

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

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

освітнього ступеня – МАГІСТР

на тему: **«Оптимізація системи удобрення кукурудзи на зерно на чорноземі  
опідзоленому Західного Лісостепу України»**

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

**БАБ'ЯК ВІТАЛІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ**

Керівник: **Оксана ГАСЬКЕВИЧ**

Рецензент: \_\_\_\_\_

Дубляни 2025 року

Міністерство освіти і науки України

Львівський національний університет ветеринарної медицини та  
біотехнологій ім. с. Гжицького

Факультет агротехнологій та охорони довкілля

Кафедра агрохімії та ґрунтознавства

Освітній ступінь "магістр"

Спеціальність 201 "Агрономія"

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

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

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту **Баб'яку Віталію Володимировичу**

1. Тема роботи: «Оптимізація системи удобрення кукурудзи на зерно на чорноземі опідзоленому Західного Лісостепу України»

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

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

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 1 грудня 2025 року

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи: Системи удобрення ярого ячменю: 1 – контроль (без внесення добрив); 2 –  $N_{90}P_{60}K_{60}$ ; 3 –  $N_{90}P_{60}K_{60}$  + мікродобриво HelMix; 4 –  $N_{140}P_{90}K_{90}$ ; 5 –  $N_{140}P_{90}K_{90}$  + HelMix. Вплив мінерального живлення на вміст поживних елементів у ґрунті, продуктивність культури. Ґрунт – чорнозем опідзолений, ґрунтово-кліматична зона – Лісостеп.

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

*Вступ*

*Розділ 1. Огляд літератури*

*Розділ 2. Умови, вихідний матеріал і методика досліджень*

*Розділ 3. Результати досліджень*

*Розділ 4. Охорона праці та захист населення*

*Розділ 5 Охорона навколишнього природного середовища*

*Висновки і пропозиції виробництва*

*Бібліографічний список.*

*Додатки*

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

1. Ілюстративні таблиці за результатами досліджень в основній частині роботи (9 шт.) і в додатках (2 шт.)  
2. Рисунки гідротермічних умов дослідження (4 шт.), динаміки досліджуваних показників (10).

6. Консультанти з розділів роботи:

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

7. Дата видачі завдання 20 вересня 2024 р.

Календарний план

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                                                                                | Строк виконання етапів  | Відмітка про виконання |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1     | Вивчення впливу удобрення кукурудзи на властивості чорнозему опідзоленого та продуктивність кукурудзи в умовах Волинської області. | 03.2024 – 10.2025       |                        |
| 2     | Написання розділу 1. Огляд літератури                                                                                              | до 02.2025              |                        |
| 3     | Написання розділу 2. Умови та методика проведення досліджень                                                                       | 01.02.2025- 01.04.2025  |                        |
| 4     | Написання розділу 3. Результати досліджень                                                                                         | 01.04.2025- 01.10.2025  |                        |
| 5     | Написання розділу 4. Охорона праці та захист населення.                                                                            | 01.10.2025 – 31.10.2025 |                        |
| 6     | Написання розділу 5. Охорона навколишнього природного середовища. Формування висновків, бібліографічного списку, додатків.         | 01.11.2025- 01.12.2025  |                        |

Студент

Віталій БАБ'ЯК  
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи

Оксана ГАСЬКЕВИЧ  
(підпис)

**Оптимізація системи удобрення кукурудзи на зерно на чорноземі опідзоленому Західного Лісостепу України. Баб'як В. В.** Кваліфікаційна робота. Кафедра агрохімії та ґрунтознавства. Дубляни, ЛНУВМБ ім. С. Гжицького, 2025.

**81 с. текст. част., 9 табл., 14 рис., 73 джерел**

Вплив мінеральних добрив та мікродобрив на продуктивність кукурудзи вивчали на чорноземі опідзоленому в умовах Лісостепової зони України у 2024–2025 рр. Схема досліду передбачала такі варіанти: 1 – контроль (без внесення добрив); 2 –  $N_{90}P_{60}K_{60}$ ; 3 –  $N_{90}P_{60}K_{60}$  + мікродобриво HelMix; 4 –  $N_{140}P_{90}K_{90}$ ; 5 –  $N_{140}P_{90}K_{90}$  + HelMix.

За результатами проведеного досліду встановлено, що мінеральні добрива у поєднанні з препаратом HelMix оптимізують умови живлення рослин кукурудзи та позитивно впливають на їхній ріст та розвиток впродовж вегетаційного періоду. За внесення  $N_{140}P_{90}K_{90}$  + HelMix у досліді простежувалося найкраще виживання рослин (91,9%) та найвища густина рослин перед збиранням врожаю (5,86 шт. /м<sup>2</sup>). Поєднання препарату HelMix з нормою удобрення  $N_{140}P_{90}K_{90}$  забезпечило найкращі показники довжини качана (22,4 см), кількості рядів зерен (18,6 шт.), кількості зерен в ряді (31,0 шт.), маси 1000 зерен (305 г). Поєднання добрив та препарату HelMix забезпечило найвищу врожайність зерна кукурудзи (8,77 т/га) з високим вмістом білка (10,6%). Збір білка та крохмалю з 1 га у цьому випадку також найбільший (1,17 та 7,75 т/га).

Найбільш рентабельним у досліді було внесення мінеральних добрив у кількості  $N_{140}P_{90}K_{90}$  та підживлення препаратом з мікроелементами HelMix – показник рентабельності сягнув 125,3%, чистий прибуток був найвищий – 55260 грн/га, коефіцієнт енергетичної ефективності – 3,17.

## ЗМІСТ

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП.....</b>                                                                   | <b>6</b>  |
| <b>Розділ 1. ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА</b>                                    |           |
| <b>ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ (огляд літератури) .....</b>                            | <b>8</b>  |
| 1.1 Кукурудза як важлива складова зернового ринку України.....                      | 8         |
| 1.2 Морфологічна будова та біологічні особливості кукурудзи.....                    | 12        |
| 1.3 Технологія вирощування кукурудзи .....                                          | 16        |
| 1.4 Вплив удобрення на продуктивність кукурудзи                                     | 20        |
| <b>Розділ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА ТА УМОВИ</b>                               |           |
| <b>ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДУ .....</b>                                                     | <b>23</b> |
| 2.1 Природні умови та ґрунтовий покрив території досліджень .....                   | 23        |
| 2.2 Кліматичні особливості та погодні умови періоду досліджень .....                | 24        |
| 2.3 Методика проведення дослідів .....                                              | 27        |
| 2.4 Агротехніка вирощування та характеристика гібриду кукурудзи                     | 28        |
| <b>Розділ 3. ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ НОРМ</b>                            |           |
| <b>УДОБРЕННЯ .....</b>                                                              | <b>30</b> |
| 3.1 Морфогенетичні особливості та фізичний стан чорнозему<br>опідзоленого .....     | 30        |
| 3.2 Фізико-хімічні властивості чорнозему опідзоленого .....                         | 32        |
| 3.3 Вплив удобрення кукурудзи на поживний режим чорнозему<br>опідзоленого .....     | 34        |
| 3.4 Ріст і розвиток рослин залежно від рівня мінерального живлення ...              | 38        |
| 3.5 Вплив удобрення на елементи структури врожаю кукурудзи .....                    | 42        |
| 3.6 Вплив удобрення на врожайність кукурудзи .....                                  | 46        |
| 3.7 Якість зерна кукурудзи за різних норм удобрення .....                           | 49        |
| 3.8 Економічна та енергетична ефективність мінерального живлення<br>кукурудзи ..... | 51        |
| <b>Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ .....</b>                            | <b>54</b> |
| 4.1 Аналіз стану охорони праці у господарстві .....                                 | 54        |

|                                                                                                    |                                                                                              |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2                                                                                                | Покращення гігієни праці, пожежної безпеки і техніки безпеки при вирощуванні кукурудзи ..... | 55        |
| 4.3                                                                                                | Захист населення у надзвичайних ситуаціях .....                                              | 57        |
| <b>Розділ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....</b>                                            |                                                                                              | <b>59</b> |
| 5.1                                                                                                | Охорона ґрунтового покриву.....                                                              | 59        |
| 5.2                                                                                                | Стан водних ресурсів .....                                                                   | 60        |
| 5.3                                                                                                | Охорона атмосферного повітря .....                                                           | 61        |
| 5.4                                                                                                | Охорона та примноження біорозмаїття .....                                                    | 62        |
| <b>Висновки і пропозиції виробництву .....</b>                                                     |                                                                                              | <b>64</b> |
| <b>Бібліографічний список.....</b>                                                                 |                                                                                              | <b>66</b> |
| <b>Додатки.....</b>                                                                                |                                                                                              | <b>73</b> |
| Додаток А. Технологічна карта вирощування кукурудзи .....                                          |                                                                                              | 74        |
| Додаток Б. Гранулометричний склад чорнозему опідзоленого .....                                     |                                                                                              | 76        |
| Додаток В.1. Статистичне опрацювання результатів досліджень урожаю зерна кукурудзи за 2024 р. .... |                                                                                              | 77        |
| Додаток В.2. Статистичне опрацювання результатів досліджень урожаю зерна кукурудзи 2025 р. ....    |                                                                                              | 78        |
| Додаток Г. Ксерокопія тез доповіді на конференції «Горизонти ґрунтознавства» .....                 |                                                                                              | 79        |

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Кукурудза (*Zea mays* L.) відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої, кормової та енергетичної безпеки як у масштабах України, так і світу. В Україні цією культурою зайняті значні площі особливо у зонах Лісостепу та Степу. Її висока врожайність, універсальність використання і здатність ефективно реагувати на поліпшення умов живлення роблять кукурудзу стратегічною культурою сучасного землеробства. Проте, попри досягнення аграрної науки, проблема оптимізації живлення кукурудзи, особливо на чорноземах опідзолених, залишається актуальною через значну просторову мінливість ґрунтових умов, кліматичні коливання та необхідність збереження родючості ґрунтів у тривалій перспективі.

Оптимізація живлення кукурудзи на чорноземах опідзолених має важливе значення для підвищення ефективності використання елементів живлення, формування високих і стабільних врожаїв та покращення якісних показників зерна. попри високий природний потенціал родючості чорноземів, внаслідок інтенсивного агрогенного використання виробники з часом стикаються з проблемами дефіциту поживних елементів, порушення балансу гумусу, погіршенням фізичного стану ґрунтів тощо. Сучасні кліматичні умови, часті посухи та нестійкий водний режим додатково ускладнюють засвоєння поживних речовин. Тому актуальним завданням є розроблення науково обґрунтованих систем удобрення, які забезпечують не лише підвищення продуктивності кукурудзи, а й підтримання екологічної рівноваги агроєкосистем.

**Мета дослідження** – встановити вплив різних систем удобрення на врожайність, якість зерна та показники родючості чорнозему опідзоленого при вирощуванні кукурудзи гібриду Скорпіус, а також визначити оптимальні умови живлення для досягнення максимальної енергетичної та економічної ефективності виробництва. Завдання дослідження:

оцінити вихідний агрохімічний стан чорнозему опідзоленого перед закладанням досліду;

визначити динаміку змін поживного режиму в орному шарі під впливом різних варіантів удобрення;

дослідити елементи структури врожаю та їх зв'язок з умовами живлення, оцінити вплив норм добрив на загальну врожайність кукурудзи;

проаналізувати якісні показники зерна кукурудзи залежно від норм добрив і застосування мікроелементних препаратів;

провести розрахунок економічної та енергетичної ефективності технологій вирощування кукурудзи та встановити оптимальну норму добрив;

**Об'єкт дослідження** – процес росту, розвитку та формування врожайності кукурудзи гібриду Скорпіус за різних умов живлення.

**Предмет дослідження** – вплив систем удобрення на агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого, продуктивність і якість зерна кукурудзи.

**Методи дослідження.** Для досліджень використовували польові, лабораторні, розрахунково-аналітичні та статистичні методи. Статистичну обробку даних проводили з метою визначення достовірності отриманих результатів.

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає у визначенні закономірностей зміни поживного режиму чорнозему опідзоленого під впливом різних систем удобрення кукурудзи та встановленні взаємозв'язку між інтенсивністю живлення, елементами структури врожаю і якісними показниками зерна. Вперше для гібриду Скорпіус отримано експериментальні дані щодо ефективності застосування мікроелементних препаратів у поєднанні з основним удобренням.

**Практичне значення результатів** полягає у можливості використання отриманих даних для вдосконалення системи удобрення кукурудзи в умовах чорноземів опідзолених, підвищення ефективності використання добрив, зменшення негативного впливу на довкілля та забезпечення стабільного рівня урожайності й прибутковості виробництва. Отримані результати можуть бути використані у навчальному процесі аграрних закладів освіти, у роботі фермерських та сільськогосподарських підприємств при розробленні ресурсозберігаючих технологій вирощування кукурудзи.



## РОЗДІЛ 1

### ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ (огляд літератури)

#### 1.1. Кукурудза як важлива складова зернового ринку України

Кукурудза (*Zea mays* L.) – належить до найважливіших зернових культур як у світі, так і в Україні. Вона має надзвичайно важливе економічне, соціальне й екологічне значення, яке важко переоцінити, оскільки використовується у харчовому раціоні людини, як корм для худоби, сировина для промислової переробки, а в деяких країнах – для виробництва біоетанолу (наприклад, у США, Бразилії, Китаї, країнах ЄС).

Кукурудза, поряд з такими зерновими культурами як пшениця та ячмінь, відіграє ключову роль у підтриманні продовольчої безпеки, формуванні сировинної бази для тваринництва, переробної промисловості та для нашої держави є важливою статтею експорту. Вона використовується на зерно, силос, зелений корм для годівлі тварин, а також у виробництві кукурудзяного крохмалю, олії, спиртів тощо. Для фермерів і аграрних підприємств кукурудза – це культура з відносно високою рентабельністю, за умови що виробники дотримуються агротехнологій, мають добрі ґрунти й достатнє зволоження. У контексті України визначальною є роль цієї сільськогосподарської культури у структурі зовнішньої торгівлі: країна традиційно експортує значну частку виробленої кукурудзи, що забезпечує валютні надходження. Також вирощування кукурудзи сприяє створенню робочих місць на агропідприємствах, стимулює інвестиції в насінництво, техніку та логістику, сприяє розвитку аграрного виробництва в регіонах.

В ЄС майже весь біоетанол виробляється з зернових культур та похідних цукрових буряків. Кукурудза для виробництва біоетанолу особливо цінується в Угорщині та Польщі. Кукурудза також є найпопулярнішою зерновою культурою в Нідерландах, Іспанії, відповідно тут її також використовують для потреб біоенергетики. Останніми роками зросла популярність біопалива у Бельгії, де більшість заводів з виробництва етанолу розташовані в морських портах, а

кукурудза постачається з третіх країн [57]. Через широке використання генетично модифікованих (ГМ) сортів кукурудзи в Аргентині та США ці джерела не є пріоритетними, і кукурудза в основному імпортується з України та Бразилії. Існує стимул використовувати кукурудзу, яка не є генетично модифікованою, оскільки виробники етанолу в північно-західній Європі вважають за краще продавати сухі зернові відходи для внутрішнього ринку кормів. У 2024 році було прогнозовано збільшення використання кукурудзи за рахунок зниження попиту на пшеницю, оскільки прибуток від використання кукурудзи як сировини, є вищим, ніж від пшениці. Збільшення використання кукурудзи прогнозується переважно в Польщі та Бельгії. У Польщі надходження на ринок української кукурудзи у значній кількості, за повідомленнями, було одним із факторів, що вплинули на рішення про введення E10, яке, на думку представників галузі, сприятиме збільшенню виробництва біоетанолу і, як наслідок, збільшенню річної потреби в 500 000 тон кукурудзи як сировини. Основний виробник у Бельгії майже подвоїв свої виробничі потужності (до близько 285 млн л) і перейшов на виробництво палива з кукурудзи.

У світі посівні площі кукурудзи мають значне поширення та розташовані у різних кліматичних зонах, особливо в помірному й тропічному поясах. Найбільшими виробниками зерна кукурудзи у світі є США, Китай, Бразилія, Аргентина, Індія. США традиційно займають провідне місце як за площами, так і за обсягом виробництва.

За міжнародними оцінками, загальна світова площа під кукурудзою становила приблизно 205 млн гектарів у 2024 році, з виробництвом зерна на рівні 1,3–1,4 млрд тонн [59, 62]. Середня світова врожайність – близько 5,9 т/га, з піковими показниками в окремих країнах, де агротехнології, ґрунти й клімат дозволяють досягати й вищих рівнів [71]. Впродовж окремих періодів виробництво кукурудзи зростало швидше, ніж площі, засіяні під культуру: наприклад, з 1990 до 2013 року виробництво зросло більш ніж удвічі, тоді як площі збільшились приблизно на 40–45% (табл. 1.1). Це підтверджує, що головним чинником зростання валового виробництва зерна є підвищення

врожайності шляхом поліпшення сортів, технологій, систем зрошення тощо. У прогнозі на наступне десятиліття (до 2034–2035 рр.) очікується подальше зростання глобального виробництва кукурудзи приблизно на 188 млн тонн порівняно з базовим періодом, збільшення площ – набагато менше, і основне зростання буде відбуватися шляхом підвищення врожайності [62]. це ще раз підтверджує актуальність досліджень, спрямованих на оптимізацію технології вирощування кукурудзи, впровадження кращих систем удобрення, захисту рослин.

**Таблиця 1.1 – Порівняння показників виробництва кукурудзи світу (у чисельнику) та України (у знаменнику) [71]**

| Показник                 | 2007                | 2010                | 2013                | 2015                 | 2018                | 2019                | 2020                |
|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Обсяг споживання, млн т  | $\frac{797,8}{7,4}$ | $\frac{845,8}{7,9}$ | $\frac{1019}{14,3}$ | $\frac{1048}{4,3}$   | $\frac{1102}{14,4}$ | $\frac{1128}{3,7}$  | $\frac{1143}{2,4}$  |
| Обсяг виробництва, млн т | $\frac{203}{7,4}$   | $\frac{236}{12}$    | $\frac{325}{30,9}$  | $\frac{290,5}{23,3}$ | $\frac{332}{35,8}$  | $\frac{319}{35,9}$  | $\frac{315}{30,3}$  |
| Площі посіву, млн. га    | $\frac{159,6}{1,9}$ | $\frac{165,5}{2,6}$ | $\frac{187,4}{4,8}$ | $\frac{191}{4,0}$    | $\frac{194,8}{4,5}$ | $\frac{195,6}{4,9}$ | $\frac{199,6}{5,3}$ |
| Врожайність, т/га        | $\frac{5,0}{3,9}$   | $\frac{5,1}{4,5}$   | $\frac{5,4}{6,4}$   | $\frac{5,5}{5,7}$    | $\frac{5,7}{7,8}$   | $\frac{5,8}{7,1}$   | $\frac{5,7}{5,6}$   |

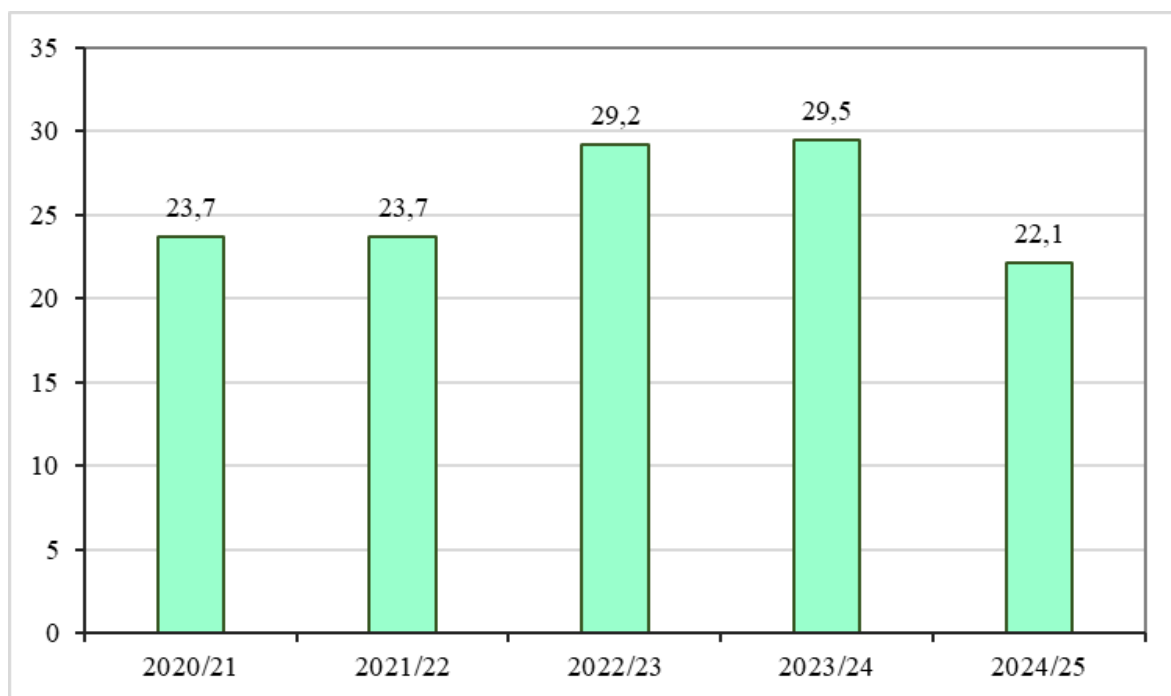
В Україні кукурудза культивується у великому масштабі: в центральних, південних, західних регіонах. Площі, зайняті під кукурудзою, залежно від року, кліматичних умов та зовнішніх факторів (наприклад, військових дій, дефіциту ресурсів, цін на продукцію у попередньому році) можуть істотно змінюватися.

Відповідно до статистичних даних, у 2023–2024 маркетинговому році (МР) площа посівів кукурудзи в Україні склала близько 4,0 млн гектарів [69, 72]. У 2024/25 році простежувалося відносне зниження площ порівняно з попереднім роком, приблизно на 2,5%, а порівняно з п'ятирічним середнім – на близько 18,5% [70]. Урожайність зерна кукурудзи в Україні в 2024/25 МР становила 6,5 т/га, що було приблизно на 16,6% нижче, ніж показник попереднього року й на

6% нижче середньої врожайності культури за останні п'ять років. Відповідно до зменшення посівних площ прогнозований обсяг виробництва кукурудзи у 2024/25 році фіксувався на рівні 26,1 млн тонн, що також менше, ніж у попередньому маркетинговому році і значно нижче п'ятирічного середнього. Для сезону 2025/26 аналітики прогнозують виробництво близько 31,3 млн тонн кукурудзи з врожайністю приблизно 6,96 т/га.

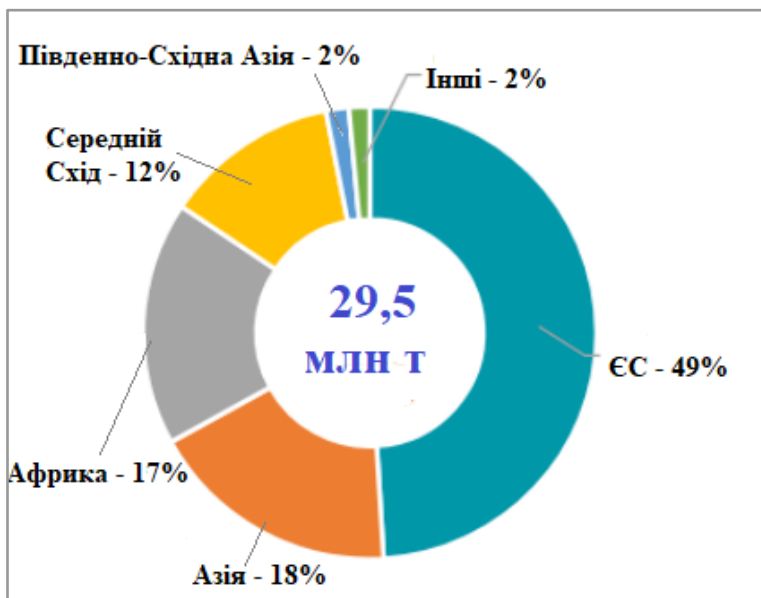
У 2023 році за даними при завершенні збору зернових і зернобобових культур, кукурудзу зібрано з площі приблизно 3 606 тис. га з середньою врожайністю 7,81 т/га, відповідно обсяг врожаю зерна склав понад 28,15 млн тонн [61].

Кукурудза є важливою статтею експорту української аграрної продукції. Зокрема, впродовж останніх років експортувалося 22,1–29,5 млн т (рис. 1.1). При цьому найбільшою величиною експорту була у 2023/24 МР, а найнижча – у 2024/25.



**Рисунок 1.1 – Експорт зерна кукурудзи Україною (млн т)**

Як показано на рисунку 1.2, основними споживачами зерна кукурудзи з України є країни Євросоюзу, на які сумарно припадає 49% експорту, значну кількість зерна також закуповують країни Азії та Африки.



**Рисунок 1.2 – Географія експорту зерна кукурудзи у 2024 р. [69]**

Зростання виробництва кукурудзи в Україні й світі зумовлене насамперед впровадженням високопродуктивних гібридів, покращенням агротехнологій (добрива, захист рослин, зрошення), сучасними практиками обробітку та відновлення ґрунту, а також оптимізацією агротехнічних строків і масштабуванням виробництва. З іншої сторони, кліматичні ризики (посуха, нерівномірні опади), зміни в економічних умовах (вартість пального, добрив, логістики), військова нестабільність у східних та південних регіонах України мають негативний вплив на площі й врожайність.

Отже, дослідження, спрямовані на покращення технологій вирощування кукурудзи, зокрема й оптимізація умов живлення, які забезпечать зростання врожайності культури при мінімізації витрат, є економічно виправданими та потрібними для сучасного виробника.

## **1.2. Морфологічна будова та біологічні особливості кукурудзи**

Морфологічна будова кукурудзи характеризується складною анатомо-фізіологічною організацією, що забезпечує високий потенціал продуктивності культури. Кукурудза належить до родини тонконогових (Poaceae) і є однодомною рослиною з різностатевими квітками, розташованими на окремих суцвіттях [15]. Надземна частина представлена потужним прямостоячим стеблом, яке складається з послідовно розташованих вузлів і міжвузлів, у

кожному з яких формується один листок. Стебло має циліндричну форму, в молодому віці заповнене серцевиною, і виконує функції механічної опори та транспортування води й поживних речовин [26]. Листки кукурудзи великі, лінійно-ланцетної форми, з добре розвиненою пластинкою й вираженим середнім жилком, що забезпечує механічну міцність. Вони розташовані у двох протилежних рядах, що сприяє ефективному перехопленню фотосинтетично активної радіації та раціональному газообміну в посіві [27].

Коренева система кукурудзи мичкувата, добре розвинена, проникає в ґрунт на глибину до 2–3 м і забезпечує рослину водою та поживними елементами. Розрізняють первинну (зародкову) та вторинну (вегетативну) кореневі системи. Повітряні (опорні) корені, що формуються у нижніх вузлах стебла, відіграють важливу роль у стійкості рослин до вилягання та водного дефіциту [15, 27].

Кукурудза є однодомною рослиною з роздільностатевими суцвіттями: чоловіче суцвіття (волоть) розташоване на верхівці стебла, тоді як жіноче (качан) формується у пазухах листків на бічних пагонах. Волоть складається з головної осі та численних гілочок, на яких розміщені двоквіткові колоски. Качан утворений потовщеним стрижнем, на якому розташовані жіночі квітки, укриті покривними лусками; після запилення з них формується зернівка – плід кукурудзи [26].

Зернівка складається з оболонки, ендосперму і зародка, у якому накопичуються поживні речовини, переважно у вигляді крохмалю. Поєднання потужного фотосинтетичного апарату, розвиненої кореневої системи та чіткої морфологічної диференціації генеративних органів є морфологічною основою високої врожайності культури [27].

Вирощування кукурудзи потребує певних агрофізичних та агрохімічних параметрів ґрунтового середовища. Оптимальними для її вирощування є добре розпушені та аеровані, водопроникні, структурні ґрунти, які забезпечують ефективний водно-повітряний режим для розвитку стрижневої кореневої системи, що проникає на глибину до 2,5–3 м [32]. Як під час проростання насіння, так у наступних етапах розвитку кукурудза потребує значної кількості кисню, який впливає на здатність кореневої системи засвоювати поживні

речовини. Для формування високого врожаю вміст кисню у ґрунті повинен становити не менше 18–20%, при зниженні його вмісту до 10% ріст коренів уповільнюється, а при 5% – припиняється упродовж вегетації [35]. В умовах дефіциту кисню корені поглинають його з окиснених сполук, що викликає появу нітратів у розчині й хлороз рослин, у результаті пригнічуються процеси біосинтезу та ріст кукурудзи. За гранулометричним складом найбільш придатними є легко- та середньосуглинкові ґрунти.

Оптимальна щільність орного шару ґрунту для кукурудзи повинна бути в межах 1,1–1,3 г/см<sup>3</sup>. Переущільнення, як і надмірне розпушення є не бажаними для вирощування культури. При зростанні щільності до 1,5 г/см<sup>3</sup> і вологості ґрунту вище 30% спостерігається погіршення газообміну у ґрунті та накопичення CO<sub>2</sub>, що пригнічує розвиток кореневої системи рослин.

Культура чутлива до реакції ґрунтового розчину, найкраще росте в межах слабокислого та нейтрального діапазону, а саме при рН 6,0–7,0, погано переносить підвищену кислотність [4]. В умовах сильнокислого середовища сповільнюється поглинання кальцію та фосфору, а також зростає ймовірність розвитку хвороб. Тому важливим заходом на кислих ґрунтах є вапнування. зниження рівня кислотності шляхом внесення вапна зменшує на 10 % ураження посівів кукурудзи гельмінтоспоріозом [32].

Щодо вмісту забезпечення ґрунту органічною речовиною, кукурудзу доцільно вирощувати на добре гумусованих ґрунтах, не рекомендовано висівати культуру на ґрунтах з вмістом гумусу менше ніж 1,2%. Загалом, висока родючість ґрунту, оптимальний рН та збалансоване мінеральне живлення є ключовими умовами для досягнення максимальної продуктивності кукурудзи.

Важливе значення для росту і розвитку рослин кукурудзи мають температурні показники. Кукурудза належить до теплолюбних культур та негативно реагує на зниження температури як під час проростання насіння, так і впродовж усього періоду розвитку. До початку формування качанів рослина кукурудзи має набрати суму температур у 700°C, а до цвітіння – 1200°C [26]. Розвиток кукурудзи в умовах, коли температура повітря дещо більша, ніж 10°C – повільний, а за 30–33°C – максимально швидкий. Непридатними для

виросування кукурудзи є території, де до середини літа температура підвищується лише до 19°C, а нічна температура не досягає 13°C [34]. Пізні весняні та ранні осінні заморозки значно сповільнюють період вегетації кукурудзи.

У часі тривалих спостережень отримано висновок, що коливання термічних показників можуть спричиняти до 30% зниження врожаю зерна кукурудзи. Оскільки погодні умови важко прогнозувати, їх негативний вплив на рослини слід пом'якшувати агротехнічними заходами.

Сонячна радіація є ключовим чинником, що визначає інтенсивність фотосинтезу, нагромадження та транспортування асимілятів, формування морфологічних органів рослин, рівень транспірації та загальну урожайність сільськогосподарських культур. Попередні дослідження довели, що продуктивність біомаси кукурудзи перебуває в прямій залежності від кількості фотосинтетично активної радіації, перехопленої листковим апаратом рослин. Затінення рослин може спричиняти від 20 до 60% зниження врожаю.

Важливим чинником формування врожаю є достатнє забезпечення рослин вологою. За вимогою до водного режиму ґрунту кукурудза належить до ряду мезофітів. Оптимальними умовами можна вважати такі, коли за сприятливого температурного режиму річна сума опадів становить не менше 400 мм, з яких 300 мм припадає на вегетаційний період. Гідротермічний коефіцієнт повинен дещо перевищувати 1,0 [16]. Мінімальна кількість вологи за вегетаційний період повинна становити більше 200 мм [53], а додатковий 1 мм опадів дає можливість одержати 20 кг зерна на 1 га [26]. Її рослини можуть витримувати тимчасовий дефіцит вологи в ґрунті та зниження відносної вологості повітря, особливо до утворення генеративних органів. Потреба кукурудзи у воді істотно зростає після утворення десятого листка з комірцем – дефіцит вологи негативно впливає на формування структурних компонентів урожаю, зокрема зменшує кількість і масу зернин. Найінтенсивніше водоспоживання відбувається в період від завершення вегетативного росту до початку наливання зерна. На цій стадії вегетаційного циклу посуха спричиняє зменшення урожайності переважно через скорочення



кількості зернин. У разі посухи під час запилення втрати врожаю можуть досягати до 6,8% за кожен день стресу.

Одним із ефективних заходів управління для мінімізації негативного впливу посухи та теплового стресу є оптимізація строків сівби та добір гібридів із різними термінами дозрівання, що дозволяє зміщувати період цвітіння й уникати найкритичніших фаз водного дефіциту. Агротехнічні заходи, спрямовані на підвищення швидкості інфільтрації води, поліпшення водоутримувальної здатності ґрунту та зменшення втрат вологи внаслідок поверхневого випаровування, можуть бути ефективними для пом'якшення короточасних періодів водного дефіциту. Проте їх ефективність є обмеженою у випадку тривалих посух.

Посуха та підвищені температури не лише завдають шкоди кукурудзі на етапі наливання зерна; тривалі періоди теплового стресу в поєднанні з дефіцитом вологи на початку вегетаційного періоду негативно впливають на схожість насіння, початковий ріст рослин, процес запилення та ефективність водокористування – чинники, що є визначальними для формування високої урожайності. У дослідження, проведених у США, врожай кукурудзи у посушливі роки, яку вирощували без штучного поливу, був у 3–4 рази меншим, ніж за умов іригації [68]. При цьому, якщо рік видався посушливим, то негативні наслідки у врожайності культури проявлятимуться і на наступний рік.

### **1.3. Технологія вирощування кукурудзи**

Важливою умовою підвищення продуктивності виробництва зерна кукурудзи є дотримання рекомендованої технології відповідно до особливостей кожного гібрида.

Попередниками для кукурудзи слід обирати такі культури, які не будуть викликати пригнічення її рослин внаслідок алелопатичного впливу рослинних і корневих залишків, сприятимуть поліпшенню водно-фізичних властивостей ґрунту, зменшать забур'яненість посівів, і тим самим забезпечать високу продуктивність культури. Найкращими попередниками для неї в зоні Лісостепу є: озимі зернові, зернобобові, цукрові й кормові буряки, гречка, картопля. від

попередника залежать окремі елементи технології вирощування. Наприклад, кукурудза, посіяна після озимої пшениці, краще реагує на внесення азотно-фосфорних добрив, а після ячменю – на повне мінеральне удобрення. небажаний впливає на продуктивність кукурудзи має її розміщення після соняшнику, суданської трави, проса, технічних культур; такі посіви відстають у рості й розвитку на 5–7 днів, є більш схильними до ураження хворобами й недобір врожаю може становити 10–20% [26, 27].

Одним із важливих етапів вирощування кукурудзи є основний обробіток ґрунту. Його проводять з метою створення оптимальної структури ґрунту завдяки руйнуванню ущільнених прошарків ґрунту та плужної підшви. Встановлено, що для вирощування кукурудзи найбільшу частку впливу на формування продуктивності має система обробітку ґрунту (46–60%), тоді як вплив попередників коливається в межах від 11–16 до 24% [32, 41].

Щодо вибору основного обробітку ґрунту у науковців та практиків немає єдиної думки: одні стверджують, що кукурудзу найкраще вирощувати, застосовуючи оранку; інші є прихильниками безполицевого та мінімального обробітку ґрунту.

Аргументом для традиційної оранки є те, що кукурудза любить добре аеровані ґрунти, тому позитивно реагує на глибоку (25–28 см) оранку. Після збирання попередників із добре розвиненою кореневою системою пожнивні рештки необхідно ретельно подрібнити важкими дисковими боронами (наприклад БДТ-10, БДТ-3,0, John Deere 630, МФ-248). Боронування проводять на глибину 10-12 см у двох напрямках. Після цього вносять добрива й проводять оранку лемішними або оборотними плугами (ПЛН-3-35, ПЛН-5-35, ППО-4-40, ППО-6-40, тощо) [15, 26].

Чизельний обробіток ґрунту не поступається у якості перед оранкою та додатково знижує витрати пального на 10–20%, витрати праці на 30% [2].

За даними окремих дослідників, тривале застосування лише безполицевого обробітку зумовлює істотне зниження врожайності кукурудзи, підвищує рівень забур'яненості й погіршення фізичних властивостей ґрунту [51]. Загалом, той чи

інший вид обробітку проявляє вплив також залежно від сорту або гібриду кукурудзи та погодних умов періоду вирощування [25].

Передпосівний обробіток ґрунту під кукурудзу весною повинен охоплювати 2–3 культивації: першу – на глибину 10–12 см, другу – у випадку появи бур'янів і третю – перед сівбою на глибину загортання насіння [50]. Якщо строки сівби пізніші, проростання бур'янів знищують ще двома-трьома культиваціями. Розрив у часі між передпосівним обробітком і сівбою повинен бути мінімальним – не більше півгодини, щоб не допустити втрати вологи з ґрунту [42].

Строки сівби кукурудзи залежать від генетичних особливостей обраного гібриду. також важливо враховувати вологість ґрунту та температуру у часі сівби. Якщо запаси продуктивної вологи під час сівби кукурудзи в шарі 0–10 см становлять 7–8 мм, їх оцінюють як недостатні, 9–13 мм – задовільні, 14–15 мм і більше – добрі [33]. За температури  $+7...+8^{\circ}\text{C}$  помітного проростання не відбувається; за  $+11...+12^{\circ}\text{C}$  його спостерігають через 7–9 днів; за  $+18...+22^{\circ}\text{C}$  – через 2–3 дні. У зоні Лісостепу оптимальним терміном для сівби кукурудзи є друга декада квітня – на початку травня. Якщо орієнтуватися на температурні показники, то оптимальна температура ґрунту на час посіву повинна становити  $+10-12^{\circ}\text{C}$  [29, 34, 36, 54]. Кожен день запізнення із сівбою зумовлює недобір врожаю у кількості 1%, частки качанів в масі рослин – на 0,5%, зменшення сухої речовини – на 0,3–0,5% [30].

Серед усіх способів сівби, найбільш доцільним є пунктирний із міжряддям 70 см, через свою просту та економічну вигоду [26]. Для сівби використовують сівалки СУПН-8, 12А, СПЧ-6М, СУПН-12, John Deere 1760 та інші.

Достатню увагу при вирощуванні кукурудзи слід приділяти глибині посіву, оскільки від неї залежить дружність сходів та формування майбутнього врожаю. За даними дослідників, рослини, які відстають на 2 фази листків у своєму розвитку, знижують показники індивідуальної продуктивності на 35–47% [65]. Згідно з сучасними рекомендаціями, у зоні Лісостепу кукурудзу доцільно висівати на глибину 5–7 см. Проте у науковій літературі висунуто багато аргументів як за мілкий посів, так і за збільшення глибини висіву. Наприклад, виробники можуть сіяти на меншій глибині, особливо у квітні, щоб сходи

з'явилися раніше, коли температура починає підвищуватися. Водночас на думку дослідників, неглибоке висівання призводить до нерівномірних сходів, оскільки насіння, що знаходиться ближче до поверхні, піддається більшим коливанням температури та вологості [60]. Натомість збільшення глибини посіву може поліпшити рівномірність розподілу вологості та температури в борозні для насіння; однак занадто глибокий посів може мати шкідливі наслідки, оскільки мезокотиль повинен збільшити свою довжину, а колеоптіль повинен пройти більшу відстань, щоб пробитися на поверхню ґрунту. Крім того, температура ґрунту може знижуватися зі збільшенням глибини, що може затримати сходження. Відповідно суттєвий вплив на вибір глибини посіву будуть мати ґрунтові умови. У досліді, проведеному у США на ґрунтах з різним ступенем дренажності, при доброму дренажу ґрунту суттєвої різниці врожайності при глибинах висіву 25, 51 та 76 мм не спостерігалось (13,3–13,6 т/га). Натомість в умовах погіршення дренажу найменший врожай зерна отримано при глибині посіву 25 мм (13,2 т/га), тоді як 51 та 76 см – 14,2 та 14,5 т/га [66].

Сьогодні також існує гребенева технологія вирощування кукурудзи, яка дозволяє здійснювати ранній посів насіння у гребінь, що підвищує врожайність на 15–20% [38]. Однак така технологія не набула популярності у виробників в Україні через недостатні запаси вологи у верхньому шарі ґрунту протягом всього періоду вегетації та її високу енергоємність.

Густоту сівби підбирають відповідно до вимог гібридів кукурудзи. Рекомендована густина посіву для різних природних зон України коливається в значних межах: від 25 до 80 тис. рослин на 1 га перед збиранням. Для ранньостиглих сортів і гібридів густина рослин може зростати до 85–90 тис./га і більше. Оскільки польова схожість зазвичай на 10–15% нижча, ніж лабораторна, а також за період вегетації частина рослин гине під впливом зовнішніх факторів, норму висіву насіння рекомендовано збільшувати на 25–30% порівняно з вказаною вище густиною [32]. У Лісостепу й Поліссі страхові надбавки насіння до передзбиральної густоти можуть становити 30–40%. До вибору норми висіву насіння слід ставитися дуже ретельно, оскільки правильний вибір густоти посіву забезпечує приріст врожаю кукурудзи на рівні 20–30% і більше [21, 28].

У світі існує практика вирощування кукурудзи смугами у поєднанні з іншими культурами, що дозволяє ефективніше використовувати кліматичні та ґрунтові ресурси. Наприклад, вивчення доцільності смугового вирощування кукурудзи та сої у Китаї показало, що різна висота рослин у посівах створює коливання мікрокліматичних показників, зокрема, освітленості, відносної вологості, що позитивно впливає на показники врожайності кукурудзи. У досліді було зафіксовано збільшення маси 1000 зерен, маси зерна з однієї рослини за умови чергування культур смугами. Водночас, зазначають вчені, механізм взаємного впливу рослин та підвищення врожайності ще потребує детальнішого вивчення.

#### **1.4. Вплив удобрення на продуктивність кукурудзи**

У технології вирощування кукурудзи важливою ланкою заходів, що сприяють збільшенню врожаю зерна, є система удобрення, яка визначає використання органічних і мінеральних добрив [17].

Для формування 1 тонни зерна з відповідною листостебловою масою кукурудза потребує значної кількості поживних елементів, виносячи в середньому 20–25 кг азоту, 10–14 кг фосфору та 25–35 кг калію [15, 27]. Критичним є достатнє забезпечення фосфором на початкових етапах органогенезу (3–7 листків) та калієм протягом всієї вегетації для підвищення стійкості до вилягання і посухи [26, 32]. Управління мінеральними поживними речовинами є критично важливим фактором у реакції гібридів на посуху.

Чисельні досліді, які проводили в усіх природних зонах України на різних типах ґрунтів доводять, що внесення добрив під кукурудзу позитивно впливає на продуктивність культури [1, 6, 18, 48]. Частка впливу добрив на кількість та якість врожаю зерна кукурудзи орієнтовно становить 30–50% [20]. За даними ФАО вплив добрив на продуктивність кукурудзи є ще вищим (45–65%) [32]. Позитивна дія добрив особливо помітна у роки з нормальним зволоженням, тоді як у посушливі роки ефективність удобрення також знижується. Рекомендованими нормами для ґрунтово-кліматичних умов Лісостепу є  $N_{80-140}$ ,  $P_{80-100}$ ,  $K_{70-120}$ . Фосфорні та калійні добрива вносять восени, а азотні –

розподіляють між внесенням під культивуацію ( $\sim 80\%$ ) та підживленнями впродовж вегетації [33]. Адже фосфор у більшій кількості потрібний на початкових етапах розвитку культури, а азот – для нарощування вегетативної маси. Основна кількість елементів живлення засвоюється рослинами з ґрунту у період 8–10 листків і до початку цвітіння [20]. Критичними щодо наявності доступних елементів живлення є фази 3–7 листків та 9–10 листків і до викидання волоті.

В умовах західного регіону України внесення азотних добрив у формі карбаміду та КАС на чорноземі опідзоленому сприяло продовженню вегетаційного періоду кукурудзи на 13 днів, та, відповідно покращенню показників структури врожаю – кількості зерен у ряді та качані загалом, маси 1000 зерен. Аналогічну тенденцію зафіксовано при підживленні кукурудзи й на сірому лісовому ґрунті [55].

За умов обмеженого постачання води та азоту спостерігається зниження кількості зернин у качані, маси зерна, нагромадження сухої речовини, загальної урожайності та індексу урожайності. Оптимальне забезпечення азотом сприяє підвищенню продуктивності кукурудзи та ефективності використання води завдяки збільшенню площі листового апарату, що, своєю чергою, покращує поглинання фотосинтетично активної радіації й знижує втрати вологи через випаровування з поверхні ґрунту.

Спосіб внесення добрив також відіграє роль у формуванні продуктивності кукурудзи. Ефективність добрив значно підвищується за локального внесення їх на глибину близько 10 см, оскільки добрива більш рівномірно розподіляються довкола корневих систем рослин. У період вегетації доцільно застосовувати позакореневі підживлення для внесення макро- та мікроелементів [24]. При цьому способі удобрення елементи живлення, потрапляючи на листову поверхню, швидко поглинаються рослинами, та включаються у процеси метаболізму [58].

Продуктивність кукурудзи зростає за умови внесення органічних добрив [13]. В умовах їх дефіциту позитивний ефект матимуть пожнивні рештки, які залишаються після збирання основного врожаю, а також посіви сидератів

(редька, гірчиця, люпин тощо). Приорювання сидератів еквівалентне внесенню 20–30 т/га гною та забезпечує приріст врожаю на рівні 10–15% [32].

В умовах значного здорожчання мінеральних добрив виробники все частіше звертають увагу на біопрепарати, вартість яких є значно меншою. Використання таких препаратів разом зі зменшеними нормами мінеральних добрив позитивно впливає на властивості ґрунту, мобілізує поживні речовини, які в ньому містяться, а також підвищує стійкість рослин до впливу стресових факторів [12]. Наприклад, у польовому досліді на чорноземі вилюгованому лісостепової зони України здійснювали обробку насіння кукурудзи препаратом Поліміксобактерин, а також листкове підживлення у фазі 3–5 та 7–9 листків. Як наслідок – приріст врожаю становив 23,6–28,3%. Одночасно спостерігалось і покращення якості насіння – збільшення вмісту білка від 8,7 до 10,1–10,4%, крохмалю – з 59,8 до 68,0–68,7% [47]. В умовах степової зони України є досвід використання в якості удобрення кукурудзи біологізованих препаратів, створених на основі осаду стічних вод з додавання соломи або лушпиння насіння соняшника та збагачення фосфатмобілізуєчими бактеріями. Врожайність культури зростала на 0,7–0,8 т/га, а витрати на внесення біопрепаратів окупувалися отриманим прибутком [23].

## РОЗДІЛ 2

### ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДУ

Дослід з вивчення умов живлення кукурудзи за різних норм удобрення закладено у 2024-2025 рр. на землях ТзОВ “\*\*\*\*\*”, розташованого в с. \*\*\*\* Луцького району Волинської області. Підприємство засноване у 1998 р. Господарство займається вирощуванням зернових та бобових культур. Земельний фонд становить 539 га. Господарство також заведенням свиней, має власну техніку для впровадження точного землеробства та власний елеватор для зберігання зерна.

#### **2.1. Природні умови та ґрунтовий покрив території досліджень**

Територія досліджуваного господарства, де закладено дослід, розташована в межах агроґрунтової провінції Західного Лісостепу [46].

Ґрунтовий покрив господарства сформувався під впливом взаємодії природних та антропогенних чинників, серед яких можна виділити рельєф, ґрунтотворні породи, рослинність, кліматичні умови та ступінь агрогенного навантаження.

Щодо умов рельєфу, то територія господарства розташована в межах Подільської височини, тому відзначається значною часткою схилових земель, підвищеним ступенем розчленування рельєфу. Вододільні поверхні зазвичай мають хвилясту форму з абсолютними висотами 270–350 м. Значні площі займають схили крутизною 1–3° та 3–5°. Форма схилів – переважно пряма або випукла. Значна частка схилових земель є передумовою для розвитку ерозійних процесів, тому значна частина ґрунтів зазнає площинного змиву. Крім того схили є місцем формування лінійних ерозійних форм [10].

Ґрунтотворними породами для більшості ґрунтів господарства є лесоподібні суглинки. Вони є найбільш поширеними ґрунтотворними породами в межах Лісостепу. Характерними їх ознаками є високий вміст пиловатих гранулометричних фракцій, тріщинуватість, здатність до просідання. Зазвичай вони містять 15–17% карбонатів, реакція середовища – лужна [8]. Лужне



середовище та залученість карбонатів у ґрунтотворний процес нейтралізують органічні кислоти, які утворюються у процесі розкладання рослинних рештків, пригнічуючи процес підзолоутворення.

Формування ґрунтів регіону в минулому відбувалося під сукупним впливом асоціацій лісової, лучної, болотної рослинності. Зокрема, лісова рослинність представлена широколистяними, рідше – мішаними та хвойними лісами з розвинутим підліском та трав'яним покривом. Лучна рослинність представлена переважно заплавними територіями вздовж долин річок та у днищах балок. Суходільні луки мають менше поширення та приурочені до лісових вирубок. До заплав річок приурочена також болотна рослинність. На сьогодні лучна природна рослинність займає близько чверті території Подільської височини, натомість значні площі охоплюють сільськогосподарські угіддя.

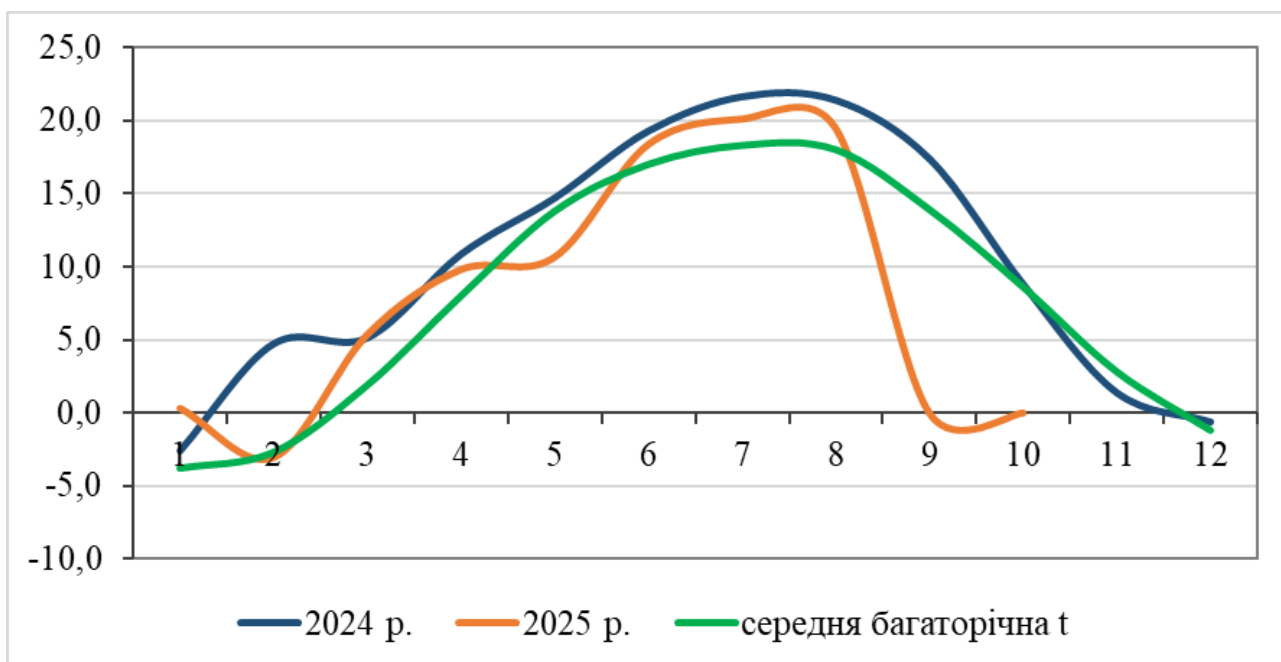
У складі ґрунтового покриву досліджуваного домінують автоморфні ґрунти – темно-сірі та чорноземи опідзолені, значно менші площі сірих та світло-сірих лісових. До виходів щільних карбонатних порід приурочені дерново-карбонатні ґрунти. Знижені ділянки займають лучно-чорноземні, дернові, лучні ґрунти. Ступінь розораності території становить близько 74%, середній бал бонітету ріллі – 28 [46]. Розчленований рельєф та високий ступінь розораності зумовив розвиток процесів водної ерозії, тому еродовані ґрунти, більшість з яких чорноземи та темно-сірі, становлять 44% площі сільськогосподарського району. Більшість орних земель належать до I–III класу, тобто є придатними для вирощування усіх зернових культур, приблизно третина з них – землі I–II класу, придатні для вирощування кукурудзи, цукрових буряків і картоплі.

## **2.2. Кліматичні особливості та погодні умови періоду досліджень**

За агрокліматичним районуванням території Волинської області, досліджуване господарство розташоване у вологій, помірно теплій зоні, підзоні достатнього зволоження. Клімат помірно-континентального типу, для якого характерними є м'які зими з частими відлигами, затяжні весняні періоди, тепле та дощове літо, тепла та відносно суха осінь. Коливання показників погоди зумовлене атмосферною циркуляцією, зокрема, пануванням впродовж року

помірних повітряних мас, та періодичним вторгненням арктичного морського та континентального повітря, помірного континентального, тропічного континентального повітря.

В умовах глобальних кліматичних змін простежуються відмінності метеопказників у період дослідження у порівнянні до середніх багаторічних даних. Щодо температури повітря, середній багаторічний показник становить  $7,9^{\circ}\text{C}$ . Натомість, за період досліджень середньорічна температура становить  $10,1\text{--}10,2^{\circ}\text{C}$ , тобто на  $2,2\text{--}2,3^{\circ}\text{C}$  перевищує багаторічний рівень. Водночас зберігаються загальні тенденції річного розподілу температур – найхолоднішими місяцями є січень-лютий, найтеплішим місяцем року є липень ( $20,1\text{--}21,7^{\circ}\text{C}$ ). У 2024 році період з лютого по квітень був значно тепліший, ніж це властиво для цього регіону. Травень загалом відповідав багаторічним термічним показникам. Тобто, посів кукурудзи здійснювався в умовах стійкого тепла. У літні місяці температура в середньому на  $3,4\text{--}3,5^{\circ}\text{C}$  перевищувала багаторічні показники.



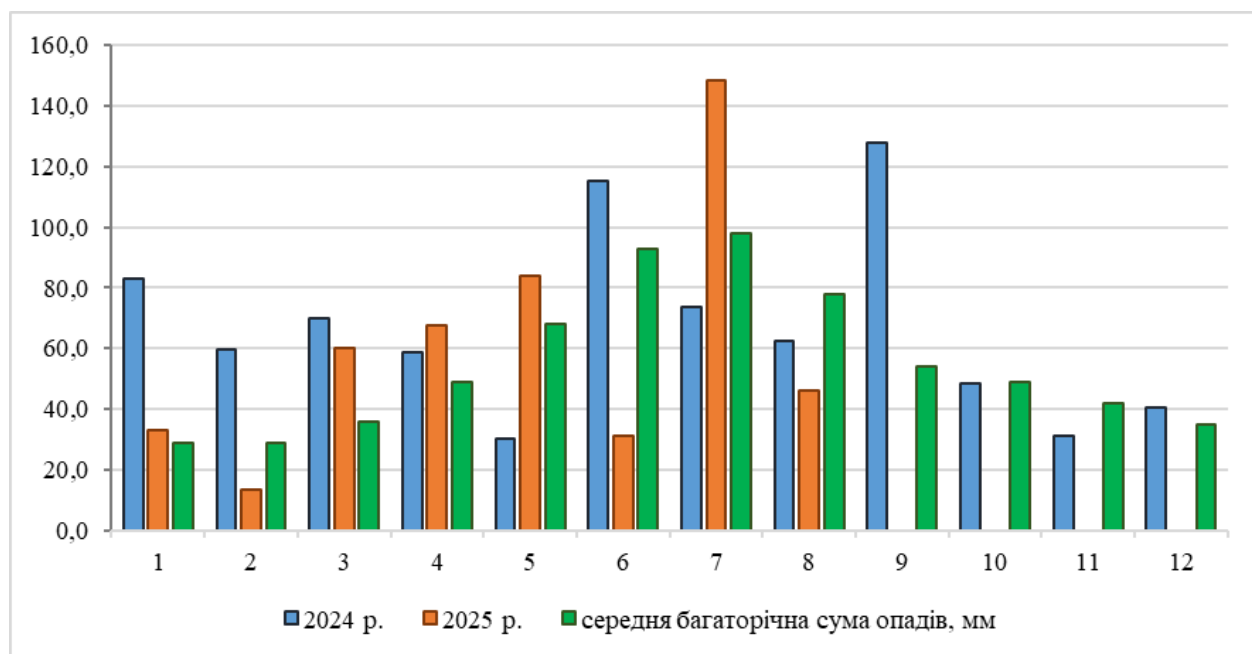
**Рисунок 2.1 – Розподіл середньомісячних температур впродовж періоду досліджень**

2025 рік відзначався дещо іншим термічним режимом. Зокрема, якщо у березні температура перевищувала норму на  $3,46^{\circ}\text{C}$ , то у квітні лише на  $1,8^{\circ}\text{C}$ , а у травні була, навпаки, нижчою за норму на  $3,15^{\circ}\text{C}$ . Період червень – вересень відзначався дещо вищими температурами, ніж багаторічні показники, проте це

перевищення було меншим, порівняно з 2024 р. Особливою рисою метеорологічних умов 2025 р. були пізні заморозки, спровоковані вторгненням арктичного повітря – наприкінці квітня і на початку травня температура повітря опускалася до  $-0,5 \dots -3,2^{\circ}\text{C}$ .

Загалом, термічний режим 2024 року був більш сприятливим для вирощування кукурудзи.

На продуктивність культури впливає не лише рівень забезпечення теплом, але й режим зволоження. Середня багаторічна кількість опадів становить 660–670 мм. Натомість 2024 р. був значно вологішим за багаторічну норму, а 2025 р., навпаки, посушливий. Річна сума опадів у 2024 р. склала 800 мм, найвологішими місяцями були червень (115 мм) та вересень (128 мм). Квітень за режимом зволоження відповідав багаторічним показникам. У травні, липні та серпні простежувався дефіцит опадів на рівні 15–38 мм.



**Рисунок 2.2 – Розподіл опадів за період дослідження**

У 2025 р. кількість опадів навесні була достатньою та дещо перевищувала багаторічні показники (на 16–24 мм). Проте у червні спостерігався дефіцит вологи на рівні 62 мм, що мало негативний вплив на ріст та розвиток рослин. Як відомо, у цей час рослини кукурудзи активно нарощують вегетативну масу, відбувається закладання структурних елементів врожаю (наприклад, кількість рядів зерен у качані). Нестача вологи у цей час негативно впливає на майбутню

врожайність і компенсувати втрати під час наступних етапів розвитку не можна. Липень 2025 р. був надлишково вологий, а серпень, як і у 2024 р. – посушливий.

Загалом, 2024 р. відзначався кращими гідротермічними умовами для вирощування кукурудзи, порівняно з 2025 р. Розвиток кукурудзи у травні сповільнювався пізніми заморозками, а у червні – дефіцитом вологи.

## 2.4. Методика досліджень

Дослід з вивчення впливу умов мінерального живлення на продуктивність кукурудзи закладено на чорноземі опідзоленому легкосуглинковому. Схема досліду охоплювала такі варіанти:

1. контроль – без добрив;
2.  $N_{90}P_{60}K_{60}$
3.  $N_{90}P_{60}K_{60}$  + мікродобриво HelMix
4.  $N_{140}P_{90}K_{90}$
5.  $N_{140}P_{90}K_{90}$  + мікродобриво HelMix

Дослід проводили у трикратній повторності. Площа посівної ділянки – 80 м<sup>2</sup>, облікова ділянка – 70 м<sup>2</sup>. Варіанти розташовували рандомізовано.

Мінеральні добрива вносили у формі гранульованого суперфосфату та сульфату калію – у повній кількості восени під основний обробіток ґрунту. Азот у нормі  $N_{60-100}$  вносили у передпосівну культивуацію у формі аміачної селітри та проводили підживлення  $N_{30-40}$  у формі карбаміду.

У варіантах 3 і 5 на фоні внесення мінеральних добрив проводили підживлення мікродобривом HelMix (норма – 2 л/га у фазах 3–6 листків та бутонізації). Мікродобриво призначене для позакореневого підживлення рослин та поєднує у своєму складі азот, мікроелементи у формі хелатів, органічні кислоти (бурштинову, лимонну). Швидко поглинаються рослинами, підвищують їх стресостійкість, активізують фотосинтез, цвітіння, що супроводжується підвищенням врожайності та якості зерна кукурудзи. До складу мікроелементів входять марганець, цинк, бор, молібден, мідь, кобальт, залізо, магній. Також мікродобриво містить сульфати, калій та азот в амідній формі. Препарат сумісний з більшістю засобів захисту рослин, розчинами карбаміду та КАС.

Під час досліджень використано польові, лабораторно-аналітичні, розрахункові, статистичні методи. Для характеристики фізичних, фізико-хімічних властивостей та поживного режиму ґрунту було відібрано зразки згідно ДСТУ ISO 11464-2001. У лабораторних умовах проводили визначення гранулометричного складу, щільності будови та твердої фази, обмінної кислотності, вмісту гумусу, суми ввібраних основ за загальноприйнятими методиками [7]. Вміст легкогідролізного азоту визначали за Корнфілдом, фосфору та калію – за Чиріковим.

У польових умовах проводили спостереження за тривалістю фенологічних фаз, здійснювали заміри висоти рослин, кріплення нижнього качана. Для характеристики структури врожаю визначали масу качана, кількість рядів у качані, кількість зерен у ряді, масу 1000 зерен. Якість зерна оцінювали шляхом визначення вмісту сирого протеїну, сирого жиру, крохмалю. Врожайність визначали подільсько-зважуванням качанів та перераховували отримані дані на площу 1 га. Отримані дані оцінювали за допомогою методів математичної статистики.

## **2.5. Агротехніка вирощування та опис гібрида кукурудзи**

У досліді кукурудзу на чорноземі опідзоленому висівали після озимої пшениці. Після збирання пшениці було проведене дворазове лушення стерні з інтервалом у 2 тижні. Перше – на глибину 6–8 см, друге – 10 см (щоб знищити бур'яни, які почали проростати). У жовтні було проведено оранку на глибину 25 см та внесено калійні й фосфорні добрива відповідно до схеми досліді.

Передпосівна підготовка ґрунту весною передбачала боронування та культивуацію з одночасним внесенням стартової норми азотних добрив (відповідно до схеми досліді).

Посів кукурудзи здійснювали у період з 25 квітня по 5 травня. Насіння протруювали сумішшю препаратів з інсектицидною та фунгіцидною дією – Максим XL 035 FS (1,0 л/т) + Круїзер (0,6 л/т). Норма висіву – 75 тис. насінин на 1 га. Ширина міжрядь – 70 см, глибина загортання насіння – 6 см.

Догляд за посівами полягав у підживленні азотом та мікродобривами відповідно до схеми досліду.

Боротьба з бур'янами включала передпосівну обробку гербіцидом Примекстра Голд 720 SC (4,0 л/га) та післясходове внесення препарату Мілагро 040 SC (1,0 л/га) та Каллісто 480 SC (0,25 л/га) у фазі 4–6 листків.

Для боротьби зі шкідниками вносили Нурел Д (у фазі 6–8 листків, норма 1,0 л/га) і Кораген 20 SC (8–10 листків, норма препарату 0,15 л/га).

Захист від хвороб полягав у внесенні Аканто Плюс (1,0 л/га, 6–8 листків) та Тілт Турбо (1,0 л/га, 8–10 листків).

У досліді висівали гібрид кукурудзи СИ Скорпіус – середньоранній (ФАО 290), високоадаптивний. Тип зерна зубоподібний. Врожайність стабільно висока, відзначається швидкою вологовіддачею при досяганні (9 балів). Темп початкового розвитку – високий (8 балів). Тип розміщення листків – еректоїдний. Гібрид відзначається високою холодостійкістю (8 балів) та посухостійкістю (9 балів). Стійкість до корневих та стеблових гнилей та летючої сажки оцінюється як дуже висока (9 балів). Гібрид можна вирощувати у всіх ґрунтово-кліматичних зонах рівнинної частини України. У ранні терміни придатний для висівання за температури на глибині загортання насіння 6–8°C.

Середня кількість зерен у ряді – 18–22, вміст крохмалю коливається в межах 72–74%. Середня врожайність за рівні вологості 14% для західного регіону України становить 12–14 т/га.

## РОЗДІЛ 3

### ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ НОРМ УДОБРЕННЯ

#### 3.1. Морфогенетичні особливості та фізичний стан чорнозему опідзоленого

Чорнозем опідзолений є типовим ґрунтом для лісостепових територій західного регіону України.

Морфологічна будова профілю ґрунту представлена достатньо потужним гумусовим горизонтом, що є характерною рисою чорноземних ґрунтів, зі слабкими проявами ілювіальної диференціації мулистої фракції.

Опис морфологічної будови профілю здійснено у розрізі, закладеному в межах дослідної ділянки на слабохвилястій вододільній поверхні. Глибина розрізу – 137 см. Глибина гумусованого шару – 68 см. Глибина появи карбонатів – 96 см.

Неор – орний гумувий слабоелювіований горизонт, темно-сірий, 0–29 см свіжий, легкосуглинковий, грудкувато-зернистої структури, злегка ущільнений, незначна кількість присипки  $\text{SiO}_2$ , червоточини, копроліти, корінці рослин, перехід до горизонту Неп/ор ясний за складенням;

Неп/ор – гумусовий слабоелювіований горизонт, підорна частина, 29–55 см темно-сірий, свіжий, легкосуглинковий, зернисто-грудкуватої структури, помітно ущільнений, порівняно з верхньою частиною, присипка  $\text{SiO}_2$ , копроліти, ходи черв'яків, корінці рослин, перехід до горизонт Нр поступовий;

Нр – гумусовий перехідний (верхня частина) горизонт, 55–68 см неоднорідний, темно-сірого кольору з буруватим відтінком, свіжий, середньосуглинковий, грудкувато-горіхуватий, щільний, корінці рослин, ходи черв'яків, перехід до горизонту Rh поступовий;

- Ph – нижній перехідний горизонт, гумусована ґрунтотвірна порода, 68–118 см бурого з сірими плямами забарвлення, неоднорідний, вологий, середньосуглинковий, грудкувато-призматичний, щільний, у нижній частині з'являються карбонати у формі міцелію, корінці рослин, кротовини, перехід до горизонту Рк поступовий;
- Рк – ґрунтотвірна порода, карбонатний лесоподібний суглинок, 118–137 жовтувато-палевого забарвлення, вологий, середньосуглинковий, безструктурний, щільний, карбонати у формі міцелію та дрібних прожилок.

За гранулометричним складом досліджуваний ґрунт є легкосуглинковим з переважанням фракції крупного пилу. Вміст фізичної глини у горизонті  $He_{op}$  становить 26,6%, з глибиною простежується поступове зростання вмісту фізичної глини – у верхньому гумусовому перехідному горизонті та глибше, вміст фізичної глини перевищує 30%, горизонти класифіковано як середньосуглинкові. Мулиста фракція, яка значною мірою визначає вбирну здатність ґрунту зростає від 9,6% в орному шарі до 20,0% у верхньому гумусовому перехідному горизонті. Серед гранулометричних фракцій переважає крупний пил, вміст якого у горизонті  $He_{op}$  становить 61,4% та поступово зменшується з глибиною. Схильність до запливання та утворення кірки при висиханні, яка характерна для ґрунтів з високим вмістом пилу, частково нівелюється наявністю піщаної фракції (11–14% в гумусово-елювіальному горизонті).

Фізичний стан ґрунту характеризують його щільністю та шпаруватістю, а також щільністю твердої фази. Ці властивості впливають на водно-повітряний, тепловий режим ґрунту, умови проростання насіння та розвитку кореневих систем.

Щільність твердої фази ґрунту характеризує його хіміко-мінералогічний склад і є мало змінною величиною. В орному шарі її показник становить 2,49 г/см<sup>3</sup>, а з глибиною повільно зростає до 2,62 г/см<sup>3</sup> у ґрунтотвірній породі (табл. 3.1). Це зумовлено тим, що з глибиною зменшується вміст органічної речовини, яка має меншу щільність тому визначальним стає саме мінералогічний склад.



**Таблиця 3.1 – Загальні фізичні властивості чорнозему звичайного**

| Генетичний горизонт | Глибина відбору зразків, см | $\Sigma_{\text{тф}}, \text{ г/см}^3$ | $\Sigma_{\text{б}}, \text{ г/см}^3$ | $\Sigma_{\text{з}}, \%$ |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| He <sub>ор</sub>    | 0–29                        | 2,49                                 | 1,22                                | 51,0                    |
| He <sub>п/ор</sub>  | 35–45                       | 2,52                                 | 1,37                                | 46,1                    |
| Hp                  | 56–66                       | 2,53                                 | 1,29                                | 49,0                    |
| Ph                  | 85–95                       | 2,59                                 | 1,33                                | 48,6                    |
| P <sub>k</sub>      | 123–133                     | 2,62                                 | 1,39                                | 46,9                    |

Щільність будови є мінливим показником, який залежить від багатьох зовнішніх чинників, у тому числі й якості обробітку. У гумусово-елювіальному орному горизонті цей показник становить 1,22 г/см<sup>3</sup>, що свідчить про близькі до оптимальних умови складення ґрунтової маси. Натомість у горизонті He<sub>п/ор</sub> спостерігаємо різке підвищення щільності до 1,37 г/см<sup>3</sup>, що відбувається внаслідок формування плужної підшви. Відповідно, періодично доцільно проводити глибоке розпушування (раз у 3–5 років), щоб руйнувати цей ущільнений прошарок, а також висівати покривні культури, які мають різну глибину кореневої системи, оптимізувати систему обробітку ґрунту.

Шпаруватість ґрунту змінюється обернено до щільності будови, тобто зменшується з глибиною. Якщо у верхньому горизонті вона становить 51,0% (за оптимальних показників 50–55%). Найнижча щільність – у горизонті плужної підшви – 46,1%, що підтверджує необхідність її руйнування.

Загалом фізичний стан ґрунту відповідає вимогам вирощування кукурудзи, проте щільність підорного горизонту потребує моніторингу з метою своєчасного руйнування плужної підшви.

### **3.2. Фізико-хімічні властивості чорнозему опідзоленого**

Фізико-хімічні властивості, такі як вміст органічної речовини, її якісний склад, кислотно-основні властивості є важливими для оптимальних умов росту рослин та реалізації потенціалу їх продуктивності.

Вміст органічної речовини є надзвичайно важливим для функціонування ґрунту та формування рівня його родючості. Гумус, як основна частина ОР

грунту, впливає на фізичні показники, оструктурення, температурний режим, вміст та доступність поживних елементів, рівень рН та інші показники.

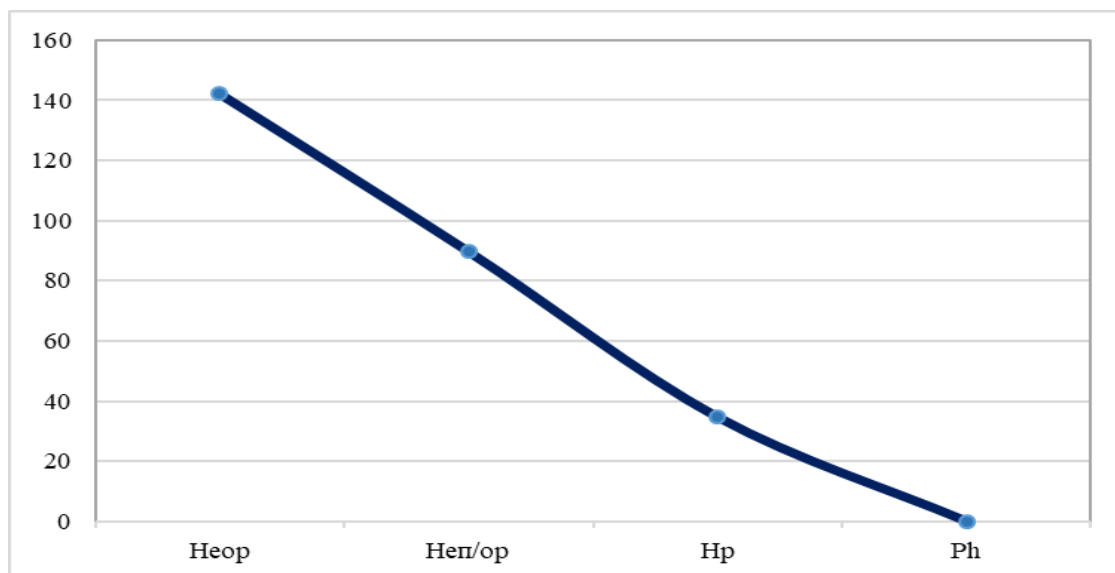
Чорнозем опідзолений, на якому закладено дослід, містить 4,02% гумусу в орному горизонті  $He_{op}$ , тобто ґрунт є середньогумусованим (табл. 3.2) [7, 56]. З глибиною кількість гумусу у ґрунті зменшується, крива профільного розподілу має рівномірно акумулятивний характер (рис. 3.1).

**Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні властивості чорнозему опідзоленого ґрунту**

| Горизонт    | Глибина<br>взяття<br>зразка | Вміст<br>гумусу<br>% | pH <sub>KCl</sub> | Hг,<br>ммоль /<br>100 г гр. | СВО*,<br>ммоль /<br>100 г гр. | СНО,<br>% |
|-------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------|
| $He_{op}$   | 0-29                        | 4,02                 | 6,25              | 2,08                        | 18,4                          | 89,8      |
| $He_{п/ор}$ | 35-45                       | 3,14                 | 6,34              | 1,64                        | 19,6                          | 92,3      |
| $Hp$        | 56-66                       | 2,07                 | 6,50              | 1,24                        | 21,7                          | 98,9      |
| $Ph$        | 85-95                       | 0,63                 | 6,78              | 0,86                        | 22,5                          | 96,3      |
| $P_k$       | 123-133                     | -                    | 6,82              | 0,41                        | 23,0                          | 98,2      |

\* Hг – гідролітична кислотність; СВО – сума ввібраних основ; СНО – ступінь насичення основами

Запаси гумусу у профілі чорнозему опідзоленого змінюються від 142,2 т/га в горизонті  $He_{op}$  до 34,7 т/га у гумусовому перехідному горизонті (рис. 3.1). Як і вміст гумусу, запаси орного шару оцінюються як середні.



**Рисунок 3.1. – Профільний розподіл запасів гумусу у ґрунті**

Реакція ґрунтового розчину в орному шарі чорнозему є близькою до нейтральної, величина рН сольового становить 6,25 одиниці. З глибиною величина рН зростає, реакція середовища змінюється до нейтральної. Ґрунт містить незначну кількість ввібраного гідрогену, про що свідчить також низьким рівень гідролітичної кислотності – в межах гумусованої товщі її показник становить 2,08 – 1,24 ммоль / 100 г ґрунту.

Досліджуваний ґрунт відзначається високим вмістом ввібраних катіонів, що має позитивний вплив на формування властивостей ґрунту. В орному шарі вміст ввібраних катіонів становить 18,4 ммоль / 100 г ґрунту та зростає з глибиною 21,7 ммоль / 100 г ґрунту у нижній частині гумусованої товщі та далі зростає до ґрунотвірної породи.

Відповідно до вмісту катіонів основ у ґрунтовому вбирному комплексі, високим є ступінь насичення основами, який у ґрунтовому профілі змінюється в межах 89,8–98,9%.

Отже, досліджуваний ґрунт є нейтральним, що є сприятливим для вирощування кукурудзи та має середній вміст і запаси гумусу. З огляду на це, важливо забезпечувати надходження органічних решток у ґрунт як з органічними добривами, так і з побічними рештками сільськогосподарських культур, практикувати посів сидератів тощо.

### **3.3. Вплив удобрення кукурудзи на поживний режим чорнозему опідзоленого**

Доволі часто саме нестача елементів живлення є чинником, що лімітує врожайність сільськогосподарських культур. Недостатнє внесення органічних добрив, які мають пролонговану дію, диспропорції між внесеними елементами живлення, високі ціни на якісні добрива зумовлюють порушення поживного режиму ґрунту та зниження врожайності сільськогосподарських культур. Загострює ситуацію нехтування сівоzmінами, розвиток ерозійних процесів, підкислення або вторинне засолення ґрунтів тощо. Тому дослідження методів стабільного покращення поживного режиму є актуальними для підтримання високої ефективності аграрного виробництва.

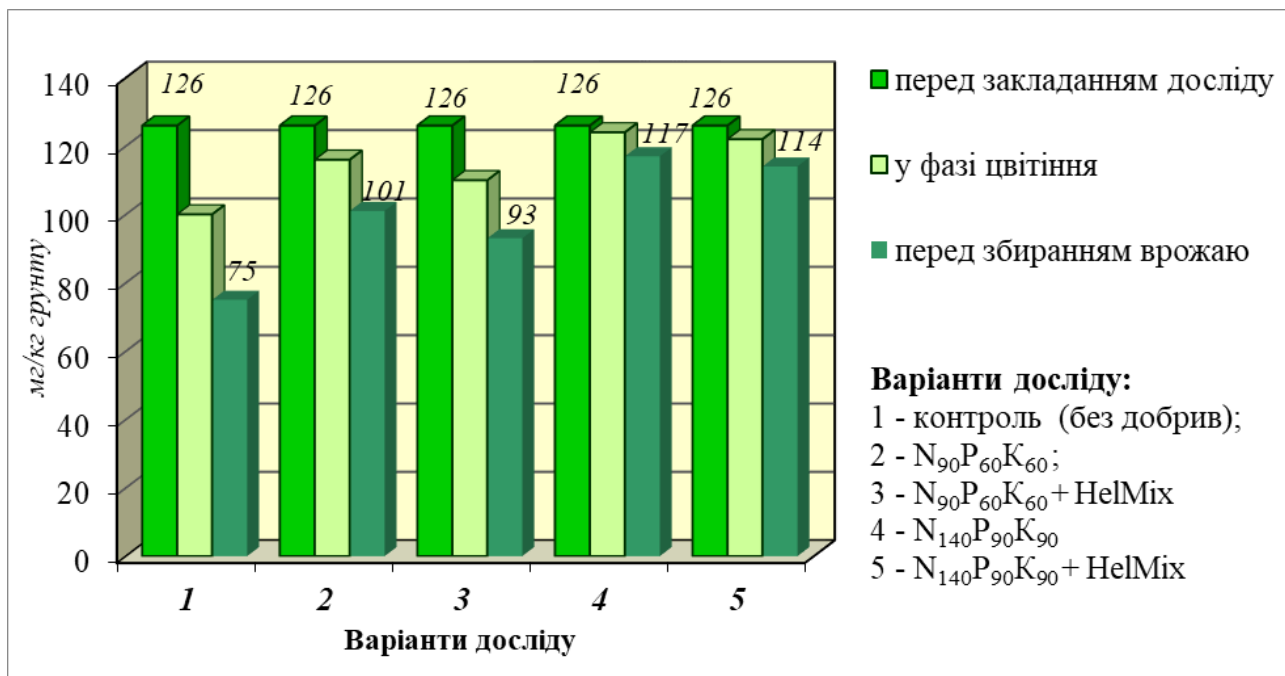
Перед закладанням дослідів чорнозем опідзолений містив: легкогідролізного азоту – 126 мг/ 100 г ґрунту, рухомого фосфору – 108 мг/кг, обмінного калію – 132 мг / 100 г ґрунту. Відповідно до розроблених градацій, вміст азоту у ґрунті відповідав низькому рівню, фосфору – підвищеному, калію – високому [56].

Поглинання елементів живлення рослинами впродовж вегетації супроводжувалося зміною їхньої кількості у ґрунті впродовж вегетації (табл. 3.3).

**Таблиця 3.3 – Динаміка поживних елементів в орному шарі ґрунту за різних норм удобрення кукурудзи**

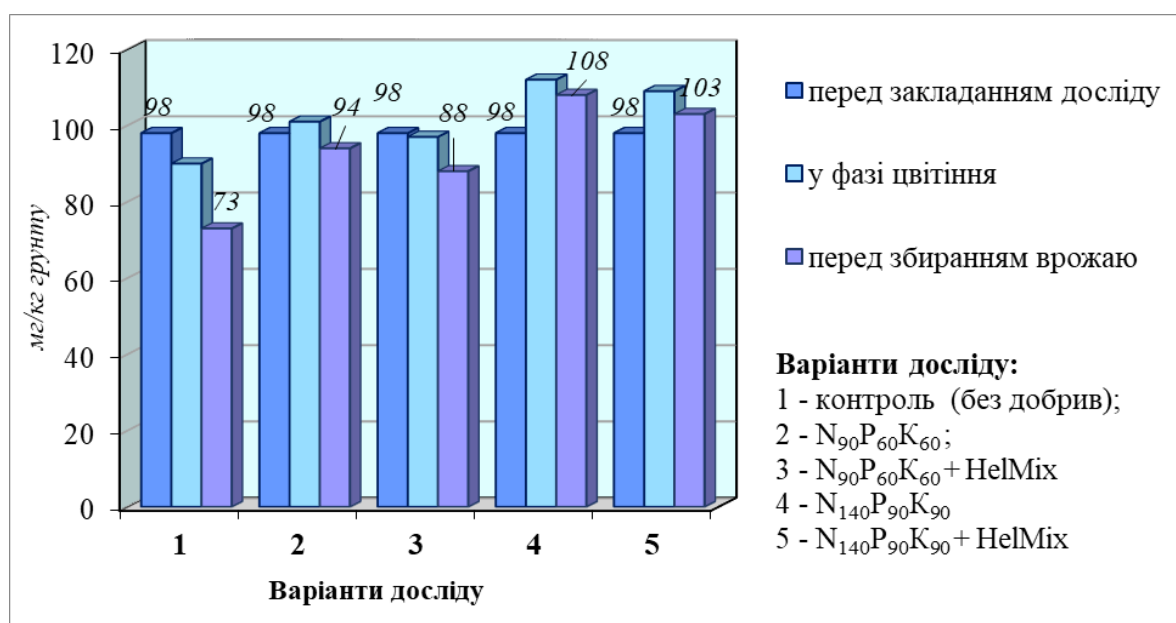
| Варіанти дослідів                                            | Вміст елементів, мг/кг ґрунту |                               |                  |                        |                               |                  |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|-------------------------------|------------------|
|                                                              | до закладання дослідів        |                               |                  | перед збиранням врожаю |                               |                  |
|                                                              | N                             | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N                      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 1. Контроль – без добрив                                     | 126                           | 108                           | 132              | 75                     | 73                            | 86               |
| 2. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>           | 126                           | 108                           | 132              | 101                    | 94                            | 110              |
| 3. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + HelMix  | 126                           | 108                           | 132              | 93                     | 91                            | 106              |
| 4. N <sub>140</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>          | 126                           | 108                           | 132              | 117                    | 108                           | 129              |
| 5. N <sub>140</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + HelMix | 126                           | 108                           | 132              | 114                    | 103                           | 125              |

На ділянці контролю вміст легкогідролізного азоту поступово знижувався впродовж вегетації кукурудзи, оскільки рослини використовували лише ґрунтові запаси (рис. 3.2). Перед збиранням врожаю його вміст становив 75 мг/кг ґрунту, що відповідало дуже низькому рівню. За внесення різних норм мінеральних добрив забезпеченість рослин азотом зростала. Його вміст у ґрунті перед збиранням врожаю за норми внесення N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> становив 101–93 мг / кг ґрунту. При цьому підживлення мікродобривами інтенсифікувало поглинання азоту з ґрунту. Збільшення норми азоту до N<sub>140</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> мало найбільший позитивний вплив на його динаміку впродовж вегетації, зокрема у фазі цвітіння і перед збиранням врожаю вміст цього елементу був найвищий, порівняно з іншими варіантами – 114–117 мг/кг ґрунту. Використання мікродобрива також супроводжується зниженням вмісту азоту у варіанті 5 порівняно з варіантом 4.



**Рисунок 3.2 – Динаміка вмісту азоту в орному шарі ґрунту за різних норм удобрення кукурудзи**

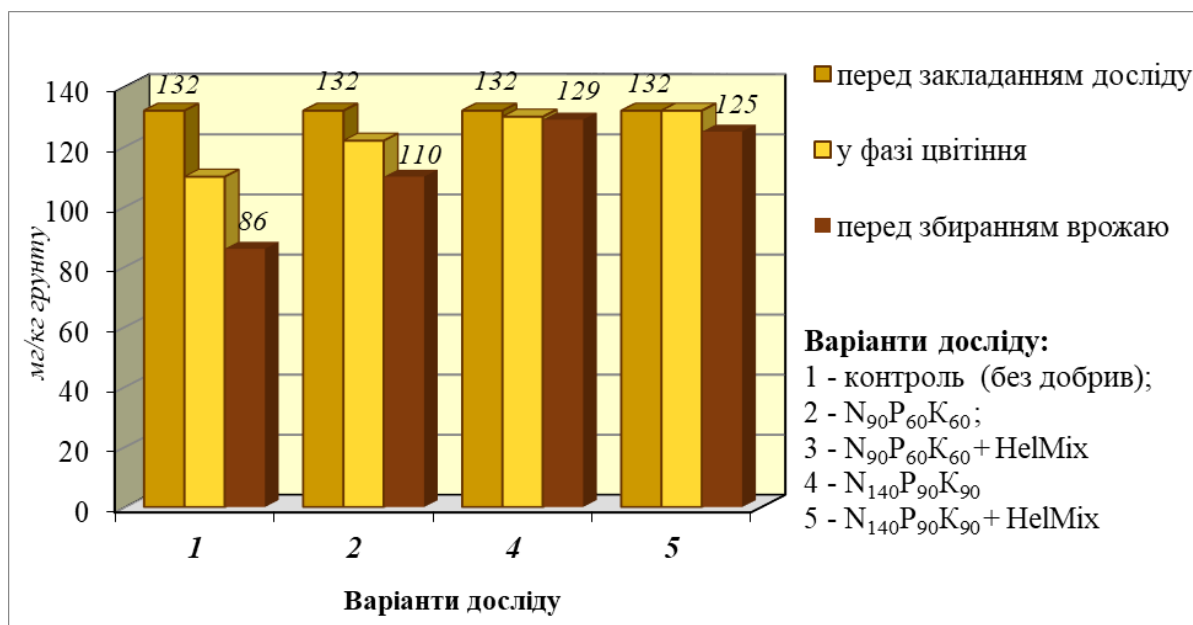
Стосовно рухомого фосфору, то на ділянці контролю простежується тенденція, аналогічна до розподілу азоту, тобто зниження  $P_2O_5$  впродовж вегетації. Натомість за внесення добрив його вміст у ґрунті зростає і на ділянці варіанту 4 навіть формувалася його бездефіцитний баланс – перед збиранням врожаю містилося 108 мг/кг ґрунту.



**Рисунок 3.3 – Динаміка вмісту  $P_2O_5$  в орному шарі ґрунту за різних норм удобрення кукурудзи**

Підживлення рослин мікродобрином також зумовлювало зменшення рухомого фосфору порівняно з варіантом, де мінеральні добрива вносили окремо. Наприклад, у варіанті 5 містилося 103 мг/кг ґрунту  $P_2O_5$ , тоді як у варіанті 4 – 108 мг / кг.

Вміст обмінного калію в орному шарі контрольного варіанту зменшувався зі 132 мг/кг ґрунту перед закладанням досліду, до 110 у фазі цвітіння та 86 – перед збиранням врожаю. Мінеральні добрива у кількості  $N_{90}P_{60}K_{60}$  внесені окремо або спільно з мікродобрином HelMix, підвищували цей показник до 122–119 у фазі цвітіння та 130–132 – перед збиранням врожаю.



**Рисунок 3.4 – Динаміка вмісту  $K_2O$  в орному шарі ґрунту за різних норм удобрення кукурудзи**

Найвищий вміст калію перед збиранням врожаю зафіксовано на ділянці варіанту 4 ( $N_{140}P_{90}K_{90}$ ) – 129 мг/кг ґрунту, хоча він не перевищував показник до закладання дослідів. Щодо впливу мікродобрив, то їхнє застосування також зменшує вміст елемента в ґрунтів порівняно з внесенням мінеральних добрив окремо.

Загалом внесення мінеральних добрив сприяє покращенню поживного режиму чорнозему опідзоленого на різних етапах розвитку кукурудзи. За умови додаткового підживлення мікродобривами на фоні мінеральних добрив, вміст НРК у ґрунті знижується порівняно з варіантами без мікродобрив, оскільки

останні, активізуючи ріст рослин, посилюють поглинання елементів живлення з ґрунту.

### **3.4. Ріст і розвиток рослин залежно від рівня мінерального живлення**

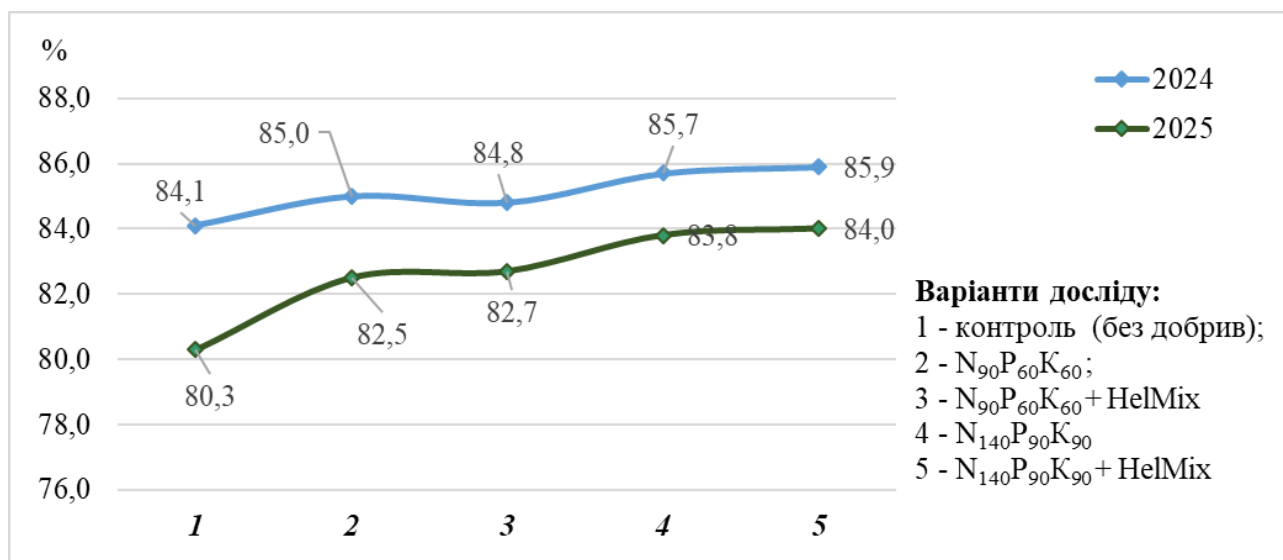
Врожай зерна кукурудзи залежить від умов росту рослин на кожному етапі їхнього розвитку, тому важливо приділяти увагу кожному етапу вирощування. Неправильно підібрані або проведені агротехнічні заходи, недостатнє живлення чи захист рослин можуть стати причиною значного недобору врожаю.

Одним з перших етапів формування майбутнього врожаю є проростання насіння, яке оцінюють за показниками польової схожості. Передпосівна підготовка ґрунту та сівба головним завданням мають забезпечення появи дружніх та своєчасних сходів рослин. Доведено, що зниження польової схожості на 1% спричинює недобір врожаю ярих зернових на рівні 1,5–2,0% [44]. На етапі проростання зародок живиться, головним чином, тими речовинами, які містяться в насінні. За сприятливого температурного режиму проростання відбувається достатньо швидко. При цьому польова схожість суттєво залежить від терміну сівби (який враховує температуру ґрунту), норми висіву, передпосівної обробки насіння, умов живлення. Наприклад, якщо норма висіву надто велика, насінини під час проростання виділяють сполуки, пригнічують проростання сусідніх насінин [44]. Водночас, хоча у досліді на темно-сірому опідзоленому ґрунті польова схожість насіння на варіантах з удобренням була на 1,5% вищою, ніж без добрив, більший вплив на цей показник мають особливості гібрида та ґрунтово-кліматичні умови [44].

У проведеному досліді польова схожість насіння кукурудзи змінювалася за роками, що передусім пов'язане з відмінностями погодних умов, зокрема, різкими зниженнями температури у травні 2025 р.

Найнижчий показник польової схожості насіння кукурудзи отримано на ділянці контролю як у 2024, так і у 2025 році. Водночас, сприятливіший температурний режим періоду сівби 2024 р. дозволив отримати повніші сходи, тому показник польової схожості був вищим: 84,1% проти 80,3% у 2025 р. На ділянках, де вносили добрива, польовова схожість насіння кукурудзи у 2024 р.

коливалася в межах 85,0–85,9%. У 2025 р. цей показник змінювався за варіантами з удобренням від 82,5% (варіант 2) до 84,0% (варіант 5).



**Рисунок 3.5 – Польова схожість насіння кукурудзи залежно від норм удобрення**

В обидва роки коливання польової схожості насіння кукурудзи між варіантами з різними нормами добрив є незначними (меншими, ніж зниження показника внаслідок несприятливих погодних умов у 2025 р.). Тому можемо відзначити, що добрива, внесені восени та навесні у передпосівну культивуацію, дещо покращують схожість насіння, але мають менший вплив, ніж погодні умови. Разом з тим, позитивний вплив добрив на схожість насіння є більш вираженим саме у рік з різкими коливаннями температури у період проростання насіння.

Формування продуктивного стеблостою є запорукою отримання високого врожаю зерна кукурудзи та визначається густотою рослин і сортовими особливостями [9, 50]. Густота стояння рослин на одиниці площі є одним із чинників впливу на зернову продуктивність кукурудзи, безпосередньо впливає на ростові процеси рослин, проходження фенологічних фаз і загальну тривалість вегетаційного періоду [3]. Кількість рослин на певній площі визначає площу живлення кожної рослини. Кукурудза сильніше, ніж інші зернові культури, відгукується на зміну площі живлення, тому відповідним підбором ширини міжрядь і кількості рослин у ряду можна досягти істотного збільшення врожаю й покращення його якості [32]. Підтвердженням цього є збільшення вмісту



крохмалю у зерні різних сортів кукурудзи при збільшенні ширини міжрядь з 70 до 91,4–96,5 см [43].

У досліді густота рослин у період завершення вегетації змінювалася як за роками досліду, так і за варіантами удобрення. Різниця між роками зумовлена впливом метеорологічних умов. Більше рослин на одиниці площі у кожному з варіантів було зафіксовано у 2024 р. В обидва роки на ділянці контролю, де добрива не вносили, рослин перед збиранням врожаю на 1 м<sup>2</sup> було найменше: у 2024 р. – 5,42 шт., у 2025 р. – 5,17 шт. (табл. 3.4)

**Таблиця 3.4 – Густота рослин перед збиранням врожаю за різних норм удобрення кукурудзи**

| Варіанти досліду                                             | польова<br>схожість*,<br>% | Густота рослин, шт./м <sup>2</sup> |         |         |                     |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------------------|
|                                                              |                            | 2024 р.                            | 2025 р. | середня | ± до<br>контролю, % |
| 1. Контроль – без добрив                                     | 82,2                       | 5,42                               | 5,17    | 5,30    | -                   |
| 2. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>           | 83,8                       | 5,64                               | 5,39    | 5,52    | 4,2                 |
| 3. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + HelMix  | 83,7                       | 5,79                               | 5,48    | 5,64    | 6,4                 |
| 4. N <sub>140</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>          | 84,8                       | 5,87                               | 5,58    | 5,73    | 8,1                 |
| 5. N <sub>140</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + HelMix | 85,0                       | 6,01                               | 5,70    | 5,86    | 10,6                |

\*- середнє значення за 2024 – 2025 рр.

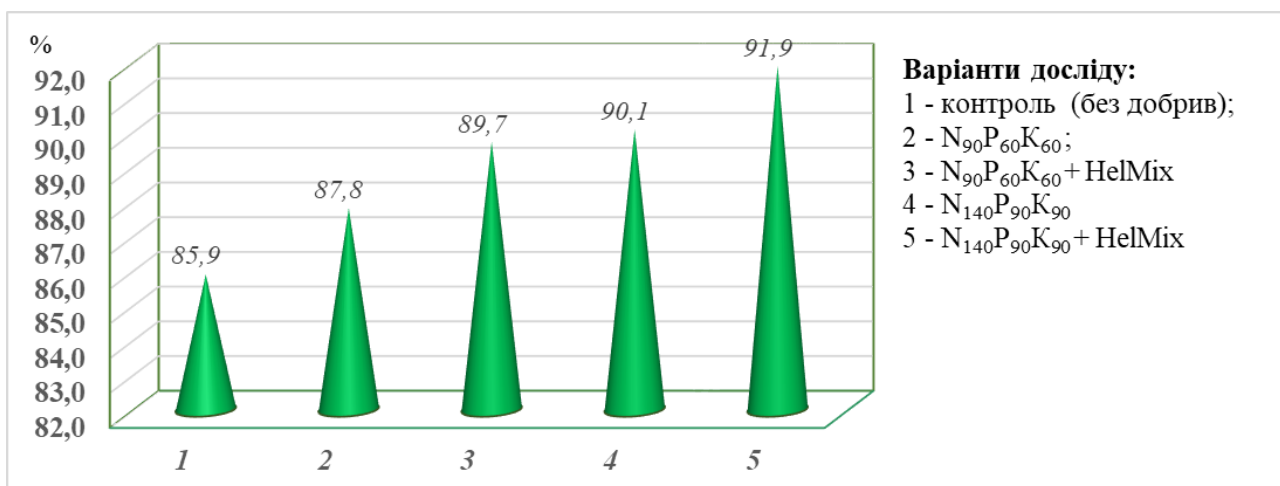
Внесення мінеральних добрив та додаткове підживлення мікродобривами мали позитивний вплив на густоту рослин на 1 м<sup>2</sup>. Зокрема, у 2024 р. у варіанті 2 (вносили лише мінеральні добрива у кількості N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) на 1 м<sup>2</sup> перед збиранням врожаю виявлено 5,64 шт. рослин, у варіанті 4 (N<sub>140</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>) – 5,87 шт. Додаткове підживлення мікродобривами збільшувало густоту рослин до 5,79 шт. на ділянці варіанту 3 (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + HelMix) та 6,01 – у варіанті 5 (N<sub>140</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> + HelMix).

У 2025 р. густота рослин перед збиранням врожаю у варіантах, де вносили лише мінеральні добрива становила 5,39 шт. (варіант 2) та 5,58 шт. (варіант 4). Мікродобрива також сприяли збільшенню кількості рослин на 1 м<sup>2</sup> перед

збиранням врожаю. Зокрема, на ділянці варіанту 3 перед збиранням врожаю зафіксовано 5,48 шт. рослин кукурудзи, а на ділянці з максимальним удобренням та підживленням мікродобривами – 5,70 шт.

В середньому за два роки досліджень густота рослин перед збиранням врожаю на ділянці контролю становила 5,30 шт./м<sup>2</sup>. Внесення мінеральних добрив у кількості N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> збільшувало густоту рослин на 4,2%, а у кількості N<sub>140</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> – на 8,1%. Найкращим було поєднання мінерального удобрення та підживлення мікроелементами. Залежно від кількості внесених добрив, густота рослин перед збиранням врожаю зростає на 6,4–10,6%.

Зміна густоти рослин перед збиранням врожаю за варіантами, та зменшення кількості рослин на одиниці площі впродовж періоду вегетації є наслідком того, що частина рослин внаслідок дії стресових умов не виживають та гинуть. У проведеному досліді найменший відсоток виживання рослин спостерігався на ділянці контролю та становив відповідно 85,9% (рис. 3.6).



**Рисунок 3.6 – Виживання рослин кукурудзи за період вегетації залежно від удобрення**

Внесення мінеральних добрив у кількості N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> на ділянці варіанту 2 збільшувало частку рослин, що вижили, до 87,8%. За умови додаткового підживлення мікродобривами на фоні вказаної норми NPK виживання рослин зростало до 89,7%. Збільшення норми мінеральних добрив до N<sub>140</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> забезпечувало створення кращих умов живлення рослин, тому їхня здатність витримувати різноманітні стресові впливи зростала. Відповідно, частка рослин, що вижили впродовж вегетації, збільшилася до 90,1%. Найвищою частка

виживання росли була за умови поєднанні внесення мінеральних добрив у кількості  $N_{140}P_{90}K_{90}$  з мікродобривом HelMix – 91,9%.

Отже можемо зазначити, що внесення мінеральних добрив є ефективним заходом для покращення густоти посіву кукурудзи та підвищення частки рослин, що вижили впродовж вегетації. Застосування мікродобрива серії HelMix забезпечує найвищі показники густоти рослин та виживання за період вегетації при нормі удобрення  $N_{140}P_{90}K_{90}$ .

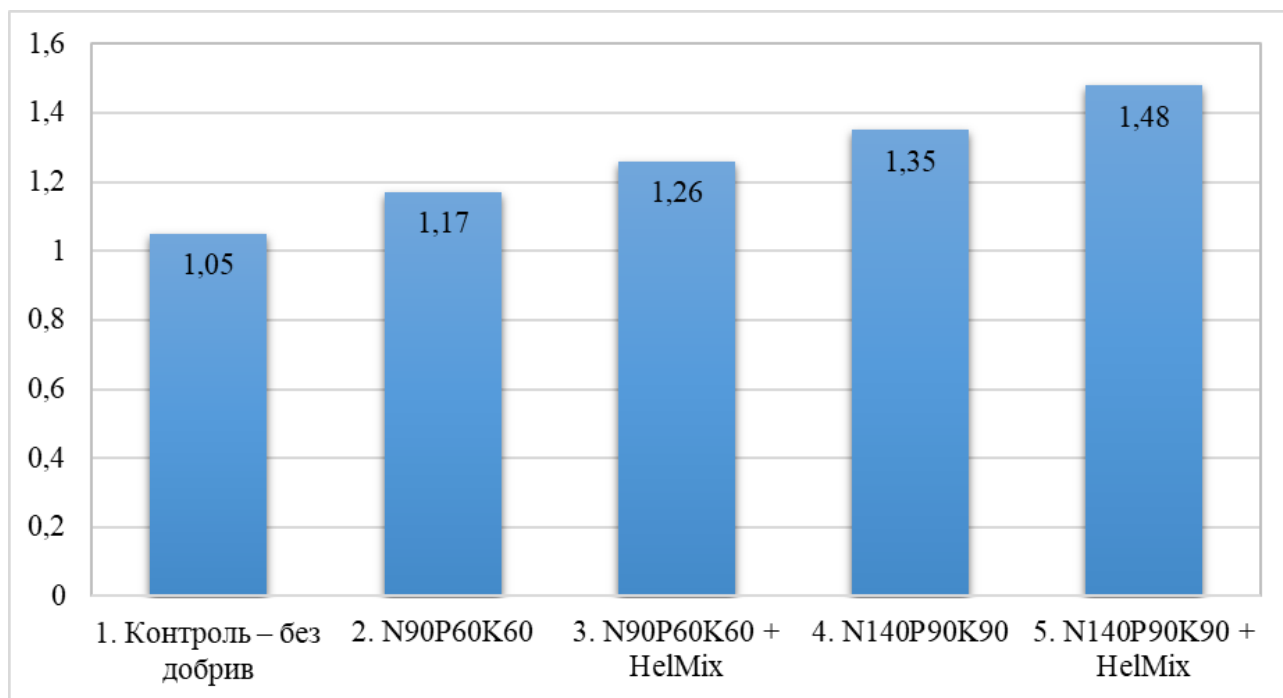
### **3.5. Вплив удобрення на елементи структури врожаю кукурудзи**

Індивідуальна продуктивність рослин кукурудзи є важливим елементом, який визначає загальну продуктивність, оскільки саме від кількості та якості продуктивних органів кожної рослини залежить рівень кількості зібраного зерна. Висока індивідуальна продуктивність досягається за умов оптимального живлення, водозабезпечення та густоти стояння, що забезпечують повне використання потенціалу фотосинтетичного апарату. Покращення елементів структури врожаю, а саме довжини та діаметра качана, кількості рядів і зерен у ряді, маси 1000 зерен – можливе завдяки збалансованому внесенню макро- і мікродобрив, використанню високопродуктивних та багатокачанних гібридів та оптимізації поживного режиму протягом вегетації. Важливим у цьому процесі є застосування мікроелементних препаратів, які підвищують запилення і налив зерна. Позитивний вплив удобрення на показники структури врожаю кукурудзи підтверджено дослідями багатьох вчених [22, 31, 40].

Важливим показником структури врожаю є кількість качанів на рослині. Це спадкова ознака, яка найбільше залежить від генетичних особливостей гібриду. Проте, частково на неї можна впливати й правильно підібраними агротехнічними заходами. Зазвичай, за оптимальних умов термічного режиму та зволоження, достатнього рівня мінерального живлення, оптимальної густоти стояння рослин такі рослини формують 2 господарсько-придатних качани [22, 33]. Водночас, якщо на рослині формується більше качанів, то другий качан, зазвичай, матиме меншу довжину та кількість зерен у ряді. Маса 1000 зернин також буде меншою

[53]. Саме тому достатнє забезпечення поживними речовинами, як макро- так і мікроелементами, є важливим для отримання врожаю належної якості.

У досліді кількість качанів на рослині змінювалася за варіантами. В середньому за два роки досліджень найнижчі показники отримано на ділянці контролю – 1,05 штук (рис. 3.7).



**Рисунок 3.7 – Кількість качанів та одній рослині за різних норм удобрення**

На ділянках, де вносили мінеральні добрива окремо або у поєднанні з підживленням мікроелементами, кількість качанів на рослині збільшувалася: у варіантах з нормою мінеральних добрив  $N_{90-140}P_{60-90}K_{60-90}$  кількість качанів на рослині становила 1,17 та 1,35 штук, тобто, зростала порівняно з контролем на 11–28%. Додаткове застосування препарату HelMix на фоні вказаних норм добрив збільшило кількість качанів на рослині в середньому до 1,26 та 1,48 штук, що на 20–41% більше, ніж на контролі та 7,6–9,6% вище, ніж за використання лише мінеральних добрив.

Залежно від норми удобрення у досліді змінювалися такі показники як діаметр качана та його довжина. Найменший діаметр мали качани з ділянки контролю, де добрива під кукурудзу не вносили – в середньому за роки досліджень – 3,3 см. При внесенні відповідних норм мінеральних добрив на ділянках варіантів 2 та 4 діаметр качана зростав до 3,7 та 4,2 см (приріст до контролю 12 та 27%) (таблиця 3.5).

**Таблиця 3.5 – Елементи структури врожаю кукурудзи за різних умов живлення**

| Варіант                                                      | Діаметр качана, см | Довжина качана, см | Кількість рядів зерен, шт. | Кількість зерен в ряді, шт. | Маса 1000 зерен |
|--------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------|
| 1. Контроль – без добрив                                     | 3,3                | 16,0               | 14,0                       | 24,5                        | 275             |
| 2. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>           | 3,7                | 18,3               | 16,2                       | 26,7                        | 290             |
| 3. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + HelMix  | 4,0                | 19,8               | 16,7                       | 27,1                        | 295             |
| 4. N <sub>140</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>          | 4,2                | 21,6               | 18,3                       | 29,6                        | 302             |
| 5. N <sub>140</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + HelMix | 4,7                | 22,4               | 18,6                       | 31,0                        | 305             |

Підживлення посівів кукурудзи мікродобривами HelMix у варіантах 3 та 5 забезпечувало збільшення діаметра качана відповідно до 4,0 та 4,7 см. Найбільший діаметр мали качани за умов внесення N<sub>140</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> + HelMix. Максимальний приріст показника у порівнянні з варіантом контролю становив 42%. Застосування мікродобрив на фоні мінеральних збільшувало діаметр качана на 8–11%, що підтверджує доцільність їх використання.

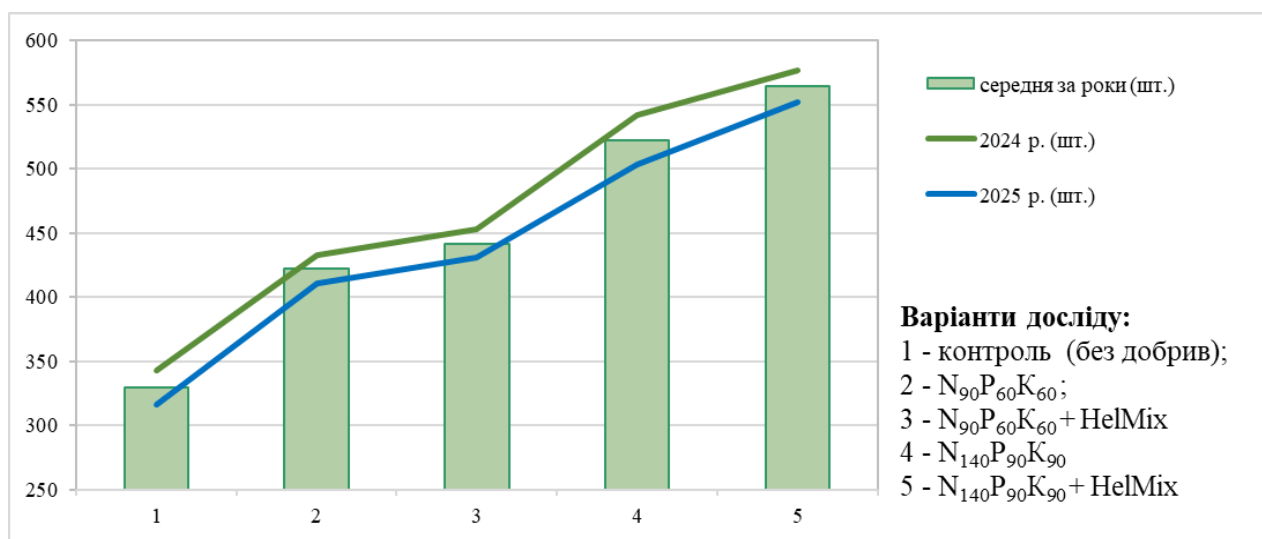
Довжина качана також була мінімальною на ділянці контролю – 16,0 см в середньому за два роки дослідження, та зростала до 18,3–21,6 см за умови внесення мінеральних добрив N<sub>90-140</sub>P<sub>60-90</sub>K<sub>60-90</sub>. Приріст до контролю становив 14–35%. Мікродобрива HelMix, внесені у підживлення впродовж вегетації, сприяли збільшенню довжини качанів до 19,8–22,4 см, що на 23–40% перевищувало показник контролю та було на 3–8% вище, ніж за умови внесення лише NPK.

Кількість рядів зерен у качані також збільшувалася з покращенням умов живлення рослин. Якщо на ділянці контролю кількість рядів зерен становила 14 штук, то за внесення N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (варіант 2) зросла до 16,2 шт., перевищення над контролем – 15%. Збільшення норми добрив до N<sub>140</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> (варіант 4) зумовило формування качанів в середньому з 18,3 рядами зерен, тобто на 30% вище контролю. За умови підживлення мікродобривом на ділянці варіанту 3 (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + HelMix) у качані формувалося в середньому 16,7 рядів зерен. Це на 19% вище,

ніж на контролі, та на 3% вище, ніж при внесенні окремо мінеральних добрив. Найбільша кількість рядів зерен сформувалась на ділянці варіанту 5 ( $N_{140}P_{90}K_{90}$  + HelMix) – 18,6 штук. Приріст до контролю у цьому варіанті склав 32%, а до варіанту 4 ( $N_{140}P_{90}K_{90}$ ) – 2%.

Кількість зерен у ряді змінювалася за варіантами дослідів наступним чином: найменшим цей показник був на ділянці контролю – 24,5 шт. Внесення мінеральних добрив та підживлення мікродобривами зумовлювали збільшення кількості зерен у ряді. Якщо на ділянці контролю у ряді містилося в середньому 24,5 зерен, то за умови внесення  $N_{90-140}P_{60-90}K_{60-90}$  – 26,7–29,6 штук. Приріст кількості зерен у ряді порівняно з контролем становить 9–20%. На ділянках, де додатково проводили підживлення мікродобривом HelMix, кількість зерен у ряді становила 27,1–31,0 штук, тобто додатково 10–26% до контролю.

Оскільки кількість рядів у качані та кількість зерен у ряді змінювалися залежно від удобрення, відповідно до цього змінювалася й загальна кількість зерен з одного качана (рис. 3.8). Загалом для умов 2024 р. було зафіксовано більшу кількість зерен у кожному варіанті дослідів. Зокрема, на ділянці контролю кількість зерен з 1 качана в середньому становила 330 шт. та змінювалася за роками від 343 у 2024 р. до 316 у 2025 р.



**Рисунок 3.8 – Вплив удобрення на кількість зерен в 1 качані кукурудзи**

На ділянках з удобренням та внесенням мікроелементів кількість зерен з 1 качана у 2024 р. змінювалася від 433 до 577 штук, досягаючи максимального значення при внесенні  $N_{140}P_{90}K_{90}$  + HelMix. У 2025 р. цей діапазон коливання становив 411–552 штуки. Загальною тенденцією було збільшення кількості зерен

у качані при збільшенні надходження макро- та мікроелементів у ґрунт з добривами. В середньому за два роки кількість зерен з 1 качана на варіантах з внесенням добрив окрему та сумісно з препаратом HelMix становила 422–564 штуки.

Маса 1000 зерен також змінювалася залежно від норми внесення добрив. Найменшу масу 1000 зерен отримано на ділянці контролю – 275 г. За норми внесення  $N_{90}P_{60}K_{60}$  маса зростала на 15 г та становила 290 г. Збільшення норми до  $N_{140}P_{90}K_{90}$  забезпечило зростання показника до 302 г. Позитивний вплив підживлення мікродобривами проявився також і у збільшенні маси 100 зерен до 295–305 г. Приріст до контролю на найкращому варіанті ( $N_{140}P_{90}K_{90}$  + HelMix) становив 11%.

Отже, оптимізація умов живлення шляхом внесення макро- та мікроелементів сприяла покращенню показників індивідуальної продуктивності кукурудзи. Застосування препарату HelMix на фоні внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню кожного з показників на 2–11% у порівняння з внесенням лише мінеральних добрив.

### **3.6. Вплив удобрення на врожайність кукурудзи**

Сучасні гібриди кукурудзи, які вирощують у західному регіоні України, є адаптованими до місцевих умов та забезпечують отримання стабільних врожаїв. Оскільки кукурудза є достатньо вимогливою до наявності поживних елементів у ґрунті, саме внесення макро- та мікроелементів є вагомим засобом впливу на продуктивність культури. Достатня кількість елементів живлення збільшує масу кореневої системи рослин, вегетативних та репродуктивних органів, площу листової поверхні, сприяє пришвидшенню фотосинтезу, підвищує стійкість до дії несприятливих зовнішніх умов.

У проведеному досліді врожай зерна кукурудзи змінювався за варіантами залежно від рівня мінерального живлення. Також простежувалися зміни за роками залежно від метеорологічних умов (рис. 3.9).

У 2024 р. на ділянці контролю отримано найменшу кількість зерна – 6,24 т/га (табл. 3.5). Внесення мінеральних добрив у кількості  $N_{90}P_{60}K_{60}$  забезпечило

додаткове отримання 2,06 т/га зерна, загальна врожайність на ділянці варіанту 2 становила 8,3 т/га. Додаткове підживлення препаратом HelMix на фоні вказаної норми мінеральних добрив (варіант 3) сприяло підвищенню врожайності до 9,18 т/га, тобто, приріст до контролю становив 47%, а до варіанту 2, де мікродобрива не застосовували – 10%. За норми удобрення  $N_{140}P_{90}K_{90}$  на ділянці варіанту 4 отримано 10,35 т/га зерна, що на 65% вище за показник контролю, та на 24% вище, ніж за меншої норми добрив (варіант 2). Найбільшу кількість зерна отримано на ділянці варіанту 5, де схема удобрення кукурудзи поєднувала мінеральні добрива та підживлення мікродобривом  $N_{140}P_{90}K_{90} + \text{HelMix}$  – 11,27 т/га. Приріст до контролю у цьому варіанті становив 80%, а приріст до варіанту 4 ( $N_{140}P_{90}K_{90}$ ) – 8%.

**Таблиця 3.5 – Врожайність кукурудзи на темно-сірому опідзоленому ґрунті за різних норм удобрення**

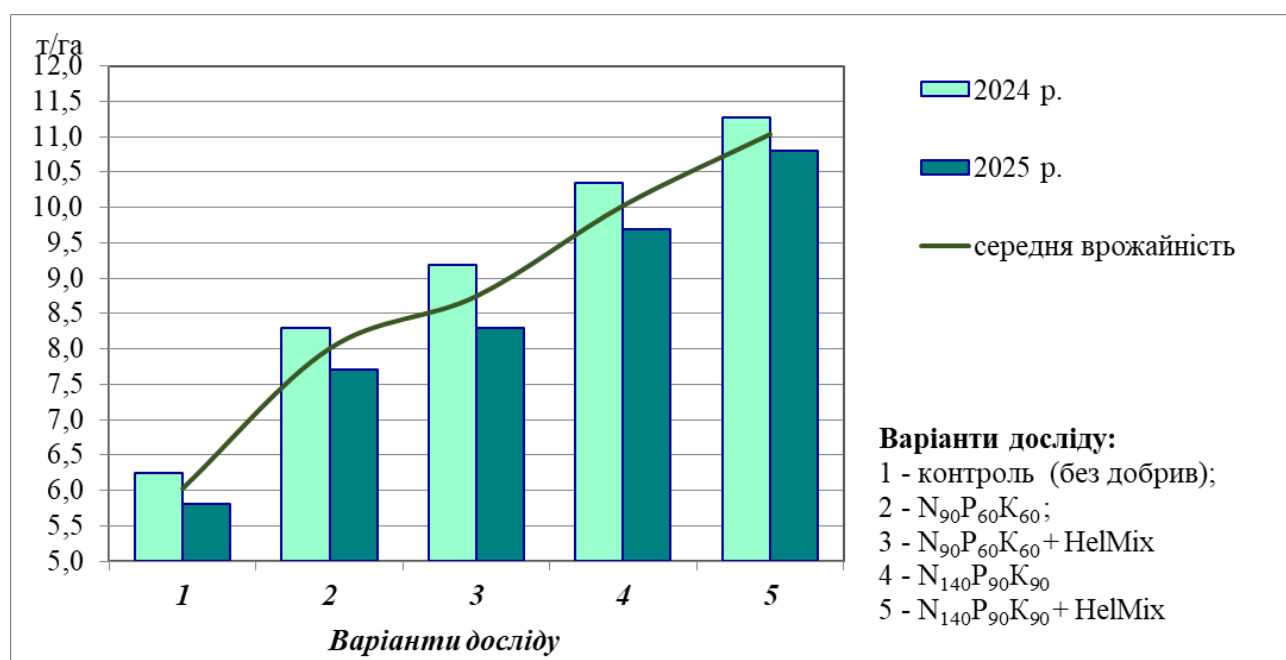
| Варіанти дослідів                        | Урожайність, т/га |         | Середня врожайність, т/га | ± до контролю |      |
|------------------------------------------|-------------------|---------|---------------------------|---------------|------|
|                                          | 2024 р.           | 2025 р. |                           | т/га          | %    |
| 1. Контроль – без добрив                 | 6,24              | 5,80    | 6,02                      | -             | -    |
| 2. $N_{90}P_{60}K_{60}$                  | 8,30              | 7,70    | 8,00                      | 1,98          | 32,9 |
| 3. $N_{90}P_{60}K_{60} + \text{HelMix}$  | 9,18              | 8,30    | 8,74                      | 2,72          | 45,2 |
| 4. $N_{140}P_{90}K_{90}$                 | 10,35             | 9,70    | 10,03                     | 4,01          | 66,5 |
| 5. $N_{140}P_{90}K_{90} + \text{HelMix}$ | 11,27             | 10,80   | 11,04                     | 5,02          | 83,3 |
| середнє, т/га                            | 9,07              | 8,46    | 8,77                      |               |      |
| $HN_{05}$                                | 0,11              | 0,20    |                           |               |      |

У 2025 р. врожайність кукурудзи коливалася в межах 5,80 – 10,80 т/га. Загалом зберігалася тенденція до збільшення врожайності на ділянках з вищими нормами добрив. Найменшу кількість зерна отримано на ділянці контролю – 5,80 т/га. За норми  $N_{90}P_{60}K_{60}$  (варіант 2) врожай зріс до 7,70 т/га, тобто на 1,9 т/на або ж на 32%. На ділянці варіанту 3 з внесенням  $N_{90}P_{60}K_{60} + \text{HelMix}$  отримано 8,30



т/га. Приріст до контролю – 43%, а до варіанту без застосування мікродобрів – 8%. Норма добрив  $N_{140}P_{90}K_{90}$  (варіант 4) забезпечила формування врожаю зерна кукурудзи на рівні 9,70 т/га, перевищення над контрольним варіантом склало 3,9 т/га (67%). Максимальний приріст врожаю сформувався на ділянці варіанту 5 за норми удобрення  $N_{140}P_{90}K_{90}$  + HelMix – на 5,0 т/га або 86% більше, ніж на контролі. Додаткове застосування мікродобрива HelMix на фоні  $N_{140}P_{90}K_{90}$  дозволило отримати зерна кукурудзи на 1,1 т/га (11%) більше, ніж за внесення окремо  $N_{140}P_{90}K_{90}$ .

В середньому за два роки досліджень врожайність кукурудзи на ділянці контролю становила 6,02 т/га. У варіантах, де вносили лише мінеральні добрива у кількості  $N_{90-140}P_{60-90}K_{60-90}$  приріст врожаю склав 1,98–4,01 т/га (32,9–66,5%).



**Рисунок 3.9 – Врожайність кукурудзи за різних норм мінерального живлення**

Найбільш ефективним у досліді було поєднання вказаних норм NPK з підживленнями мікродобривом HelMix впродовж вегетації. Приріст до контролю у цих варіантах становив 2,72–5,02 т/га (45,2–83,3%). Найвища врожайність спостерігалась на ділянці варіанту 5 ( $N_{140}P_{90}K_{90}$  + HelMix) – 11,04 т/га.

Отже, внесення мінеральних добрив мало позитивний вплив на врожайність кукурудзи на чорноземі опідзоленому. В обидва роки приріст врожаю при

застосуванні мікродобрива HelMix був на рівні 8–11%, що підтверджує їхню ефективність у підвищенні продуктивності кукурудзи.

### **3.7. Якість зерна кукурудзи за різних норм удобрення**

Реалізація агротехнічних прийомів, що забезпечують покращення якісних параметрів зерна – насамперед підвищення вмісту білка та вдосконалення його амінокислотного профілю – зазвичай є економічно виправданою і дає швидкий ефект у вигляді зростання рентабельності виробництва [37, 67].

Якісні показники зерна, зокрема вміст білка та крохмалю, залежать від багатьох чинників. До них належать як особливості сорту або гібриду, так і умови вирощування [19]. Вплив на накопичення крохмалю та протеїну у зерні кукурудзи мають метеорологічні умови. Зокрема, у дослідях на чорноземі типовому Лісостепу України вищий вміст крохмалю (69,9%) простежувався у роки з достатнім рівнем зволоження порівняно з жаркими посушливими роками (69,3%) [43]. Дослідження, проведені у різних регіонах України, підтверджують залежність якості зерна від норми добрив внесених під кукурудзу [6, 23, 37]. Наприклад, покращення умов поживного режиму кукурудзи зумовлює збільшення у зерні білка та жирів.

У проведеному досліді вивчали вплив різних норм добрив на вміст протеїну та крохмалю у зерні кукурудзи. Зокрема, найнижчий вміст протеїну отримано на ділянці контролю, де вирощували кукурудзу без внесення добрив – 8,6% (середнє значення за 2 роки досліджень) (табл. 3.6). Внесення мінеральних добрив у кількості  $N_{90}P_{60}K_{60}$  збільшувало вміст протеїну у зерні на 0,9% – до 9,5%. Це зумовлено тим, що азот, який входить до складу добрив є основним елементом для синтезу білків. Закономірно, що збільшення норми удобрення до  $N_{140}P_{90}K_{90}$  підвищувало вміст протеїну до 10,4%. Мікродобрива, які вносили у підживлення на фоні вказаних норм мінеральних добрив, сприяли тому, що рослини краще засвоювали азот з ґрунту, тому вміст білка у зерні підвищувався. На ділянці варіанту 3 ( $N_{90}P_{60}K_{60}$  + HelMix) зерно містило 9,8% протеїну, а на ділянці варіанту 5 ( $N_{140}P_{90}K_{90}$  + HelMix) – 10,6%, що було найкращим показником

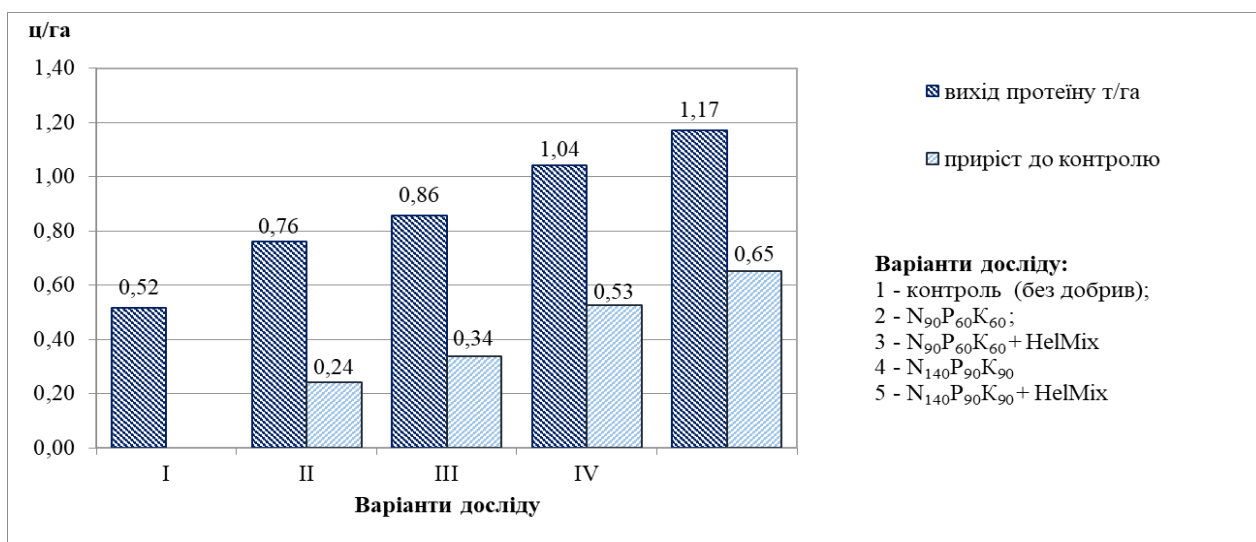
у досліді. Максимальний приріст вмісту протеїну у зерні у порівнянні з варіантом контролю становив 23%.

**Таблиця 3.6 – Якісні показники зерна кукурудзи за різних норм удобрення**

| Варіант                                                      | Вміст протеїну |               | Вміст крохмалю |               |
|--------------------------------------------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
|                                                              | %              | ± до контролю | %              | ± до контролю |
| 1. Контроль – без добрив                                     | 8,6            | -             | 73,0           | -             |
| 2. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>           | 9,5            | 0,9           | 71,6           | -1,4          |
| 3. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + HelMix  | 9,8            | 1,2           | 71,3           | -1,7          |
| 4. N <sub>140</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>          | 10,4           | 1,8           | 71,0           | -2,0          |
| 5. N <sub>140</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + HelMix | 10,6           | 2,0           | 70,2           | -2,8          |

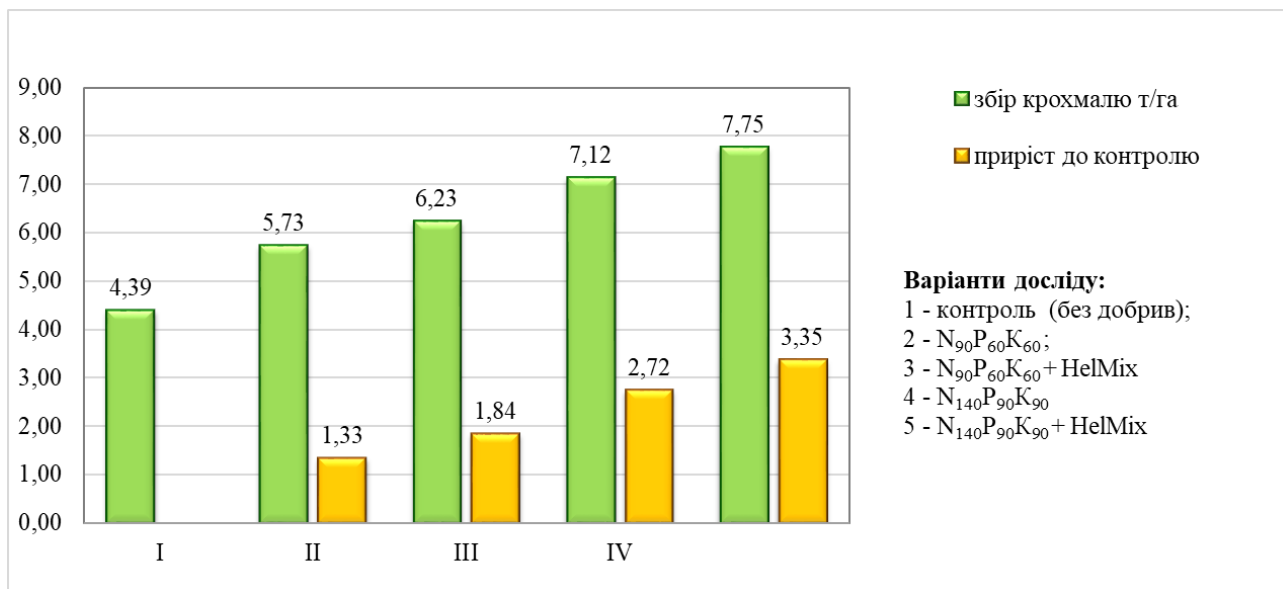
Вміст крохмалю у зерні кукурудзи найвищим був на ділянці контролю - 73,0% та поступово зменшувався при застосуванні добрив. На ділянках де мінеральні добрива вносили у кількостях N<sub>90-140</sub>P<sub>60-90</sub>K<sub>60-90</sub> вміст крохмалю у зерні становив 71,6–71,0%. А підживлення мікродобривом HelMix на фоні мінеральних добрив формувало зерно з вмістом крохмалю 71,3–70,2%.

Вихід протеїну з одиниці площі також зростає на ділянках, де вносили добрива. Найменше його отримали на ділянці контролю – 0,52 т/га (рис. 3.10). Найбільший збір протеїну у досліді одержали за умови внесення N<sub>140</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> + HelMix – 1,17 т/га, приріст до контролю становив 0,65 т/га.



**Рисунок 3.10. – Вихід протеїну з одиниці площі за різних норм удобрення кукурудзи**

Вихід крохмалю з одиниці площі також збільшувався при збільшенні норми внесених добрив (рис. 3.11). Попри те, що вміст крохмалю у зерні ставав меншим, вищий збір крохмалю з одиниці площі формувався за рахунок приросту урожайності зерна. На ділянці контролю вихід крохмалю з 1 га становив 4,39 т/га, у варіантах з внесенням добрив та підживленні препаратом HelMix – 5,73–7,75 т/га. Найвищий приріст – 3,35 т/га – забезпечило поєднання мінеральних добрив у кількості  $N_{140}P_{90}K_{90}$  та мікродобрива HelMix



**Рисунок 3.11 – Вихід крохмалю з одиниці площі за різних норм удобрення кукурудзи**

Загалом, результати дослідів підтвердили позитивний вплив застосування добрив на вміст протеїну у зерні кукурудзи, а також збір протеїну та крохмалю з одиниці площі.

### **3.8. Економічна та енергетична ефективність мінерального живлення кукурудзи**

Виробництво зерна кукурудзи характеризується високою енергетичною раціональністю, адже його вирощування, зберігання та переробка потребують відносно невеликих енергетичних затрат порівняно з іншими галузями сільського господарства. На формування однієї кілокалорії кукурудзяного зерна витрачається лише близько 0,2–0,3 ккал енергії, що робить цю культуру однією з найекономічніших у виробництві. Для порівняння, на отримання 1 ккал енергії з цукрового буряку потрібно близько 0,8 ккал, тоді як у виробництві яловичини енерговитрати сягають 10–15 ккал [37]. Це свідчить про те, що зернова

продукція, зокрема кукурудза, є ефективним джерелом енергії як у харчуванні, так і в енергетичному балансі аграрного виробництва.

Рентабельність внесення добрив під кукурудзу розраховано, відштовхуючись від вартості 1 т зерна кукурудзи 9000 грн.

Зі збільшенням кількості зібраного зерна по варіантах зростала вартість отриманої продукції. Зокрема, на ділянці контролю цей показник становив 54 180 грн/га та був найнижчим, то на ділянці варіанту 5 ( $N_{140}P_{90}K_{90} + \text{HelMix}$ ) зростав до 99 360 грн/га, тобто на 45 180 грн/га (83,4%), досягаючи максимального значення.

Попри зростання вартості продукції зросли й виробничі витрати, пов'язані із купівлею та внесенням добрив. Вирощування кукурудзи на ділянці контролю потребувало 32 140 грн/га. На ділянках з внесенням різних норм добрив та мікродобрива HelMix виробничі затрати коливалися в межах 40 250 – 44 100 грн/га.

**Таблиця 3.9 – Економічна та енергетична ефективність вирощування кукурудзи за різних умов мінерального живлення**

| Показник                             | Варіанти дослідів |        |        |       |        |
|--------------------------------------|-------------------|--------|--------|-------|--------|
|                                      | 1                 | 2      | 3      | 4     | 5      |
| Урожайність, ц/га                    | 6,02              | 8      | 8,74   | 10,03 | 11,04  |
| Вартість продукції, грн/га           | 54180             | 72000  | 78660  | 90270 | 99360  |
| Виробничі затрати, грн/га            | 32140             | 40250  | 41000  | 43560 | 44100  |
| Собівартість, грн/т                  | 5338,9            | 5031,3 | 4691,1 | 4343  | 3994,6 |
| Чистий прибуток, грн/га              | 22040             | 31750  | 37660  | 46710 | 55260  |
| Рівень рентабельності, %             | 68,6              | 78,9   | 91,9   | 107,2 | 125,3  |
| Енергоемність технології, МДж        | 20964             | 26590  | 26980  | 30170 | 30760  |
| Енергоемність врожаю, МДж            | 56720             | 75410  | 82600  | 92700 | 97480  |
| Коефіцієнт енергетичної ефективності | 2,71              | 2,84   | 3,06   | 3,07  | 3,17   |

Собівартість вирощування 1 тонни зерна була високою на ділянці контролю – 5 338,9 грн. При внесення добрив, проведенні підживлення мікродобривом собівартість зерна поступово знижувала. Без використання мікродобрив вона становила 5031,3–4343,0 грн/га. За додаткового застосування препарату HelMix вирощування 1 т зерна обходилося у 4691,1–3994,6 грн. Найнижча собівартість зерна формувалася за схеми удобрення  $N_{140}P_{90}K_{90} + \text{HelMix}$ .

Чистий прибуток зростав від контрольного варіанту до ділянки варіанту 5 знесенням  $N_{140}P_{90}K_{90} + \text{HelMix}$ . Найменший показник чистого прибутку у досліді становив 22040 грн/га, а максимальний - 55260 грн/га (перевищення склало 33220 грн/га).

Рівень рентабельності на ділянці контролю становив 68,6% (значна рентабельність без внесення добрив зумовлена високими цінами на 1 т зерна). Внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{90-140}P_{60-90}K_{60-90}$  підвищувало рентабельність вирощування кукурудзи до 78,9–107,2. За додаткового застосування препарату HelMix на фоні  $N_{140}P_{90}K_{90}$  вирощування кукурудзи було найбільш рентабельним – 125,3%.

Енергетична ефективність внесення добрив під кукурудзу визначається співвідношенням між енергетичними витратами на їх виробництво, транспортування і внесення та приростом енергії, накопиченої в урожаю зерна. Згідно з проведеними розрахунками, застосування мінеральних добрив і мікроелементів забезпечує суттєве підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності – від 2,71 на контролі до 3,07–3,17 у варіантах із внесенням  $N_{140}P_{90}K_{90}$  окремо та у поєднанні з HelMix. Це свідчить, що кожна одиниця витраченої енергії повертається у вигляді 3 і більше одиниць енергії, акумульованої в зерні. Незважаючи на збільшення енерговитрат при інтенсифікації технології, загальна енергетична віддача значно зростає завдяки вищій урожайності та кращій якості продукції.

Таким чином, застосування оптимальних норм добрив під кукурудзу є енергетично доцільним і підвищує стійкість виробництва за рахунок більш раціонального використання енергетичних ресурсів.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

#### 4.1. Аналіз стану охорони праці у господарстві

Ведення сільськогосподарського виробництва, зокрема і вирощування рослинницької продукції, пов'язане з комплексом специфічних технологічних операцій, а також з використанням хімічних речовин, що може становити загрозу здоров'ю працівників. Тому у кожному господарстві важливо дотримуватися законодавства про охорону праці та створити безпечні робочі умови.

Основні вимоги щодо організації охорони праці на підприємствах різних форм власності та напрямів діяльності закріплено в законі “Про охорону праці” та нормативно-правових документах, розроблених на його основі [54]. Відповідно до цих документів, найважливішими принципами охорони праці є пріоритет життя і здоров'я працівників, власник несе повну відповідальність за створення нешкідливих і безпечних умов праці, соціальний захист працівників, у разі нещасних випадків на виробництві, професійних травм і захворювань повне відшкодування збитків потерпілим особам. Окрім цього відповідні служби та підрозділи підприємств зобов'язані проводити навчання населення, підвищувати професійну підготовку та кваліфікацію працівників у сфері охорони праці. Водночас, на сьогоднішній день недостатній контроль з боку держави та працедавців до організації належних умов праці та зосередженість підприємств здебільшого на економічних аспектах виробництва, спричиняють зростання кількості виробничих травм та професійних захворювань.

У досліджуваному господарстві існує посада інженера з охорони праці, який разом з керівником підприємства та головним агрономом забезпечує створення нешкідливих умов праці. У його обов'язки входить своєчасне виявлення та усунення можливих причин виробничого травматизму та професійних захворювань, розробка профілактичних заходів щодо усунення травматизму. Усі працівники господарства забезпечені необхідними заходами індивідуального захисту, проходять необхідні інструктажі з охорони праці, особливо перед

початком польових робіт. Аналіз даних щодо виробничого травматизму і професійних захворювань у господарстві можна провести за актами про нещасний випадок (форма Н-1), професійні захворювання (звіти форми 7-ТВН). Дані показників виробничого травматизму в господарстві за 2024–2025 рр. свідчать, що протягом вказаного періоду часу серед працівників не зафіксовано нещасних випадків, травм та захворювань, пов'язаних з виробничими умовами.

#### **4.2. Покращення гігієни праці, пожежної безпеки і техніки безпеки при вирощуванні кукурудзи**

Забезпечення безпечних умов праці у процесі вирощування кукурудзи є одним із пріоритетних напрямів організації виробничого процесу в сільському господарстві. Технологія вирощування цієї культури включає широкий спектр механізованих операцій – від передпосівного обробітку ґрунту та сівби до збирання й транспортування врожаю, – що зумовлює необхідність дотримання вимог охорони праці на кожному етапі. Основна мета системи охорони праці полягає у створенні безпечних, здорових та комфортних умов роботи для працівників, зниженні рівня виробничого травматизму та запобіганні професійним захворюванням.

Гігієна праці при виконанні польових робіт повинна базуватися на раціональній організації трудових процесів, належному технічному стані машин і агрегатів, а також дотриманні санітарно-гігієнічних норм. Під час роботи на відкритому повітрі працівники піддаються впливу метеорологічних факторів — високих температур, ультрафіолетового випромінювання, пилу та шуму від техніки. Для мінімізації їх негативного впливу слід забезпечувати належні умови праці: наявність засобів індивідуального захисту (головних уборів, респіраторів, навушників), дотримання режиму праці та відпочинку, організацію місць для короткочасного відпочинку та питного водопостачання. Не менш важливим є проведення інструктажів з охорони праці перед початком сезону та при зміні технологічних операцій.

Підвищення рівня безпеки при роботі з агрохімікатами (мінеральними добривами, гербіцидами, інсектицидами) має велике значення, оскільки



неправильне поводження з ними може спричинити не лише шкоду здоров'ю працівників, а й забруднення навколишнього середовища. Всі роботи із приготування робочих розчинів, заправлення обприскувачів та обробки посівів повинні виконуватися в спеціальному одязі, гумових рукавичках, окулярах та респіраторах. Забороняється палити, приймати їжу або воду під час роботи з пестицидами. Після завершення робіт працівники повинні пройти санітарну обробку, а спецодяг – очищення або заміну.

Значну увагу необхідно приділяти пожежній безпеці. Кукурудзяні поля у фазі воскової та повної стиглості є легкозаймистими, особливо у посушливі періоди. Джерелами займання можуть стати несправні машини, іскри з вихлопних систем тракторів, необережне поводження з вогнем. Для запобігання пожежам слід своєчасно перевіряти технічний стан машин, оснащувати їх іскрогасниками, не допускати паління на полі та поблизу місць зберігання палива. Під час збирання врожаю необхідно організувати чергування працівників із вогнегасниками, лопатами, бочками з водою чи піском.

Техніка безпеки під час роботи на сільськогосподарських машинах передбачає перевірку справності гальмівної системи, гідравліки, рульового керування, а також правильне приєднання агрегатів до тракторів. Перед початком руху необхідно переконатися у відсутності людей поблизу робочих органів. Категорично забороняється виконувати регульовальні або ремонтні роботи на працюючих механізмах. Усі працівники повинні пройти навчання з правил експлуатації техніки та отримати відповідні посвідчення. При виконанні нічних робіт поля мають бути освітлені, а транспорт – обладнаний світловими сигналами.

Важливою складовою сучасної системи безпеки є моніторинг стану здоров'я працівників. Особи, що постійно працюють із пестицидами або в умовах підвищеного шуму, повинні проходити медичні огляди двічі на рік. Роботодавець зобов'язаний вести облік інструктажів, не допускати до роботи осіб у стані втоми чи алкогольного сп'яніння, а також забезпечувати належні умови праці для жінок і молоді.

Загалом, підвищення рівня гігієни праці, техніки безпеки та пожежної безпеки є необхідною умовою сталого розвитку аграрного виробництва. Це не лише зменшує ризики для працівників, але й підвищує продуктивність праці, довговічність техніки та економічну ефективність технологій вирощування кукурудзи.

#### **4.3. Захист населення у надзвичайних ситуаціях**

Захист населення і працівників агропідприємств у надзвичайних ситуаціях (НС) є складовою національної системи цивільного захисту України. У сучасних умовах діяльності сільського господарства зростає ризик виникнення як природних, так і техногенних надзвичайних ситуацій, які можуть мати суттєві наслідки для життя людей, тварин і довкілля. Для територій, де вирощується кукурудза, найбільш імовірними є пожежі, буревії, зливи, град, аварії з витоком хімічних речовин, а також воєнні дії чи руйнування критичної інфраструктури.

Основною метою заходів цивільного захисту є запобігання або мінімізація наслідків таких подій. Кожне господарство повинно мати план дій у надзвичайних ситуаціях, затверджений керівником, який визначає порядок оповіщення, евакуації та дій персоналу. Важливо забезпечити наявність засобів колективного та індивідуального захисту, аптечок, вогнегасників, джерел резервного водопостачання й автономного живлення.

У разі виникнення пожежі чи вибуху на зерносховищах або паливних складах дії працівників повинні бути чітко координованими: негайно повідомляється служба ДСНС, знеструмлюються електромережі, припиняється подача палива, евакуюються люди та техніка з небезпечної зони. Для таких ситуацій необхідно проводити регулярні навчання з відпрацювання евакуації та ліквідації пожеж.

Особливу увагу слід приділяти захисту від хімічних речовин, адже у сільському господарстві широко застосовують пестициди, добрива, пальне. У разі витоку чи розливу небезпечних речовин необхідно негайно локалізувати джерело забруднення, обмежити доступ сторонніх осіб і провести дегазацію або

нейтралізацію. Працівники мають користуватися засобами індивідуального захисту – респіраторами, рукавичками, спецодягом.

У районах, що зазнають впливу воєнних дій або перебоїв у постачанні, важливо забезпечити резервні запаси води, палива, продовольства та медикаментів.

Невід’ємною частиною системи захисту є моніторинг і прогнозування можливих надзвичайних ситуацій. Своєчасне отримання метеорологічних і технологічних даних (наприклад, про ризик злив, посухи, підвищення температури чи витік добрив) дозволяє запобігти втратам урожаю та зберегти життя людей. Для цього сучасні агропідприємства все частіше впроваджують системи супутникового моніторингу, сенсорів вологості, температури та пожежної небезпеки.

Отже, організація заходів з охорони праці, пожежної безпеки і цивільного захисту при вирощуванні кукурудзи є не лише юридичним обов’язком, але й практичною необхідністю. Вона забезпечує стійкість виробництва, зменшує ризики травматизму та матеріальних збитків, підвищує соціальну відповідальність аграрного бізнесу та гарантує збереження життя і здоров’я працівників.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

#### 5.1. Охорона ґрунтового покриву

Інтенсифікація агровиробництва, що виражається у значному збільшенні частки кукурудзи в сівоzmінах Лісостепу України, створює високі ризики деградації ґрунтового покриву, зокрема чорноземів типових та опідзолених, сірих лісових ґрунтів. Кукурудза, як просапна культура, характеризується тривалим періодом відкритої поверхні ґрунту та значним виносом елементів живлення, що каталізує процеси водної та вітрової ерозії, дегуміфікації та погіршення структурно-агрегатного стану ґрунту [45]. Впровадження ефективних ґрунтозахисних заходів є критично необхідною умовою для забезпечення сталого землеробства.

Основою охорони ґрунтів є науково-обґрунтована сівоzmіна, де максимально допустиме насичення кукурудзою не повинно перевищувати 30-35%, а повернення культури на те саме поле має відбуватися не раніше, ніж через 3-4 роки [14]. Ключову роль у відновленні родючості відіграє включення до сівоzmіни багаторічних трав та сидеральних культур (гірчиця, редька олійна), які, завдяки потужній кореневій системі та формуванню рослинних решток, покращують структуру, підвищують вміст органічної речовини та забезпечують захист ґрунту від ерозії у не вегетаційний період.

Другим, не менш важливим, елементом є оптимізація механічного обробітку: перехід від традиційної полицевої оранки, яка посилює ерозію, до мінімального (*Mini-Till*) або нульового (*No-Till*) обробітку. Ці технології дозволяють залишати на поверхні значну кількість пожнивних решток, які функціонують як шар мульчі, знижуючи швидкість поверхневого стоку води, запобігаючи краплинній ерозії та мінімізуючи втрати ґрунтової вологи [5]. Крім того, технології мінімального або нульового обробітку ґрунту становлять значний інтерес у контексті підвищення здатності агроєкосистем до акумуляції вуглецю, що може відігравати важливу роль у пом'якшенні наслідків змін клімату.

Також важливе значення має збалансоване мінеральне живлення відповідно до результатів ґрунтової діагностики та регулярне вапнування кислих ґрунтів Лісостепу для підтримання оптимального для кукурудзи рН 6,0–7,0, що запобігає хімічній деградації ґрунту [39].

Значний вплив на ґрунти при вирощуванні кукурудзи має й застосування гербіцидів. Доведено, що застосування гербіцидів упродовж трьох років поспіль в системі захисту кукурудзи призвело до зниження вмісту загальної біомаси мікроорганізмів у ґрунті на 8–57% порівняно з перелогом та зростання інтенсивності виділення  $\text{CO}_2$  з ґрунту на 2–13% порівняно з контролем, залежно від виду хімічного препарату [11].

Таким чином, ефективна охорона ґрунтів при вирощуванні кукурудзи вимагає інтеграції біологічних та агротехнічних заходів, спрямованих на збереження гумусу та структурного стану ґрунту.

## **5.2. Стан водних ресурсів**

Водні ресурси залишаються ключовим природним активом планетарного масштабу. Спостерігається суттєва диспропорція між зростанням глобального водоспоживання та демографічними процесами: за останнє століття обсяги використання води збільшилися більш ніж удвічі відносно приросту населення. Ця тенденція підтверджує, що посилення демографічного та економічного розвитку є основою безпрецедентного навантаження на відновлювані, але кінцеві водні запаси.

Антропогенний тиск на водні екосистеми знаходить своє відображення у погіршенні якості та безпечності поверхневих водойм, питної води, а також у змінах у складі та чисельності водної біоти (населення водойм). Інтенсифікація використання водних ресурсів у секторах сільського та рибного господарства є однією з ключових причин забруднення водних об'єктів. Це збільшення обігу води сприяє надходженню різних полютантів. Крім того, активна проліферація ціанобактерій (синьо-зелених водоростей) у континентальних водоймах є індикатором як глобальних кліматичних змін, так і безпосереднього

антропогенного втручання у природні водні ресурси. Цей феномен свідчить про порушення екологічної рівноваги у водних середовищах.

Потрапляння азоту та фосфору з добрив у поверхневі водойми спричинює їх цвітіння. «Цвітіння» води – масовий розвиток одного або декількох видів водоростей (найчастіше – ціанобактерій) у водоймі, що супроводжується зміною забарвлення (кольоровості) води.

Одним із заходів пригнічення розвитку ціанобактерій є застосування гумінових речовин. Гумінові речовини (гумінові кислоти, фульвокислоти) у певних концентраціях негативно позначаються на рості, розвитку та активності ціанобактерій. Гумінові речовини, як складова органічної речовини та резерв органічного вуглецю в його глобальному кругообігу, за підвищення їх концентрації у водоймах здійснюють негативний вплив на гідробіоти. Однак, саме гумінові речовини здатні регулювати активність фітопланктону. Внесення гумінових речовин (концентрацією 2–5 мг/дм<sup>3</sup>) у водойми помітно впливає на активність фітопланктону – пригнічення вегетації фітопланктону, зменшення слизоутворення ціанобактерій та інактивація синтезу ціанотоксинів. Пригнічення забезпечується лужним рН гумітів, високим вмістом заліза та міді [49].

У господарстві “\*\*\*\*\*” впроваджують заходи щодо охорони водних об’єктів, зокрема, наприклад, навколо озер, ставків, вздовж річок виділено спеціальні водоохоронні зони, де господарська діяльність підлягає певним обмеженням. Однак поблизу водойм є звалища сміття, що загалом є джерелом забруднення поверхневих вод.

### **5.3. Охорона атмосферного повітря**

Ефективне вирощування кукурудзи за сучасних агротехнологій передбачає не лише оптимізацію продуктивності, а й зменшення негативного впливу на якість атмосферного повітря. Насамперед слід врахувати, що сільське господарство є помітним джерелом аміаку (NH<sub>3</sub>), що призводить до погіршення якості повітря. Згідно з оцінками, лише в межах ЄС на сільське господарство припадає близько 93% всіх емісій аміаку – переважно через внесення

мінеральних азотних добрив та органічних відходів [63]. Цей факт свідчить про необхідність інтегрованого підходу до управління добривами, ґрунтом і технологіями обробітку з метою мінімізації викидів у повітря.

По-перше, контроль за внесенням азоту є ключовим. Дослідження показують, що оптимізований режим внесення N-добрив (зниження норм, розподілення у кілька внесків) у вирощуванні кукурудзи дозволяє зберегти або навіть підвищити урожай при зменшенні негативного впливу: так, скорочення внесення азоту з 160 до 145 кг N/га за певних умов не погіршило врожай, але сприяло зниженню екологічного навантаження [73]. Практичним вирішенням є застосування добрив, що менш схильні до втрат аміаку (наприклад, нітратні форми чи з інгібіторами уреаз) замість сечовини без контролю.

По-друге, оптимізація агротехнічних заходів: застосування ґрунтозахисних технологій, сівозміни, покривних культур, мінімального чи нульового обробітку ґрунту допомагає зменшити підняття пилу в повітря. Зменшення кількості обробіток і уникнення спалювання стерні також сприяють зниженню емісій пилу та продуктів згоряння.

По-третє, управління рештками та внесення органічних речовин. Наприклад, заміна традиційного спалювання стерні кукурудзи або внесення великого обсягу азотних добрив на технології перетворення соломи в біовугілля (biochar) або інші стабілізовані форми органічної речовини дозволяє зменшити викиди парникових газів та аміаку без втрати врожайності [64].

Варто уникати розміщення полів з інтенсивним внесенням добрив поблизу густозаселених зон чи місць з низьким обміном повітря. Створення зелених зон-буферів навколо полів або вибір менш вітряних ділянок також сприяє затриманню та осадженню часток.

Врахування таких заходів відповідає цілям сталого розвитку аграрного виробництва і може бути успішно інтегровано у виробничі системи в Україні.

#### **5.4. Охорона та примноження біорізноманіття**

Збереження біорізноманіття при вирощуванні кукурудзи є важливим викликом, оскільки інтенсивні технології, спрямовані на підвищення урожайності, нерідко призводять до збіднення флори та фауни агроєкосистем.

Біорізноманіття в агроландшафтах кукурудзяних полів охоплює не лише видову різноманітність рослин і тварин, але й мікроорганізми ґрунту, які забезпечують колообіг елементів живлення, стабільність структури ґрунту та його родючість. Зниження рівня біорізноманіття внаслідок монокультурного вирощування кукурудзи, надмірного використання агрохімікатів та недотримання сівозмін веде до деградації ґрунтового середовища, зростання ерозійних процесів і зменшення стійкості агроєкосистем до кліматичних коливань.

Для збереження біорізноманіття необхідно впроваджувати комплексну систему екологічно орієнтованих заходів. Одним із базових є дотримання науково обґрунтованих сівозмін, у яких кукурудза чергується з бобовими, зерновими та багаторічними травами, що сприяє підтриманню різноманіття ґрунтової біоти та природному відновленню родючості. Зменшення інтенсивності механічного обробітку ґрунту, застосування мінімального або нульового обробітку (no-till) допомагає зберігати структуру орного шару, гнізда дощових черв'яків і колонії мікроорганізмів. Важливою умовою є раціональне використання добрив і засобів захисту рослин: внесення їх відповідно до потреб культури та фактичного вмісту елементів живлення у ґрунті, що запобігає забрудненню навколишнього середовища й збереженню популяцій корисних комах.

Крім того, значну роль відіграє створення польових лісосмуг і буферних смуг із місцевих трав'янистих рослин, які служать притулком для запилювачів, ентомофагів і дрібних птахів. Біорізноманіття сприяє стабілізації агроєкосистем: підвищує стійкість кукурудзяних посівів до шкідників, хвороб і стресових чинників довкілля. Підтримання природного різноманіття є також економічно доцільним, адже забезпечує довготривалу продуктивність угідь, знижує потребу в агрохімікатах і сприяє формуванню позитивного екологічного іміджу агровиробництва.

Таким чином, інтеграція принципів біорізноманіття у технології вирощування кукурудзи є необхідною умовою формування сталих, екологічно безпечних і економічно ефективних агросистем.



## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На підставі отриманих результатів досліджень впливу норм удобрення та підживлення препаратами HelMix на показники продуктивності кукурудзи можемо сформулювати наступні висновки:

1. Фізичні та фізико-хімічні параметри чорнозему опідзоленого відповідають вимогам кукурудзи до ґрунту. Ґрунт має середній вміст і запаси гумусу, тому важливо забезпечувати надходження органічних решток як з органічними добривами, так і з побічними рештками сільськогосподарських культур, практикувати посів сидератів.

2. Внесення мінеральних добрив сприяє покращенню поживного режиму чорнозему опідзоленого на різних етапах розвитку кукурудзи. За умови додаткового підживлення мікродобривами на фоні мінеральних добрив, вміст NPK (N – 114 мг/кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 103 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 125 мг/кг) у ґрунті знижується порівняно з варіантами без мікродобрив (N – 117 мг/кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 108 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 129 мг/кг), оскільки останні, активізуючи ріст рослин, посилюють поглинання елементів живлення з ґрунту.

3. Застосування мінеральних добрив є ефективним заходом для покращення густоти посіву кукурудзи та підвищення частки рослин, що вижили впродовж вегетації. Застосування мікродобрива серії HelMix забезпечує найвищі показники густоти рослин (5,86 шт./м<sup>2</sup>) та виживання за період вегетації (91,9%) при нормі удобрення N<sub>140</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>.

4. Оптимізація умов живлення шляхом внесення макро- та мікроелементів сприяла покращенню показників індивідуальної продуктивності кукурудзи. Застосування препарату HelMix на фоні внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню кожного з показників на 2–11% у порівнянні з внесенням лише мінеральних добрив.

5. Внесення мінеральних добрив мало позитивний вплив на врожайність кукурудзи на чорноземі опідзоленому. Найвища врожайність спостерігалась на ділянці варіанту 5 (N<sub>140</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> + HelMix) – 11,04 т/га. В обидва роки приріст

врожаю при застосуванні мікродобрива HelMix був на рівні 8–11%, що підтверджує їхню ефективність у підвищенні продуктивності кукурудзи.

6. Якість зерна кукурудзи покращувалася при застосуванні мінеральних добрив та препарату HelMix. Найвищий вміст білка (10,6%) та його збір з 1 га (1,17 т/га) отримали при внесенні  $N_{140}P_{90}K_{90}$  + HelMix. У цьому ж варіанті був найвищий вихід крохмалю (7,75 т/га).

7. Застосування оптимальних норм добрив під кукурудзу є економічно та енергетично доцільним і підвищує стійкість виробництва за рахунок більш раціонального використання енергетичних ресурсів. Максимальний чистий прибуток (55260 грн/га) отримано за схеми удобрення  $N_{140}P_{90}K_{90}$  + HelMix (перевищення до контролю склало 33220 грн/га). Рентабельність вирощування кукурудзи при внесенні лише мінеральних добрив становила 107,2%. За додаткового застосування препарату HelMix на фоні  $N_{140}P_{90}K_{90}$  вирощування кукурудзи було найбільш рентабельним – 125,3%.

Отже, в умовах Західного Лісостепу на чорноземі опідзоленому під кукурудзу гібриду СИ Скорпіус рекомендовано вносити мінеральні добрива у кількості  $N_{140}P_{90}K_{90}$  (фосфорно-калійні – восени під оранку,  $N_{100}$  – у формі аміачної селітри під передпосівну культивуацію,  $N_{40}$  – у формі карбаміду у підживлення) у поєднанні з підживленням мікродобривом HelMix (2.0 л/га, 3-6 листків). Така схема удобрення створює оптимальні умови живлення рослин та забезпечує високий врожай зерна доброї якості.

## БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Асанішвілі Н.М., Буслаєва Н.Г., Шляхтурова С.П. Вплив агрохімічного навантаження на забезпеченість рослин елементами живлення та врожайність кукурудзи в Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2020. Вип. 32. С. 9–19.
2. Бойко П., Коваленко Н. Традиційно й по «нулю». *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 14-16.
3. Влащук А., Прищепко М., Желтова А. Цариця полів. Чинники урожайності. *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 12–13.
4. Волощук М. Деградація ґрунтів – глобальна екологічна проблема. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2017. Випуск 51. С. 63–70.
5. Волощук О.П., Волощук І.С., Глива В.В., Пащак М.О. Біологічні вимоги гібридів кукурудзи до умов вирощування в Західному Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 65. С. 22–36. <https://doi.org/10.32636/01308521.2019>.
6. Гангур В.В., Єремко Л.С., Руденко В.В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивності гібридів формування кукурудзи різних груп стиглості. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 117. С. 37–43.
7. Гаськевич В. Г., Папіш І. Я., Телегуз О. Г. Фізика ґрунтів. Лабораторний практикум. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 170 с.
8. Геренчук К. І. Природа Волинської області. Львів, 1972. 151 с.
9. Грабовський М.Б., Озерова Л.В. Продуктивність та вологість зерна гібридів кукурудзи компанії «Монсанто» залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення. *Агробіологія*. 2012. Вип. 7(91). С. 97–102.
10. Ґрунти Волинської області / за ред. М. Й.Шевчука. Луцьк : РВВ «Вежа», 1999. 162 с.
11. Дем'янюк О. С., Шацман Д. О. Біологічна активність чорнозему типового за внесення гербіцидів у технології вирощування кукурудзи. *Агроекологічний журнал*. 2029. № 3. С. 93–99. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183479>

12. Дідур І. М., Циганський В. І., Телеватюк Б. І. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від біологізації системи удобрення в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 3. С. 5-14. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf\\_2023\\_3\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2023_3_3) (дата звернення: 25.11.2024).
13. Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник Полтавської ДАА*. 2016. № 4. С. 63–66.
14. Єщенко В. О. Роль сівозмін у сучасному землеробстві. Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства НААН”. 2015. Вип. 1. С. 23–27.
15. Зінченко О., Салатенко В., Білоножко М. Рослинництво: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2001. С. 183–210.
16. Зубрейчук М.С., Газінська Т.В., Ткаченко І.С. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від гідротермічних умов вегетації. *Насінництво*. 2012. № 3. С. 7–12
17. Іванюк М.Ф., Павлюк О.С. Формування агрофітоценозу кукурудзи на фоні екологізації землеробства в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція». *Науковий вісник Нац. університету біоресурсів і природокористування України*. 2010. №149. С. 171–176
18. Каленська С.М., Говенько Р.В. Продуктивність кукурудзи залежно від забезпечення тепловими одиницями та живлення різними видами азотних добрив. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. Вип. 30. С. 112–121.
19. Камінський В.Ф., Асанішвілі Н.М. Формування якості зерна кукурудзи різних напрямів використання залежно від технології вирощування в Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 74–84.
20. Ківер В.Х., Онопрієнко Д.М. Вплив способів, строків і видів застосування мінеральних добрив на поживний режим ґрунту та продуктивність кукурудзи. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2011. №1. С.76–80.
21. Красновський С. Рекомендації щодо строків сівби кукурудзи. *Агроном*. 2014. № 1(43). С. 138–140.

22. Кричковський Ю. Ю. Вплив дигистату на структуру врожаю та продуктивність кукурудзи. *Зрошуване землеробство*. 2021. Вип. 75. С. 57–63. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zz\\_2021\\_75\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zz_2021_75_13) (дата звернення: 13.12.2024).
23. Крутякова В. І., Пиляк Н.В., Нікіпелова О.М. Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно з використанням нових біодобрив на основі осадів стічних вод. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 2 С. 58–63. URL: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234458> (дата звернення: 20.02.2025).
24. Ласло О. О., Олєпир Р. В. Ефективність комплексного удобрення в технології вирощування кукурудзи. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 11. С. 170–177. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ujns\\_2025\\_11\\_20](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ujns_2025_11_20).
25. Лень О.І., Тоцький В.М., Гангур В.В., Єремко Л.С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2–б. С. 52–58. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06> (дата звернення: 07.11.2024).
26. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво. Львів: НВФ “Українські технології”, 2008. 624 с.
27. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів, 2002. 800 с.
28. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця, 2017. 588 с.
29. Марченко О. Ранній посів кукурудзи – можливі ризики. *Зерно*. 2014. №3(96). С. 88–89.
30. Марченко О., Джура Ю. Реакція рослин кукурудзи на посушливі умови. *Зерно*. 2015. №4(109). С. 74–75.
31. Молдован Ж.А., Собчук С.І. Оцінка показників індивідуальної продуктивності рослин кукурудзи за допосівної обробки насіння та позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2018. Т. 2. № 1. С. 101–108. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0014> (дата звернення: 15.12.2024).
32. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: Друкарня «Друк», 2022. 376 с.

33. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Монографія. Вінниця: Видавництво «Друк». 2020. 536 с.
34. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Тривалість окремих міжфазних та вегетаційного періодів гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2019. Вип. 106. С. 119–127.
35. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця: ФОП Данилюк, 2013. 636 с.
36. Пащенко Ю.М., Кордін О.І. Вплив строків сівби на урожайність та показники якості зерна кукурудзи різних груп стиглості. *Зберігання і переробка зерна*. 2010. № 6(132). С. 47–48.
37. Петриченко В. Ф., Томашук О. В. Особливості формування показників якості зерна кукурудзи за різних технологій вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Т. 10. № 2. С. 29–37.
38. Півень А., Головашич О. Сійте кукурудзу в гребені. *Farmer*. 2009. №4. С.
39. Польовий В. М., Марчук І. У., Ященко Л. А., Ровна Г. Ф. Продуктивність короткоротаційної сівозміни Західного Полісся за післядії хімічної меліорації дерново-підзолистого ґрунту. *Вісник аграрної науки*. № 4 (865). 2025. С. 5–14.
40. Рудавська Н.М., Гук Р.М. Вплив удобрення на формування врожаю гібридів кукурудзи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 61. С. 123–134.
41. Семеняка І., Андрієнко А. Мінімізація і кукурудза. *Farmer*. 2013. № 5. С. 18–22.
42. Семеняка І., Андрієнко А., Григорєва О. Цариця полів. *Агробізнес сьогодні*. 2010. №10(185). С. 28–29.
43. Степаненко М. Вплив способів сівби на вміст крохмалю та білку в зерні гібридів кукурудзи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. 74(2), 107–115. [https://doi.org/10.32636/01308521.2023-\(74\)-2-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-2-10).
44. Танчик С. П., Мокрієнко В. А., Усатий Г.Ю. Польова схожість насіння кукурудзи залежно від рівня мінерального живлення. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006. № 4. С.18–25.

45. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. (2016). Формування сталих систем землекористування та охорони ґрунтів: актуальність та проблеми у сучасних умовах. *Український географічний журнал*, (3), 56–60.
46. Телегуз О. В. Агроєкологічна оцінка ґрунтів. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2013, 260 с.
47. Токмакова Л.М., Шевченко Л.А. Вплив поліміксобактерину на продуктивність кукурудзи за різного способу застосування. *Агроєкологічний журнал*. 2019. № 1. С. 80–84. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163266>.
48. Турак Ю. О., Григорів Я. Я. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення в Західному регіоні України. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 12. С. 248–256. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ujns\\_2025\\_12\\_27](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ujns_2025_12_27) (дата звернення: 12.12.2024).
49. Центи́ло Л. В., Стецюк І. М. «Цвітіння» води ціанобактеріями як екологічна небезпека водойм. *Агроєкологічний журнал*. 2023. № 3. С. 154-163.
50. Цехмейструк М.Г., Музафаров Н.М., Манько К.М. Аспекти вирощування кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 8. С. 28–32.
51. Чернобай Л., Музафаров Н., Попова К. Вектори адаптації. *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 20–24.
52. Черчель В., Дзюбецький Б., Таганцова Б. Багатокачанність кукурудзи - плюси та мінуси. *Пропозиція*. 2014 р. URL: <https://propozitsiya.com/articles/bahatokachannist-kukurudzy-plyusy-ta-minusy> (дата звернення: 12.03.2025).
53. Черчель В., Дзюбецький В., Марочко В. Адаптивні властивості кукурудзи. *Пропозиція*. 2014. № 3. С. 76–80.
54. Шевченко М., Шевченко О., Шевченко С. Епоха потепління і кукурудза. *Farmer*. 2014. № 3(51). С. 42–44.
55. Шевченко Н.В. Тривалість міжфазних періодів рослин гібридів кукурудзи залежно від обробки та позакоренових підживлень. *Збалансоване природокористування*. 2018. Вип. 1. С. 73–76.
56. Шевчук М. Й., Веремеєнко С. І., Лопушняк В. І. Агрохімія: Підручник. Ч. 2. Добрива та їх вплив на біопродуктивність ґрунту. Луцьк: Надстир'я, 2012. 440 с.

57. Biofuels Annual. URL: [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels+Annual+The+Hague+European+Union+E42024-0024.pdf&utm\\_source=chatgpt.com](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels+Annual+The+Hague+European+Union+E42024-0024.pdf&utm_source=chatgpt.com) (дата звернення: 18.11.2024).
58. Biswas D.K., Ma B.L. Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn. *Canadian Journal of Plant Science*. 2016. № 96 (3). P. 392–403.
59. Cereals. OECD–FAO Agricultural Outlook 2019–2028 © OECD/FAO 201. URL: [https://www.fao.org/4/CA4076EN/CA4076EN\\_Chapter3\\_Cereals.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.fao.org/4/CA4076EN/CA4076EN_Chapter3_Cereals.pdf?utm_source=chatgpt.com) (дата звернення: 25.07.2025).
60. Cox, W. J., & Cherney, J. H. (2015). Field-scale studies show site-specific corn population and yield responses to seeding depths. *Agronomy Journal*, 107, 2475–2481.
61. Despite russia's military aggression, Ukraine harvested 79.2 million tonnes of crops. Press Service of the Verkhovna Rada of Ukraine. Published on 03 January 2024. URL: <https://www.rada.gov.ua/en/news/News/245353.html> (дата звернення: 17.12.2024).
62. FAO: Global ag production to increase 14% in next decade. URL: [https://www.world-grain.com/articles/21657-fao-global-ag-production-to-increase-14-in-next-decade?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.world-grain.com/articles/21657-fao-global-ag-production-to-increase-14-in-next-decade?utm_source=chatgpt.com) (дата звернення: 14.05.2025)
63. [https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/sustainability/environmental-sustainability/natural-resources/clean-air\\_en?utm\\_source=chatgpt.com](https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/sustainability/environmental-sustainability/natural-resources/clean-air_en?utm_source=chatgpt.com) (дата звернення: 22.01.2025).
64. Komorowska M, Niemiec M, Sikora J, Suder M, Gródek-Szostak Z, Atilgan A, Ovcharuk O, Lach Ł, Kusa R, Duda J. Strategies for managing corn crop residue in the context of greenhouse gas emissions. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2024 Oct;31(50):60189-60205. doi: 10.1007/s11356-024-34759-9. Epub 2024 Oct 7. PMID: 39370468; PMCID: PMC11519224.
65. Liu, W., Tollenaar, M., Stewart, G., & Deen, W. (2004). Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. *Crop Science*, 44, 847–854.
66. Nemergut K.T., Thomison P.R., Carter P.R., Lindsey A.J. Planting depth affects corn emergence, growth and development, and yield. *Agronomy Journal*. 2021; 113: 3351–3360.



67. Nunes, Márcio van Es, Harold Schinelbeck, Robert James Ristow, Aaron Ryan, MaShew. (2018). No-till and cropping system diversification improve soil health and crop yield. *Geoderma*. 328. 10.1016/j.geoderma.2018.04.031.
68. Orteza, O. A., Lindsey, A. J., Thomison, P. R., Coulter, J. A., Singh, M. P., Carrijo, D. R., Quinn, D. J., Licht, M. A., & Bastos, L. (2023). Corn response to long-term seasonal weather stressors: A review. *Crop Science*, 63, 3210–3235.
69. Outlook for Ukrainian agricultural market. 2025. URL: [file:///C:/Users/PC/Downloads/outlook\\_english\\_fin\\_compressed.pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/outlook_english_fin_compressed.pdf) (дата звернення: 12.03.2025).
70. USDA збільшив прогноз виробництва та експорту української кукурудзи. URL: <https://ucab.ua/novyny/novyny-ta-pres-relizy-novyny/usda-zbilshyv-prognoz-vyrobnyctva-ta-eksportu-ukrayinskoyi-kukurudzy/> (дата звернення: 15.04.2025).
71. World – Maize – Market Analysis, Forecast, Size, Trends and Insights. URL: [https://www.indexbox.io/blog/maize-world-market-overview-2024-7/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.indexbox.io/blog/maize-world-market-overview-2024-7/?utm_source=chatgpt.com) (дата звернення: 08.05.2025).
72. World Agricultural Production. <https://esmis.nal.usda.gov/sites/default/release-files/5q47rn72z/4t64j7782/nv936n22q/production.pdf> (дата звернення: 25.11.2024).
73. Zhang L, Zhang WS, Meng QF, Hu YC, Schmidhalter U, Zhong CH, Zou GY, Chen XP. Optimizing Agronomic, Environmental, Health and Economic Performances in Summer Maize Production through Fertilizer Nitrogen Management Strategies. *Plants (Basel)*. 2023 Mar 29;12(7):1490.

# ДОДАТКИ

**ДОДАТОК А**  
**Технологічна карта вирощування кукурудзи на зерно**

Площа – 100 га  
Урожайність, т/га

- основної продукції 10

Попередник – озима пшениця  
Валовий збір, т

- основної продукції 1000

| Вид робіт                     | Механізований комплекс                     | Технологічні умови | Час проведення                 | Вид ресурсу | Найменування              | Од. вим. | Норма внесення на 1 га |
|-------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------|---------------------------|----------|------------------------|
| комбінований обробіток        | Horsch Djoker 8RT                          |                    | вирівнювання ґрунту            |             |                           |          |                        |
| Розкидання мінеральних добрив | Amazone ZG-B 8200 16207                    | кг 100-250         | перед оранкою                  | Добрива     | Суперфосфат гранульований | т        | 0,15                   |
| Розкидання мінеральних добрив | Amazone ZG-B 8200 16207                    | кг 100-250         |                                | Добрива     | Сульфат калію             | т        | 0,1                    |
| Оранка                        | KUHN MASTER 183                            | 25-27 см           |                                |             |                           |          |                        |
| Розкидання мінеральних добрив | Amazone ZG-B 8200 16207                    | кг 100-250         | перед передпосівним обробітком | Добрива     | Аміачна селітра           | т        | 0,2                    |
| Протруєння насіння            | PSB-15                                     | 12 л               | Перед сівбою                   | Протруйник  | Максим XL 035 FS Круїзер  | л/т      | 1,0<br>0,6             |
| Дискування                    | FARMET КОМПАКТМАТ                          | 5-6 см             | перед сівбою                   |             |                           |          |                        |
| Сівба                         | John Deere 8335R_Vaderstad Tempo_кукурудза | кукурудза          | друга декада травня            | Насіння     | СИ Скорпіус               | п/о      | 1                      |
| Обприскування                 | John Deere 4030R                           | 200 л              | після сівби                    | ЗЗР         | Мілагро 040 SC            | л,кг     | 1,0                    |

|               |                  |       |                        |         |               |      |      |
|---------------|------------------|-------|------------------------|---------|---------------|------|------|
| Обприскування | John Deere 4030R | 200 л | ВВСН 14-15             | ЗЗР     | Нурел Д       | л,кг | 1,0  |
|               |                  |       |                        |         | Аканто Плюс   | л,кг | 1,0  |
|               |                  |       |                        |         | HelMix        | л,кг | 2,0  |
|               |                  |       |                        | Добрива | карбамід      | т    | 0,2  |
| Обприскування | John Deere 4030R | 200 л | ВВСН 17-18             | Добрива | Кораген 20 SC | л,кг | 0,15 |
|               |                  |       |                        |         | Тілт Турбо    | л,кг | 1,0  |
|               |                  |       |                        |         | HelMix        | л,кг | 2,0  |
|               |                  |       |                        |         | карбамід      | л,кг | 5    |
|               |                  |       |                        | ЗЗР     | Наповал       | л,кг | 0,2  |
| Обмолот       | New Holland      |       | за повної<br>стиглості |         |               |      |      |

Додаток Б

Гранулометричний склад чорнозему опідзоленого

| Назва ґрунту                                                   | Генетичні<br>горизонти   | Глибина<br>відбору<br>зразків | Розмір частинок у мм, кількість у % |               |               |                |                 |        |                              | Назва за<br>гранулометричним<br>складом |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|
|                                                                |                          |                               | Фізичний пісок                      |               |               | Фізична глина  |                 |        | Сума                         |                                         |
|                                                                |                          |                               | пісок                               |               | пил           |                |                 | мул    | частинок<br><br>< 0,01<br>мм |                                         |
|                                                                |                          |                               | 1-0,25                              | 0,25-<br>0,05 | 0,05-<br>0,01 | 0,01-<br>0,005 | 0,005-<br>0,001 | <0,001 |                              |                                         |
| чорнозем<br>опідзолений<br>крупнопилувато-<br>легкосуглинковий | <i>He<sub>op</sub></i>   | 0-29                          | 0,0                                 | 14,0          | 61,4          | 11,0           | 6,0             | 9,6    | 26,6                         | легкосуглинковий                        |
|                                                                | <i>He<sub>n/op</sub></i> | 35-45                         | 0,0                                 | 11,6          | 60,0          | 6,4            | 8,0             | 14,0   | 28,4                         | легкосуглинковий                        |
|                                                                | <i>Hp</i>                | 56-66                         | 0,0                                 | 9,2           | 57,4          | 8,2            | 5,2             | 20,0   | 33,4                         | середньосуглинковий                     |
|                                                                | <i>Ph</i>                | 85-95                         | 0,0                                 | 8,2           | 57,2          | 8,0            | 4,4             | 21,2   | 34,6                         | середньосуглинковий                     |
|                                                                | <i>P<sub>k</sub></i>     | 123-133                       | 0,0                                 | 13,9          | 51,3          | 7,6            | 8,0             | 19,2   | 34,8                         | середньосуглинковий                     |

## Додаток В

**Математична обробка даних врожайності кукурудзи СИ Скорпіус  
за 2024 рік**

**Однофакторний дисперсійний аналіз**

Одиниця вимірювання даних т/га

Варіантів – 5, повторень – 3

Вихідні дані

| Варіант | Середнє | Повторення |       |       |
|---------|---------|------------|-------|-------|
| 1       | 6,24    | 6,18       | 6,27  | 6,28  |
| 2       | 8,30    | 8,24       | 8,37  | 8,29  |
| 3       | 9,18    | 9,25       | 9,13  | 9,17  |
| 4       | 10,35   | 10,33      | 10,40 | 10,32 |
| 5       | 11,27   | 11,23      | 11,28 | 11,31 |

Середня по досліді – 9,07 т/га

Таблиця дисперсій

| Дисперсія | Сума<br>квадратів | Степені<br>свободи | Середній<br>квадрат | F       |
|-----------|-------------------|--------------------|---------------------|---------|
| Загальна  | 45,30             | 14                 |                     |         |
| Повторень | 0,004             | 2                  |                     |         |
| Варіантів | 45,3              | 4                  | 11,32               | 3734,87 |
| Залишку   | 0,02              | 8                  | 0,01                |         |

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

НІР = 0,11 т/га    або    1,21%

Сила впливу фактора = 0,99

Точність досліді = 0,35%    варіація даних = 19,83%

## Додаток В.2

**Математична обробка даних врожайності кукурудзи СИ Скорпіус  
за 2025 рік**

**Однофакторний дисперсійний аналіз**

Одиниця вимірювання даних т/га

Варіантів – 5, повторень – 3

Вихідні дані

| Варіант | Середнє | Повторення |       |       |
|---------|---------|------------|-------|-------|
| 1       | 5,80    | 5,71       | 5,88  | 5,80  |
| 2       | 7,70    | 7,78       | 7,72  | 7,61  |
| 3       | 8,30    | 8,18       | 8,39  | 8,34  |
| 4       | 9,70    | 9,79       | 9,68  | 9,64  |
| 5       | 10,80   | 10,90      | 10,71 | 10,79 |

Середня по досліді – 8,46 т/га

Таблиця дисперсій

| Дисперсія | Сума<br>квадратів | Степені<br>свободи | Середній<br>квадрат | F       |
|-----------|-------------------|--------------------|---------------------|---------|
| Загальна  | 44,22             | 14                 |                     |         |
| Повторень | 0,004             | 2                  |                     |         |
| Варіантів | 44,13             | 4                  | 11,03               | 1120,01 |
| Залишку   | 0,08              | 8                  | 0,01                |         |

Похибка середнього = 0,06

Похибка різниці середніх = 0,08

НІР = 0,20 т/га або 2,35%

Сила впливу фактора = 0,99

Точність досліді = 0,68%

варіація даних = 21,00%







