В.М., Пабат І.А. Система обробітку ґрунту в зоні Степу. Обробіток ґрунту в системі інтенсивного землеробства / за ред. В.М. Крутя. — К.: Урожай, 1986. — С. 24–41.
4. Орехівські В.Д., Щербаков В.Я., Січкарь В.І., Зорунько В.І., Кривенко А.І. та інші. Рекомендації з проведення сівби озимих культур за умов 2019 р. - ОДСДС НААН, 2019, 40 с.
5. Гордієнко В.П., Малієнко А.М., Грабак Н.Х. Прогресивні системи обробітку ґрунту. — Сімферополь, 1998. — 279 с.
6. Тарарико О.Г. Збереження родючості ґрунтового покриву — основа сталого розвитку агроекологічних систем. // Натураліст. — 1998. — №2. — С. 7–9.
7. Шикун М.К., Тарарико О.Г. Ерозія ґрунтів і ґрунтозахисне землеробство. — К.: Урожай, 1976. — 84 с.
8. Методика проведення польових дослідів з зерновими культурами. — К.: ІААН, 2018. — 112 с.
9. Українська аграрна академія наук. Методичні рекомендації з удобрення озимого ячменю. — К., 2020.
10. Петриченко В.Ф. Система удобрення озимого ячменю. — К.: Аграрна наука, 2019. — 180 с.
11. Литвиненко М.А. Озимий ячмінь: селекція та технологія вирощування. — Харків: Магнолія, 2019. — 340 с.
12. Бабич А.О. Озимий ячмінь: біологія, технологія вирощування. — К.: Аграрна наука, 2020. — 320 с.

13. Носко Б.О. Агрохімія. — К.: Вища освіта, 2020. — 400 с.
14. Чайка В.М. Агрохімія та удобрення рослин. — К.: Вища освіта, 2019. — 360 с.
15. Коваленко Л.М. Біопрепарати в системі живлення рослин. — К.: Логос, 2021. — 198 с.
16. Тищенко О.В. Вплив біопрепаратів на продуктивність озимого ячменю. // Аграрний вісник. — 2022. — №4. — С. 33–39.
17. Кравченко В.О. Вплив азотних добрив на продуктивність озимого ячменю. // Вісник аграрної науки. — 2022. — №3. — С. 45–52.
18. ДСТУ 4964:2008. Ячмінь. Технічні умови. — К.: Держспоживстандарт України, 2008.
19. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. — К.: Держспоживстандарт України, 2019.
20. Державна служба статистики України. Сільське господарство України: статистичний збірник. — К., 2023. — <https://www.ukrstat.gov.ua>
21. Ляшенко, В. В., Карасенко, В. М., Кракотець, С. І. Вплив системи обробітку ґрунту та попередників на урожайність і якість зерна пшениці озимої . *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2021, №4, с. 64-70.
22. Горбатенко А. І., Горобець А. Г., Цилюрик О. І. Вплив способів основного обробітку чистого пару на агрофізичний стан ґрунту і урожайність озимої пшениці. URL: <https://www.institut-zerna.com/library/pdf38/8.pdf> (Дата звернення 05.08.2022)
23. Цвей Я.П., Мирошніченко М.С., Левченко Л.М. Залежність урожайності озимої пшениці від системи удобрення й обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмiнах. *Таврійський науковий вісник*. 2019, № 110. Ч.1.с. 200-206.
24. Танчик С.П., Центило Л.В., ЦюкО.А. Вплив удобрення та обробітку ґрунту на врожайність культур сівозміни. *Вісник аграрної науки*. 2019, №8 (797). С.11-16
25. Цилюрик О.І. Вплив систем основного обробітку ґрунту та

удобрення на урожайність парової пшениці озимої в Північному Степу України. *Зернові культури*. Т. 3. № 1. 2019. С. 110–119

26. Рибка В. С. Нормативи витрат та основні аспекти формування конкурентоспроможного рівня виробництва зернових культур в степовому регіоні України / В. С. Рибка, та ін.. // Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. 2005. № 23–24. С. 85–88.

27. Каталог сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. СГІ-НЦНС, Одеса. 2024. 132с.

28. Мартинюк І. В., Єщенко В.О., Карнаух О.Б., Каричковський Д.Л. Умови вологозабезпечення рослин при мінімалізації обробітку ґрунту під просапні культури в районах нестійкого зволоження Лісостепової зони. Вісник аграрної науки південного регіону. –2001. Випуск № 2. С. 156 – 159.

29. Вахній С. П., Скалига О.С. Зміна деяких властивостей чорнозему типового та урожайність культур за різних систем обробітку ґрунту в плодозмінній сівозміні центрального Лісостепу України. Вісник Білоцерківського державного аграрного університету. Вип. 30. Біла Церква. 2004. С. 26 – 31.

30. Гамаюнова В. В., Філіп'єв І. Д., Сидякіна О. В. Сучасний стан та проблеми родючості ґрунтів південного регіону України. Таврійський науковий вісник. Херсон: Айлант, 2005. Вип. 40. С. 130–135.

31. Гамаюнова В. В., Литовченко А. О. Особливості водоспоживання пшениці озимої залежно від сортів, місця в сівозміні та удобрення в Південному Степу України. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2017. № 2 (44). С. 17–21.

32. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво: навч. посіб. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.

33. Основні рекомендації щодо сівби озимого ячменю та догляду за його посівами / А. І. Шевченко та ін. Агроном. 2003. № 8. С. 80–82

34. Лінчевський А. А. Сорти ячменю, проблеми виробництва і шляхи їх вирішення в сучасних умовах. Посібник українського хлібороба. 2012. Т. 2. С. 198–201.
35. Syngenta Україна. Біопрепарат «Віксеран»: інструкція із застосування. – Режим доступу: <https://www.syngenta.ua/product/biopreparaty/vikseran>
36. Syngenta Україна. Міравіс® Ейс: технічний опис. – Режим доступу: <https://www.syngenta.ua/product/fungicidy/myravis-ace>
37. Syngenta Україна. Енжіо®: інструкція із застосування. – Режим доступу: <https://www.syngenta.ua/product/insektitsydy/engio>
38. Syngenta Україна. Гербіцид Дербі®: рекомендації щодо використання. – Режим доступу: <https://www.syngenta.ua/product/herbitsydy/derbi>
39. Руденко В. А. Порівняльна продуктивність зимуючих і ярих сортотипів гороху залежно від норми висіву у південному степу України : Дисертація. Одеса, 2023. 195 с.
40. Пилипенко І. В. Насінництво ячменю: навч. посіб. Київ: Аграрна наука, 2016. 200 с.
41. Пилипенко І. В. Технологічні карти вирощування ячменю: навч. посіб. Київ: НУБіП, 2021. 160 с.
42. Бабич А. О., Петриченко В. Ф. Живлення і продуктивність ячменю: монографія. Київ: Аграрна наука, 2018. 240 с.
43. Литвиненко М. А., Левченко І. В. Сортова агротехніка ячменю: навч. посіб. Харків: Магнолія, 2021. 210 с.
44. Гудзенко В. М., Кіриченко В. В. Озимі культури: практика вирощування: навч. посіб. Херсон: Олді-плюс, 2019. 260 с.
45. Розумний Ю. С. Механізація технологій вирощування зернових: підручник. Київ: Аграрна техніка, 2016. 320 с.
46. Назаренко І. А. Поживні режими ґрунту у сівозмінах Степу: монографія. Київ: ІААН, 2016. 200 с.

47. Романюк С. М. Економіка зерновиробництва: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2021. 256 с.
48. Копитко В. І. Економіка сільського господарства: підручник. Київ: КНЕУ, 2018. 368 с.
49. Ткаченко В. Г. Організація і планування аграрного виробництва: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2019. 312 с.
50. Сич О. В. Економічний аналіз аграрних проектів: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2020. 280 с.
51. Кузьменко О. М. Моніторинг якості зерна: навч. посіб. Київ: НААН, 2019. 96 с.
52. Лихочвор В. В. Технологія виробництва зерна: підручник. Львів: Українські технології, 2012. 480 с.
53. Бабич А. О. Технологія зберігання та доробки зерна: підручник. Київ: Аграрна наука, 2017. 300 с.
54. Кобзар Б. П. Агроекономічні розрахунки в рослинництві: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2020. 220 с.
55. Кравченко В. О. Зернові культури України: навч. посіб. Київ: Аграрна освіта, 2020. 360 с.
56. Гладун В. І. Технологія вирощування ячменю в умовах Степу: навч. посіб. Дніпро: Аграрна освіта, 2018. 220 с.

## РЕФЕРАТ

### **Курдогло А.В. : ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОПРЕПАРАТУ ВІКСЕРАН В ОПТИМІЗАЦІЇ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО**

Спеціальність 201 «Агрономія», другий (магістерський) рівень вищої освіти, Одеський державний аграрний університет, 2025.

**ВСТУП.** Озимий ячмінь є однією з провідних зернових культур у структурі посівів Південного Степу України. Він забезпечує стабільне виробництво фуражного та продовольчого зерна, що має велике значення для тваринництва та харчової промисловості. В умовах зміни клімату, коли спостерігається дефіцит вологи, підвищення температури та нерівномірність опадів, оптимізація технології вирощування озимого ячменю набуває особливого значення. Одним з ключових факторів формування врожаю є азотне живлення, яке впливає на ріст, розвиток рослин, формування елементів структури врожаю та якість зерна.

Традиційні системи удобрення потребують удосконалення, оскільки надмірне використання мінеральних добрив призводить до збільшення собівартості продукції та негативного впливу на навколишнє середовище. У цьому контексті перспективним напрямком є використання біологічних препаратів, здатних фіксувати атмосферний азот та підвищувати ефективність використання мінеральних добрив. Біологічний препарат Віксеран, що містить азотфіксуючі бактерії, сприяє покращенню азотного живлення рослин, зниженню витрат на добрива та підвищенню екологічної безпеки технології.

Незважаючи на позитивні результати використання біологічних препаратів у вирощуванні різних сільськогосподарських культур, питання ефективності використання препарату «Віксеран» саме в технології вирощування озимого ячменю в умовах південного Степу України вивчено недостатньо. Це зумовлює необхідність проведення досліджень, спрямованих на визначення впливу цього препарату на азотне живлення, врожайність та якість зерна озимого ячменю .

**Об'єкт та предмет дослідження.** Об'єктом дослідження є технологія вирощування озимого ячменю в умовах Південного Степу України.

Предметом дослідження є вплив рівня азотного живлення та біологічного препарату Віксеран на продуктивність, якість зерна та економічну ефективність вирощування озимого ячменю сорту «Девятий вал».

Ступінь вивченості теми. Проблема оптимізації азотного живлення озимого ячменю широко висвітлена в роботах українських та зарубіжних вчених (А.О. Бабич, В.Ф. Петриченко, М.А. Литвиненко та ін.). Дослідження підтверджують, що азот є основним поживним елементом, який визначає рівень врожайності та якість зерна. Однак комплексні дослідження, що поєднують використання біологічних препаратів з різним рівнем азоту та оцінюють економічну ефективність технології в умовах Південного Степу, залишаються недостатньо розробленими. Це визначає актуальність даної роботи.

**Мета та завдання дослідження.** Метою роботи є встановлення оптимального поєднання азотного живлення та біологічного препарату Віксеран для підвищення врожайності, якості зерна та економічної ефективності вирощування озимого ячменю сорту «Девятий вал».

**Завдання дослідження:**

Проаналізувати сучасний стан питання використання біологічних препаратів для оптимізації азотного живлення зернових культур.

Дослідити вплив біологічного препарату «Віксеран» на динаміку азоту в ґрунті та рослинах озимого ячменю.

Оцінити вплив препарату на ріст, розвиток, врожайність та якість зерна озимого ячменю.

Визначити економічну ефективність використання біопрепарату у виробничих умовах.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше в умовах Південного Степу України проводиться агроєкономічна оцінка системи живлення ячменю

озимого сорту Дев'ятий вал, що включає використання азотних добрив на фоні використання біопрепарату Віксеран.

**Практичне значення одержаних результатів.** На підставі проведених досліджень виробництву рекомендовано найбільш ефективна система живлення яка забезпечує більш ефективне використання азотних добрив на посівах ячменю озимого сорту Дев'ятий вал.

Результати досліджень будуть застосовуватися в технології вирощування ячменю озимого в господарствах Одеської області.

**Особистий внесок здобувача.** Здобувач особисто проаналізував, узагальнив відкритого доступу наукові публікації із напрямку досліджень, приймав участь у закладенні досліду. Автор проводив польові, лабораторні дослідження, під науковим керівництвом провів теоретичне обґрунтування одержаних даних, узагальнив їх у висновках та пропозиціях.

**Апробація результатів досліджень.** Результати даного наукового дослідження обговорені на студентській науково-практичній конференції «Інновації в агрономії-інструмент на шляху до сталого розвитку», яка відбулась 10 грудня 2025 р. За результатами конференції були опубліковані тези «Ефективність біопрепарату Віксеран в оптимізації азотного живлення ячменю озимого».

**Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.** Робота складається з анотації, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел із 56 найменувань. Загальний обсяг становить 66 сторінок комп'ютерного тексту, основний зміст викладено на 57 сторінках. Кваліфікаційна робота містить 10 таблиць та 5 рисунків.

**ВИСНОВКИ.** Результати проведених наукових досліджень, дозволяють нам зробити попередні висновки:

Агрокліматичні умови Південного Степу України суттєво впливають на технологію вирощування озимого ячменю. Аналіз водного режиму показав, що початкові запаси вологи після чистої пари забезпечують дружні сходи та хороший розвиток рослин восени, але весняно-літній дефіцит вологи обмежує

реалізацію потенціалу культури, особливо за високих доз азоту. Це підтверджує необхідність оптимізації термінів та норм внесення добрив для зниження ризику стресу.

Динаміка вмісту азоту в ґрунті та рослинах показала, що без підживлення у фазі трубкування рослини відчувають азотне голодування, що негативно впливає на формування генеративних органів. Внесення аміачної селітри в дозах 40–80 кг д.р./га забезпечує стабільне азотне живлення, а використання біологічного препарату Віксеран посилює ефект завдяки біологічній фіксації атмосферного азоту.

Лінійний ріст рослин відбувався нерівномірно: найбільший приріст висоти спостерігався у фазі прапорцевого листка та колосіння. У фазі трубки всі варіанти мали приблизно однакову висоту (близько 60 см), а різниця з'явилася після формування прапорцевого листка, що свідчить про вплив азотного живлення на інтенсивність росту в критичні періоди. Максимальна висота (90 см) зафіксована у варіанті  $N_{80}$  + Віксеран.

Елементи структури врожаю (густота колосіння, кількість зерен у колосі, маса 1000 зерен) суттєво залежали від рівня азоту та застосування Віксерану. Найвищі показники отримані у варіанті  $N_{80}$  + Віксеран: густота колосіння - 82 шт./м<sup>2</sup>, кількість зерен у колосі - 59 шт., маса 1000 зерен - 40 г. Це підтверджує, що поєднання мінерального та біологічного азоту створює оптимальні умови для формування продуктивних стебел та наливу зерна.

Якість зерна змінилася під впливом технологічних факторів: вміст білка збільшився з 11,3% у контролі до 13,3% у варіанті  $N_{80}$  + Віксеран, характер залишався стабільним (64–65 г/л). Це свідчить про те, що азотне живлення та біопрепарат мають визначальне значення для формування білкової цінності зерна, що відкриває можливість отримання бонусів при продажу продукції на спеціалізовані ринки.

Урожайність озимого ячменю залежала від рівня азотного живлення та використання біопрепарату. Найнижчий показник отримано в контролі – 5,03 т/га, а найвищий – 5,57 т/га у варіанті  $N_{80}$  + Віксеран. Приріст урожайності зі

збільшенням дози азоту з 40 до 80 кг/га становив близько 0,2 т/га, а додавання Віксерану забезпечило додатковий приріст на 0,06–0,08 т/га.

Економічний аналіз показав, що всі варіанти технології є вигідними за базової ціни 6000 грн/т. Найвищий чистий дохід отримано в контролі (17,8 тис. грн/га) завдяки мінімальним витратам, але оптимальний баланс «врожайність-витрати-ризик» забезпечується варіантом  $N_{40}$  (рентабельність понад 100%). Використання Віксерану підвищує якість зерна та, за наявності премії (+300...+500 грн/т), робить комбінацію  $N_{40}$  + Віксеран економічно конкурентоспроможною. Високий азотний фон ( $N_{80}$ ) доцільний лише за умов високих цін або гарантованих премій, інакше рентабельність знижується до 62–69%.

**ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.** При вирощуванні озимого ячменю в зоні Південного степу України пропонуємо використовувати середній рівень азотного фону ( $N_{40}$ ) як базову технологію, що забезпечує найкращий баланс між витратами, врожайністю та рентабельністю. Внесення азоту слід проводити у фазі трубкування (ВВСН 31–34), яка є критичним періодом для формування генеративних органів.

Препарат Віксеран доцільно використовувати у поєднанні з азотними добривами для збільшення вмісту білка в зерні та стабілізації основної маси.