МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ
КАФЕДРА АГРОХІМІЇ ТА ҐРУНТОЗНАВСТВА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітнього ступеня – **Магістр**

на тему: **«Оптимізація мінерального удобрення кукурудзи у Західному Лісостепу»**

Виконав студент VI-го курсу, групи Аг-61
спеціальності 201 «Агрономія»
ВАЩУК Михайло Іванович

Керівник: **Н.І. ВЕГА**

Рецензент: **І.В. ДИДІВ**

Дубляни, 2024

УДК 631.82: 633.16](1-15)(292.485)

Оптимізація мінерального удобрення кукурудзи у Західному Лісостепу. Ващук М. І. – Кваліфікаційна робота. Кафедра агрохімії та ґрунтознавства. – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024 р.

87 стор. текс. част., 17 табл., 12 рис., 68 джерел

В кваліфікаційній роботі наведено результати досліджень з вивчення впливу азотного удобрення на фосфорно-калійному фоні на ріст, розвиток та формування продуктивності кукурудзи гібриду …… на сірому лісовому ґрунті Західного Лісостепу. Дослідження проводили у 2023-2024 рр. у …… …… ……

Встановлено, що застосування азотного удобрення на фосфорно-калійному фоні підвищує вміст у ґрунті легкогідролізованого азоту, рухомого фосфору та обмінного калію в період вегетації кукурудзи, позитивно впливає на ростові процеси рослин, що проявилося у збільшенні висоти рослин залежно від норми внесення азоту на 6,1-17,0 см та площі листкової поверхні – на 5,0-12,6 тис. $м^2$/га.

Відзначено ефективність внесення азоту у нормі N_{140} на фоні $P_{80}K_{80}$ у збільшенні урожайності та покращенні показників якості зерна кукурудзи. На даному варіанті удобрення отримано рівень урожайності зерна 13,87 т/га, масу 1000 зерен – 365,7 г, вміст білка – 10,1 %, вміст жиру – 4,14 %. Рівень рентабельності складає 83,2 %.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ ……..….. 3

ВСТУП …….. 6

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА УДОБРЕННЯ КУКУРУДЗИ ЯК ОСНОВА ПРОДУКТИВНОСТІ КУЛЬТУРИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ) 9

1.1 Особливості мінерального живлення та удобрення кукурудзи 9

1.2 Зміна показників родючості ґрунту під впливом удобрення кукурудзи 12

1.3 Формування урожайності та якості зерна кукурудзи за різного рівня мінерального удобрення ……..……..... 15

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ …… 20

2.1 Клімат зони та метеорологічні умови у роки досліджень 20

2.2 Агрохімічна характеристика ґрунту дослідної ділянки …….. 24

2.3 Методика проведення досліджень.....……..... 26

2.4 Технологія вирощування кукурудзи на дослідній ділянці та характеристика гібриду ……...……..... 28

РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЯ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ КУКУРУДЗИ У ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ (РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ) 31

3.1 Забезпеченість ґрунту основними елементам живлення в період вегетації кукурудзи залежно від удобрення .....……..... 31

3.2 Вплив норм азотних добрив на процеси росту та розвитку кукурудзи 36

3.3 Формування структури урожаю та урожайності кукурудзи залежно від мінерального удобрення ……..... 43

3.4 Якісні показники зерна кукурудзи під впливом норм внесення азотних добрив …….....……..... 50

3.5 Економічна та енергетична ефективність вирощування кукурудзи на різних фонах мінерального удобрення ……..... 55
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ ЗА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ 58
4.1 Стан охорони праці та цивільної оборони в ……. …… …….. ……..... 58
4.2 Покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки за вирощування кукурудзи в умовах господарства 59
4.3 Захист населення у надзвичайних ситуаціях ……..... 61
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА 62
5.1 Стан ґрунтів та ефективне використання земельних ресурсів в …… …… ……. 62
5.2 Водні ресурси та їх охорона 63
5.3 Охорона атмосферного повітря ……..... 65
5.4 Стан охорони і примноження флори і фауни 66
ВИСНОВКИ..... 67
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК..... 69
ДОДАТКИ ……..... 77
Додаток А. Ксерокопія статті у матеріалах Міжнародного студентського наукового форуму „Студентська молодь і науковий прогрес”, 02-04 жовтня 2024 року ……..... 78
Додаток Б. Технологічна карта вирощування кукурудзи 82
Додаток В. Площа листкової поверхні кукурудзи у фазу за ВВСН 65 у 2023-2024 рр.....…… 85
Додаток Г. Результати статистичної обробки даних урожайності кукурудзи у 2023 році…… 86
Додаток Д. Результати статистичної обробки даних урожайності кукурудзи у 2024 році…… 87

ВСТУП

Кукурудзу вирощують в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Це високорентабельна культура, яка характеризується великим попитом на світовому ринку. Кукурудза відзначається високим потенціалом продуктивності, тому впровадження удосконалених прийомів вирощування з метою повної реалізації генетичних особливостей щодо отримання високоврожайних посівів є перспективним.

Система удобрення є провідним чинником впливу на продуктивність кукурудзи. Збалансоване мінеральне живлення з урахуванням зональних особливостей, зокрема, ґрунтових та кліматичних умов, біологічних особливостей культури, вирощуваного гібриду, обґрунтованих термінів внесення певних форм і видів добрив забезпечує підвищення показників врожайності кукурудзи на 25-50 %.

В умовах інтенсифікації технології вирощування важливо застосувати науковий підхід до планування системи удобрення, встановити оптимальні норми мінеральних добрив, які будуть екологічно- та економічно-доцільними.

Актуальність теми. Оптимальні умови росту та розвитку кукурудзи складаються за достатньої забезпеченості азотом, фосфором та калієм, які є основними елементами живлення. Провідне значення у формуванні урожайності та якості зерна цієї культури належить азоту.

У практиці аграрного виробництва під кукурудзу застосовують нітратні, амонійні-нітратні, амідні азотні добрива. Ефективність внесення азотних добрив залежить від метеорологічних умов.

В останні роки, в період вегетації спостерігаються різкі перепади температури повітря, нерівномірність випадіння опадів, що обумовлює необхідність вдосконалення технологічних заходів вирощування кукурудзи в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Важливо встановити оптимальну норму азотного удобрення, як ключового елементу системи удобрення в

умовах зони вирощування. У зв’язку з цим, дослідження ефективності різних рівні азотного удобрення у формі карбаміду у Західному Лісостепу є актуальним.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень було встановлення оптимальної норми внесення азоту під кукурудзу на фосфорно-калійному фоні на сірому лісовому ґрунті Західного Лісостепу.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- вивчити вплив рівнів мінерального удобрення кукурудзи на забезпеченість ґрунту основними елементами живлення;

- визначити вплив різних норм внесення азоту на ростові процеси кукурудзи;

- встановити залежність формування елементів структури урожаю та урожайності кукурудзи від внесення азотних добрив;

- дослідити ефективність різних варіантів азотного удобрення на показники якості зерна кукурудзи;

- встановити ефективність застосування різних норм азоту під кукурудзу шляхом проведення економічної та енергетичної оцінки технології вирощування.

Об’єкт дослідження – агрохімічні показники родючості сірого лісового ґрунту, ріст і розвиток кукурудзи, формування структурних елементів урожаю, урожайності та показників якості культури під впливом азотного удобрення.

Предмет дослідження – зміна агрохімічних властивостей ґрунту, закономірність зміни урожайності та якісних показників зерна кукурудзи, економічна та енергетична ефективність технології вирощування кукурудзи за різного рівня азотного удобрення.

Методи досліджень. У дослідженнях використовували польовий, лабораторний та математично-статистичний методи.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше на сірому лісовому ґрунті Західного Лісостепу обґрунтовано ефективність азотного удобрення

кукурудзи гібриду ……..... з застосуванням різних норм внесення азоту у формі карбаміду.

Удосконалено систему удобрення кукурудзи шляхом встановлення оптимальної норми азотного удобрення на фосфорно-калійному фоні, що прияє підвищенню продуктивності культури.

Набуло подальшого розвитку питання оптимізації мінерального живлення кукурудзи у конкретній ґрунтово-кліматичній зоні вирощування.

Практичне значення одержаних результатів. Обґрунтовано застосування норм азотних добрив на фоні фосфорно-калійного удобрення, що забезпечує підвищення продуктивності кукурудзи. Внесення азоту в нормі N_{140} у формі карбаміду під передпосівну культивацію на фоні основного внесення $P_{80}K_{80}$ забезпечує отримання найвищого рівня урожайності – 13,87 т/га при рівні рентабельності – 83,2 %.

Публікації. Результати досліджень за темою кваліфікаційної роботи опубліковано у збірнику Міжнародного студентського наукового форуму “Студентська молодь і науковий прогрес ”, 02-04 жовтня 2024 року (дод. А).

Структура та обсяги роботи. Кваліфікаційну роботу викладено на 87 сторінках друкованого тексту, робота містить 17 таблиць, 12 рисунків, включає вступ, 5 розділів, висновки, бібліографічний список, у якому 68 найменувань літературних джерел і 5 додатків.

РОЗДІЛ 1
СИСТЕМА УДОБРЕННЯ КУКУРУДЗИ ЯК ОСНОВА ПРОДУКТИВНОСТІ КУЛЬТУРИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Особливості мінерального живлення та удобрення кукурудзи

Кукурудза належить до родини Злакових (Poaceae) та є однією з провідних зернових культур, які вирощують в Україні. Із зернових культур вона найвибагливіша до умов мінерального живлення. На ріст і розвиток кукурудзи та формування її продуктивності визначальне значення мають різноманітні чинники, такі як природно-кліматичні умови, ґрунтові умови та технологічні прийоми вирощування [6].

Обґрунтоване застосування технологічних заходів при вирощуванні кукурудзи забезпечує підвищення її урожайності та поліпшення показників якості зерна. Система удобрення має ключове значення у впливі на продуктивність культури. Оптимальне співвідношення між елементами живлення на критичних етапах росту та розвитку забезпечує сприятливі умови закладання елементів продуктивності [58; 63].

В живленні рослин кукурудзи засвоєння елементів відбувається впродовж вегетаційного періоду і триває до фази воскової стиглості. До 50 % елементів живлення надходить в рослини від фази викидання волоті до цвітіння. Провідне значення для розвитку кукурудзи мають основні мікроелементи – азот, фосфор та калій. Винос однією тонною основної і побічної продукції кукурудзи азоту становить 17-28 кг, фосфору – 5-10 кг, калію – 22-30 кг [7].

Дослідники зазначають, що азотне живлення відіграє провідну роль у зростанні показників урожайності культури [66]. Найвища потреба в цьому елементі проявляється від фази за ВВСН 16-18 до 69. Відсутність, або дефіцит азоту в період активного розвитку кукурудзи призводить до формування низькорослих рослин, що позначається на урожайності.

Рекомендується вносити 15-20 кг діючої речовини азотних добрив на формування 1 т зерна [26].

Роль фосфор для кукурудзи полягає у впливі на розвиток кореневої системи, тому важливе значення має забезпеченість ним на початку вегетації. Потребу у фосфорі рослини відчувають на етапі формування генеративних оргнанів. Достатній рівень фосфорного живлення у цей період впливає на закладання качана, який є основним елементом продуктивності.

Калій в рослинному організмі бере участь у процессах пов'язаних з регуляцією водного балансу, в вуглеводневому обміні. Достатній рівень калійного живлення визначає посухостійкість рослин, здатність протистояти ураженню хворобами. Дефіцит калію призводить до пригнічення росту у кукурудзи [19; 32].

На лучно-чорноземному карбонатному грубопилувато-легкосуглинковому ґрунті застосування калійних добрив підвищувало ступінь засвоєння рослинами кукурудзи калію внаслідок чого його вміст у вегетативній масі підвищувався в період вегетації. Внаслідок внесення мінеральних добрив у нормі по 135 кг/га діючої речовини азоту та фосфору і 202 кг/га калію відзначено найвищий вміст калію в рослинах, який становив у фазу ВВСН 14-15 – 8,6 мг/100 г, що перевищило неудобрений варіант на 2,4 мг/100 г. На фоні мінерального удобрення в нормі по 90 кг/га азоту і фосфору та 135 кг/га калію, яка була рекомендованою вміст калію складав 7,8 мг/100 г. На зазначених варіантах отримано найвищі показники продуктивності кукурудзи [40].

Ефективність внесення мінеральних добрив визначається інтенсивністю засвоєння елементів живлення рослинами, яка залежить від погодних і кліматичних умов. У дослідження Харченка О. В. та інших [57] проведених в Лісостепу, в середньому за два роки на фоні без добрив рівень інтенсивності використання елементів живлення залежно від гібриду коливався в межах від 1,26 до 1,45, на фоні внесення мінеральних добрив в нормі $N_{100}P_{45}K_{45}$ – від 0,98 до 1,15, тобто був нижчим.

У матеріалах Грабовського М. Б. та співавторів [10] наведено результати досліджень з вивчення ефективності мінерального удобрення на ростові процеси кукурудзи в Центральному Лісостепу України. Встановлено, що внесення мінеральних добрив підвищує площу листкової поверхні кукурудзи на 23,6-49,7 %, висоту рослин кукурудзи від 8,9 до 27 %, впливає на зростання маси однієї рослини на 21,3-48,5 % порівняно з вирощуванням культури без добрив. Найбільш ефективним було удобрення в нормі $N_{120}P_{120}K_{120}$.

Встановлено, що рослини з більшою вегетатианою масою забезпечують вищу продуктивність [67].

На засвоєння основних елементів живлення істотний вплив мають ґрунтово-кліматичні умови. Встановлено, що різні умови вологозабезпечення неоднаково впливають на ефективність засвоєння елементів мінерального живлення кукурудзою. Тому важливим є диференційований підхід до визначення норм добрив з урахуванням величини урожайності, цільового призначення зерна. При плануванні системи удобрення необхідно також враховувати попередник, забезпеченість ґрунту поживними елементами та їх винос культурою [42].

Для оптимального розвитку та формування продуктивності кукурудзи необхідним є забезпеченість рослин сіркою та магнієм. На утворення 1 т зерна та листостеблової маси потреба у сірці складає 3,0 кг, у магнії – в середньому 8,5 кг.

Мікроелементи є життєво-важливими для кукурудзи. Провідне значення серед яких належить цинку, міді, марганцю та бору. Загальні функції мікроелементів пов’язані з участю у білковому та вуглеводневому обмінах, з активізацією ростових процесів, підвищенню стійкості рослин до несприятливих чинників навколишнього середовища [17].

Цинк як основний мікроелемент для кукурудзи бере участь в утворенні хлорофілу. За літературними даними [26], потреба в цьому елементі складає 380 г /га. Роль бору для культури полягає в тому, що він впливає на процесс

закладання генеративних органів – активізує цвітіння рослин та утворення зерн в качані. За період вегетації необхідність внесення бору складає 60г/га. Мідь безпосередньо впливає на якісні показники зерна, зокрема, на вміст білка.

Рекомендовним для застосування є внсення мікродобрив під кукурудзу, які містять мікроелементи у формі хелатів. Хелатна форма мікроелементів легкозасвоювана рослинами та забезпечує високу ефективність. Застосовують також солі неорганічних кислот, проте коефіцієнт засвоєння цих елементів є невисоким, що пов'язано з переходом солей металів у недоступну форму під час взаємодії з ґрунтовим вбирним комплексом. Встановлено, що найкращі результати забезпечує внесення добрив у ґрунт, оскільки коефіцієнт засвоєння поживних речовин є вищим, ніж під час проведення позакореневого листкового підживлення [27].

Внесення мікродобрив в період вегетації сприяє забезпеченості рослин мікроелементами. Це доводять результати досліджень, в яких зазначається: «Внаслідок внесення під кукурудзу $N_{120}P_{120}K_{120}$ у поєднанні з обробкою насіння YaraVita Teprosyn NP+Zn (5 л/т) + обприскування кукурудзи у фазі 3–5 листків YaraVita Maize Boost (4 л/га) отримано найвищі значення площі асиміляційної поверхні і сирої надземної маси рослин кукурудзи» [37].

1.2. Зміна показників родючості ґрунту під впливом удобрення кукурудзи

У ґрунті протікають різноманітні фізико-хімічні та біологічні процеси, якими визначаються його властивості. Основною властивістю ґрунту є родючість, що визначає вміст у ньому органічної речовини та забезпеченість елементами мінерального живлення. Збереження і підвищення родючості ґрунту є актуальною проблемою сьогодення.

Застосування добрив спрямоване на підвищення родючості ґрунту та вирощування високих урожаїв сільськогосподарських культур. Доведено, що

живлення кукурудзи, тобто засвоєння поживних речовин з ґрунтового розчину відбувається впродовж всього вегетаційного періоду. Проте інтенсивність протікання цього процесу залежить від періоду вегетації, що необхідно враховувати [24].

Вирощування кукурудзи має велике агротехнічне значення. Це пов'язано з тим, що внаслідок правильного поєднання агротехнічних заходів після її вирощування поле залишається чистим від бур'янів, ґрунт розпушеним, внаслідок загортання пожнивно-кореневих решток у вигляді стебел і коренів у ньому нагромаджується органічна речовина. Це культура, яка є добрим попередником та вимагає достатньої забезпеченості ґрунту елементами живлення. Відомо, що висока продуктивність кукурудзи залежить від попередника, який здійснює певний вплив на ефективну родючість ґрунту та його агрохімічні властивості [7].

Тривале застосування добрив на чорноземі опідзоленому забезпечувало підвищення вмісту у ґрунті рухомих форм азоту. В фазі 4-5 листків на контролі вміст нітратного азоту становив 17,3 мг/кг ґрунту, на фоні післядії органічних добрив в нормі 30 т/га його вміст підвищився до 20,7 мг/кг ґрунту. На варіанті з внесенням $P_{90}K_{90}$ на фоні органічних добрив отримано показник на рівні 21,2 мг/кг. Внесення повного мінерального добрива в нормі 100 кг/га азоту, 90 кг/га фосфору та 90 кг/га на органічному фоні забезпечувало найвищий вміст у ґрунті нітратного азоту – 26,9 мг/кг. Вміст мінеральних та амонійних форм азоту також був найвищим на даному варіанті [4].

Застосування на чорноземі опідзоленому середньосуглинковому мінерального удобрення у нормі $N_{115}P_{45}K_{45}$ забезпечувало підвищення в ґрунті азоту легкогідролізованих сполук в межах від 1,8 до 2,4 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору – на 1,5-2,2 мг/100 г, обмінного калію – 1,9-2,5 мг/100 г ґрунту [48].

Ефективність застосування мінерального удобрення та органічних добрив визначається родючістю ґрунту та застосовуваними прийомами

вирощування. Встановлено підвищення ефективності внесення азоту на фоні фосфорних і калійних добрив на дерново-підзолистому ґрунті, який є збіднений на поживні речовини. На чорноземних ґрунтах та на темно-сірому опідзоленому застосування добрив менш ефективне. На основі проведення агрохімічних аналізів ґрунту за фазами вегетації при вирощуванні кукурудзи встановлюють забезпеченість ґрунту елементами живлення з метою регулювання агрохімічного навантаження [35].

Вирощування кукурудзи в умовах Лісостепової зони на темно-сірому опідзоленому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті на різних фонах мінерального удобрення у сівозміні супроводжувалося зміною вмісту у ґрунті основних елементів живлення. На варіанті використання побічної продукції попередника – пшениці озимої та внесення мінеральних добрив в нормі 80 кг азоту, 120 кг фосфору та 180 кг калію на 1 га вміст легкогідролізованого азоту після збору урожаю в шарі ґрунту 0-20 см становив 65,3 мг/кг. Показник на неудобреному фоні був на рівні 62,5 мг/кг. Вміст рухомого фосфору складав 266,5 мг/кг, характеризувався дуже високим вмістом та перевищував показник контрольного варіанту на 124,2 мг/кг ґрунту. Вміст обмінного калію також був найвищим і становив 159,5 мг/кг за показника на варіанті без застосування добрив – 67,9 мг/кг ґрунту [2].

В результаті досліджень проведених на чорноземі типовому Лівобережного Лісостепу за вирощування кукурудзи на зерно в монокультурі встановлено неоднаковий вплив фону мінерального живлення на показники родючості ґрунту. На варіанті застосування 30 т/га гною один раз на три роки та застосування мінеральних добрив в нормі $N_{51}P_{51}K_{55}$ вміст валового у шарі ґрунту 0-20 см становив 0,246 % у перерахунку на абсолютно сухий ґрунту, на варіанті без добрив він складав 0,221 %. Вміст легкогідролізованого азоту при внесенні добрив становив 119,4 мг/кг ґрунту за вмісту на контролі – 113,5 мг/кг. Удобрення сприяло збільшенню вмісту у ґрунті рухомого

фосфору та обмінного калію, які складали відповідно 142,6 та 249,5 мг/кг ґрунту за показників на контролі 84,2 та 171,6 мг/кг ґрунту [23].

Підвищення ефективності мінеральних добрив забезпечується шляхом проведення вапнування. На ґрунтах з близькою до нейтральної та нейтральною реакцією ґрунтового розчину поживні елементи найкраще засвоюються рослинами. Результатами досліджень Польового В. та Деркач Н. [46] встановлено, що проведення вапнування ґрунту та внесення мінеральних добрив під кукурудзу у нормі $N_{150}P_{90}K_{120}$ та використання побічної продукції в якості добрива на агрохімічно-деградованому темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Полісся підвищувало вміст азоту легкогідролізованого з 72 до 117 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – від 105 до 187 мг/кг, обмінного калію – від 43 до 120 мг/кг ґрунту. Спостерігалося зростання вмісту гумусу з 1,2 до 1,3 %.

1.3. Формування урожайності та якості зерна кукурудзи за різного рівня мінерального удобрення

Кукурудза добре реагує на внесення добрив. Розкриття генетичного потенціалу гібридів інтенсивного типу неможливе без збалансованого удобрення. Застосування мінеральних добрив під цю культуру позитивно впливає на підвищення показників урожайності та поліпшення якості зерна.

Добрива змінюють хімічний склад рослини та забезпечують нагромадженню у ній білків, вуглеводів та жирів. Ефективність добрив у технології вирощування кукурудзи визначається способом їх застосування, формою добрива з урахуванням ґрунтових та кліматичних умов [64; 68].

У публікації Сидякіної О. В. та Мєлєшко І. О. [52] зазначається: «Важливим резервом підвищення зернової продуктивності кукурудзи є оптимізація рівня мінерального живлення рослин за рахунок використання в технології вирощування макро- та мікродобрив».

Продуктивність кукурудзи залежить від наявності доступних форм у ґрунті азоту, фосфору, калію та коефіцієнту їх використання рослинами з мінеральних добрив та ґрунту [42].

В дослідженнях [25] проведених на Полтавській державній сільськогосподарській дослідній станції імені М. І. Вавилова вивчали вплив способів основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи, які належали до різних груп стиглості. Найбільш ефективним було внесення мінеральних добрив під оранку, яку проводили на глибину 20-22 см, отримано найвищу урожайність ранньостиглого та середньораннього гібридів кукурудзи. За основного внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{40}K_{60}$ та позакореневого застосування 15 кг/га карбаміду урожайність гібриду Патріот становила 6,41 т/га, Фієста – 7,14 т/га, за показників на варіанті без добрив відповідно 5,52 та 6,29 т/га.

Таким чином, удобрення сприяє посиленню ростових процесів рослин кукурудзи, що відображається на отриманні приростів урожайності.

У Північному Степу України внесення азотно-фосфорно-калійних добрив під передпосівну культивацію забезпечувало підвищення зернової продуктивності кукурудзи. Внаслідок проведення підживлення рослин у фазу 6 листків твердими туками з нормою внесення азоту 20 кг/га у діючій речовині на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ спостерігалося підвищення урожайності кукурудзи на 0,30 т/га порівняно з варіантом без фонового внесення добрив. Застосування рідкого комплексного добрива Реаком Плюс в нормі 4,0 л/га за основного мінерального удобрення підвищувало урожайність культури залежно від фази внесення на 0,25-0,50 т/га зерна [53].

Згідно з матеріалами досліджень Мілютенка Т. Б., в яких наведено результати впливу удобрення на урожайність кукурудзи на дерново-підзолистому ґрунті. Вирощування кукурудзи на варіантах з внесення 40 т/га органічних добрив у вигляді гною та на фоні сидератів супроводжувалося отриманням приросту показника на рівні 0,30 т/га відносно неудобреного варіанту. Істотніше збільшення урожайності відзначено за внесення

мінеральних добрив під кукурудзу, що забезпечило отримання прибавки урожаю 3,1 т/га зерна. Найвища зернова продуктивність культури була на внесення сидерату та мінерального удобрення в нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$. Урожайність зросла відносно неудобреного фону на 3,5 т/га, або 80 % [30].

Кукурудза найкраще росте та розвивається на ґрунтах з близькою до нейтральної та нейтральною реакцією ґрунтового середовища. На кислих ґрунтах доцільним є вапнування. Дослідження проведені на чорноземі опідзоленому важко суглинковому показали підвищення ефективності мінеральних добрив щодо впливу на урожайність кукурудзи [8].

В умовах Правобережного Лісостепу на темно-сірому опідзоленому ґрунті в ланці зерно-просапної сівозміни підвищення продуктивності кукурудзи забезпечувалося внаслідок тривалого внесення мінеральних добрив на гектарну площу сівозміни в нормі 210 та 315 кг/га азотно-фосфорно-калійних добрив та заорювання соломи. Прирости урожайності кукурудзи відносно неудобреного фону коливалися від 1,9 до 3,1 т/га. У зерні вміст протеїну складав від 7,44 до 8,94 %, жиру – 4,31–4,52 %, крохмалю – 47,8–50,6 % [21].

На розвиток та формування продуктивності рослин кукурудзи позитивно впливає внесення органічних добрив. Органічні добрива не тільки є джерелом елементів живлення таких як азот, фосфор, калій, але і покращують фізико-хімічні властивості ґрунту, зокрема водний і повітряний режим, покращують структуру ґрунту. Позитивний вплив органічного удобрення кукурудзи відображається на підвищенні продуктивності.

Застосування органо-мінеральних добрив під кукурудзу в Північному Степу України забезпечувало підвищення урожайності кукурудзи. Найвищі показники забезпечило внесення гною в нормі 7,5 т/га у поєднанні з мінеральним удобренням в нормі $N_{56}P_{47}K_{41}$ після попередника пшениці озимої. Приріст урожайності відносно неудобреного варіанту залежно від способу обробітку ґрунту становив 12-14 ц/га [50].

В системі удобрення кукурудзи підвищення продуктивності забезпечується за рахунок позакореневого листкового внесення мікродобрив [15]. За даними Шинкарука Л. [29], застосування мінеральних добрив у нормі $N_{160}P_{120}K_{120}$ та застосування позакореневого підживлення посівів мікродобривами, карбамідом та сульфатом магнію підвищувало врожайність кукурудзи на 10,5 ц/га порівняно з фоном без проведення підживлення.

Позакореневе підживлення мікродобривами сприяє кращому засвоєнню рослинами елементів мінерального живлення з ґрунту. Шляхом листкового підживленні відбувається швидке засвоєння рослинами елементів. У дослідженнях Паламарчука В.Д. та Демчук Б. С. проведених на темно-сірому ґрунті одноразове листкове застосування мікродобрива Еколист Моно Цинк у фазу ВВСН 15-17 підвищувало урожайність зерна кукурудзи залежно від гібриду в межах від 0,6 до 1,1 т/га порівняно з контролем без підживлення. Дворазове застосування мікродобрива в фазу ВВСН 15-17 та ВВСН 19-22 сприяло приросту урожайності від 0,9 до 1,4 т/га. Урожайність складала 8,8-10,4 т/га залежно від гібриду [39].

Вищі якісні показники зерна формуються зерна на продовольчі та кормові цілі забезпечує застосування високих норм мінеральних добрив, на енергетичні цілі – без внесення добрив. Дані досліджень проведених у Лісостеповій зоні щодо вивчення впливу елементів технології на якість зерна кукурудзи показали, що внесення мінеральних добрив в нормі 240 кг/га азоту, 120 кг/га фосфору та 240 кг/га калію за діючою речовиною на фоні зароблення у ґрунт рослинних решток попередника забезпечує отримання стабільної урожайності зерна на рівні 12,0 т/га. Зазначений рівень мінерального удобрення сприяє отриманню зерна з вмістом білка на рівні 10,5 %, крохмалю – 71,3 %, жиру 4,3 %, що є оптимальними значення для використання зерна на продовольчі та кормові цілі [20].

У матеріалах Г. Господаренка та співавторів [9] зазначається, що зростання урожайності кукурудзи на чорноземі опідзоленому залежало від

норм мінеральних добрив та видів добрив. Найвищі показники продуктивності кукурудзи забезпечило застосування під кукурудзу 160 кг/га азоту, 60 кг/га фосфору та 110 кг/га калію за насиченості сівозміни мінеральними добривами в нормі $N_{110}P_{60}K_{80}$ на 1 га. Отримана урожайність була на рівні 13,0 т/га зерна, що перевищило контроль без внесення добрив на 8,33 т/га. Без застосування азотних добрив рівень урожаю знижувався на 47 %, без фосфорних добрив – на 25 %, без використання калійного удобрення його зниження було на рівні 20 %. На цьому варіанті натурна маса зерна була найвищою і сягала 750 г/л за показника на контрольному варіанті 701 г/л. Вміст протеїну складав 10,2 %, жиру – 4,2 % за показників на неудобреному фоні відповідно – 8,8 % та 3,8 %.

На мінеральному фоні $N_{160}P_{80}K_{140}$ та проведення позакореневого підживлення посівів мікродобривом, сульфатом магнію та карбамідом у період вегетації отримано високі прирости показників якості зерна щодо контрольного варіанту, зокрема маси тисячі зерен на рівні 67 г за показника 345 г. Відзначено зростання вмісту білка від 9,10 до 11,1 % [60].

Отже, мінеральне удобрення є визначальним чинником впливу на формування урожайності і якості кукурудзи. Від рівня мінерального удобрення залежить отримання приростів врожайності та вміст основних якісних показників в зерні. З метою розкриття генетичного потенціалу сучасних гібридів культури та отримання максимальної продуктивності важливим є дотримання вимог інтенсивної технології вирощування. Оптимізація системи удобрення кукурудзи поєднує збалансоване внесення добрив з урахуванням рекомендованих норм, строків внесення і форм добрив.

РОЗДІЛ 2
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Клімат зони та метеорологічні умови у роки досліджень

Продуктивність зернових культур формується під впливом різних чинників, зокрема біотичних та абіотичних, провідне значення серед яких мають кліматичні умови зони. З метою вирощування високопродуктивних посівів важливо аналізувати метеорологічні показники, які варіюють в широкому діапазоні залежно від агрокліматичного району [11].

Дослідження проводили у 2023-2024 роках у …… …….. …….. ……, яке розташоване у ……. За природно-сільськогосподарським районуванням територія належить до Лісостепової Західної провінції [12].

Клімат регіону помірно-континентальний. На територію проникають повітряні маси з північно-західних румбів Атлантики, що спричиняє деякому короткочасному зниженню температури повітря у літній період та континентальні повітряні маси з Атлантичного океану та Середземного моря, що супроводжується встановленням теплого бездощового періоду в перехідні пори року [44].

Сумарна сонячна радіація складає, в середньому, 3557 МДж/м^2. Температурні показники залежать від зміни сонячної радіації. Січень та лютий є найхолоднішими місяцями зими. Найнижча середньомісячна багаторічна температура січня складає -12,8 ºС. Підвищення температури до 1,6 ºС починається з другої декади березня. Відновлення весняної вегетації припадає на квітень, коли середньодобова температура переходить через позначку +5 ºС. У травні середньодобова температура перевищує +10 ºС.

Найтеплішим місяцем року є липень, середня багаторічна температура знаходиться на рівні +18,2 ºС. Сума активних температур на території сягає 2687 ºС [12].

У роки проведення досліджень спостерігалися перепади температури повітря за місяцями. Середньомісячні температурні показники представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Середньомісячна температура повітря за вегетацію кукурудзи в роки досліджень, ºС (за даними …… метеостанції)

Рік досліджень	Місяць визначення						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2023	7,7	13,6	17,2	19,4	20,7	17,3	10,9
2024	11,4	15,5	19,1	21,9	21,3	17,4	9,3
Середня багаторічна	8,1	13,9	16,7	18,7	17,5	13,3	8,6
Відхилення від середньої багаторічної							
2023	-0,4	-0,3	0,5	0,7	3,2	4,0	2,3
2024	3,3	1,6	2,4	3,2	3,8	4,1	0,7

У квітні та травні 2023 року середня місячна температура становила відповідно 7,7 та 13,6 ºС і була нижчою від середньої багаторічної в регіоні на 0,4 та 0,3ºС. У період інтенсивного росту кукурудзи, який припадає на червень спостерігалося підвищення середньомісячної температури повітря до 17,2 ºС. Температурні показники липня та серпня зросли до 19,4 та 20,7 ºС, що було вищим від багаторічних значень відповідно на 0,7 та 3,2 ºС. Середній показник у вересні складав 17,3 ºС, у жовтні – 10,9 ºС.

Вегетаційний період 2024 року характеризувався вищими температурними показниками порівняно з попереднім роком досліджень. Середньомісячна температура квітня складала 11,4 ºС, що перевищило багаторічну на 3,3 ºС. В літні місяці, зокрема у червні, середня температура

була на рівні 19,1 ºС, в липні зросла до 21,9 ºС і була найвищою. Відхилення від середнього багаторічного показника становило 2,4 та 3,2 ºС відповідно. В серпні середньомісячний показник знизився порівняно з попереднім місяцем до 21,3 ºС, проте перевищував багаторічну температуру повітря на 3,8 ºС. У вересні та жовтні відхилення температурних показників від багаторічного значення було на рівні 4,1 та 0,7 ºС.

Важливим показником, який характеризує клімат регіону є агрокліматичне районування території, що включає сукупність агрокліматичних показників характерних для певної зони. За агрокліматичним районуванням територія господарства відноситься до вологої помірно-теплої зони, підзони достатнього зволоження ґрунту. Величина гідротермічного коефіцієнта на території регіону складає 1,9. За рік випадає, в середньому 697 мм опадів.

Метеоспостереження показали, що кількість опадів варіювала по декадах і місяцях в період вегетації у роки проведення досліджень (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Кількість опадів за період вегетації кукурудзи у 2023-2024 рр., мм (за даними …….. метеостанції)

Місяць	2023 рік			Сума	2024 рік			Сума	Бага-торі-чна	Відхилення	
	I	II	III		I	II	III			2023 рік	2024 рік
Квітень	33	17	9	59	12	17	29	58	40,2	18,3	17,8
Травень	4	6	18	28	3	2	6	11	67,3	-39,2	-56,8
Червень	16	53	33	102	37	32	17	86	81,2	20,8	4,8
Липень	35	31	47	113	19	15	11	45	86,4	26,6	-41,4
Серпень	35	2	26	63	28	1	2	31	70,9	-7,9	-40,4
Вересень	35	9	13	57	2	34	45	81	58,5	-1,5	22,5
Жовтень	11	17	35	63	33	10	1	45	33,0	30,0	11,5

Примітка: I – перша декада місяця, II – друга декада місяця, III – третя декада місяця.

Вегетаційний період 2023 року відзначався рівномірним випадання опадів впродовж вегетації. У першій декаді квітня випало 33 мм опадів, у другій – 17 мм. Місячна сума опадів складала 59 мм, що створило сприятливі умови для проростання зерна кукурудзи, оскільки в це час проводили сівбу. У травні кількість опадів знизилася до 28 мм, що нижче від багаторічної кількості на 39,2 мм.

Згідно з багаторічними даними, найвища кількість опадів випадає у літній період – у липні. Відповідно до даних метеорологічних спостережень 2023 року (табл. 2.2) у червні випало 102 мм опадів, у липні 113 мм та було найвищим. Відносно багаторічної норми спостерігалося зростання суми опадів відповідно на 20,8 та 26,6 мм. У серпні найбільше випадання найбільшої кількості опадів відзначено у першій декаді – 35 мм, у другій-третій їх кількість дещо зменшилася. За місяць випало 63 мм опадів за відхилення -7,9 мм. Сума опадів вересня сягала 57 мм, жовтня – 63 мм.

Другий рік досліджень був посушливим, в окремі місяці спостерігалося випадання низької кількості опадів, що було істотно нижчим від багаторічної норми. У весняні місяці, зокрема, в квітні випадіння опадів було на рівні 58 мм, що вище середньої багаторічної кількості на 17,8 мм. У травні випало всього 11 мм. Підвищення кількості випадання опадів до 86 мм спостерігалося в червні, що було в межах багаторічної норми.

Більш посушливими місяцями відзначено липень і серпень, кількість опадів у ці місяці була на рівні, відповідно 45 та 31 мм, що нижче від багаторічних значень на 41 та 40 мм. Збільшення кількості опадів відзначалося у другій та третій декадах вересня, місячна сума опадів складала 81 мм. В першій декаді жовтня випало 33 м опадів, у другій і третій декаді, їх кількість була зниженою і відповідно становила 10 та 1 мм.

Оскільки кукурудза відноситься посухостійких культур, нерівномірне випадання опадів у період її вегетації, особливо у 2024 році не здійснювало негативного впливу на ростові процеси рослин.

2.2. Агрохімічна характеристика ґрунту дослідної ділянки

Ґрунт як основний засіб сільськогосподарського виробництва характеризується родючістю. Властивості типів ґрунтів визначають рівень родючості. В умовах інтенсифікації аграрного виробництва важливо вести спостереження за змінами в ґрунтах з метою мінімізації прояву процесу деградації [13].

За ґрунтово-географічним районуванням територія розташування господарства відноситься до Східно-європейської рівнини, Широколистяно-лісової ґрунтово-біокліматичної зони, …… ґрунтового краю, ґрунтового округу – ……..... Території притаманний своєрідний ґрунтовий покрив [12].

Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий, за гранулометричним складом грубопилувато -легкосуглинковий, сформувався на лесоподібних суглинках. У будові профілю сірого лісового ґрунту виділяють горизонти:

Не (0-20 см) – гумусовий елювійований горизонт, який характеризується ґрундочкувато-зернистою структурою, відзначається низькою щільністю, наявна присипка кремнезему та корені рослин, перехід у нижній горизонт поступовий.

НЕ (21-29 см) – гумусо-елювіальний горизонт, якому характерний світло-сіре паливне забарвлення, структура – грудкувато-зерниста, виражена слабо, наявна рясна кремнеземна присипка.

Ieh (30-54 см) – ілювіальний елювійований гумусований горизонт, бурого кольору з сірим відтінком, за структурою – горіхувато-призмоодібний, кремземна присипка спостерігається на гранях структурних окремостей.

Ih (55-100) – ілювіальний гумусований горизонт, характеризується великою щільністю та темно-бурим кольором, середньо-суглинковий, за структурою призматичний, особливістю горизонту є наявність гумусових

прожилок темного відтінку та коренів, у нижній горизонт переходить поступово за забарвленням.

IP (h) (101-125) – ілювійована материнська порода, ущільнена, бура, грубопилувато-легкосуглинкова, відзначаються натіки гумусу, у слабоілювійовану породу переходить поступово за кольором.

Pі (126-141) – слабоілювійована порода палевого відтінку, присутні бурі натіки колоїдів, горизонт безструктурний, перехід у нижній горизонт помітний за забарвленням.

P(k) (142-151) – ґрунтотвірна порода, являє собою карбонатний лесоподібний суглинок, за гранулометричним складом грубопилуватий, характеризується безструктурністю, спостерігається закипання від нанесення соляної кислоти [44].

У профілі сірого лісового ґрунту спостерігається зміна гранулометричного складу. Зокрема, в ілювіальному горизонті зростає вміст мулистої фракції на 10-15 %, фізичної глини – на 12-17 % порівняно з гумусо-елювіальним горизонтом. У верхніх гумусованих горизонтах спостерігається найвищий вміст кремнезему – на рівні 80 %. Вниз по профілю зростає вміст оксидів алюмінію до 11 %, заліза до 4 %.

Сума ввібраних основ у горизонті НЕ становить 16 мг-екв./100 г ґрунту. Обмінний кальцій переважає у складі катіонів. Ступінь насиченості основами відзначається як середній 67-72 % [45; 47].

Характеризуючи водно-фізичні властивості ґрунту дослідної ділянки варто зазначити, що щільність ґрунту у гумусо-елювіальному горизонті 1,35 г/см^3, тобто середня, з глибиною зростає до 1,44 г/см^3 в ілювіальному горизонті. Загальна шпаруватість незадовільна – у верхньому шарі ґрунту 48 %, з глибиною зростає до 45 %. Максимальна гігроскопічність знаходиться на рівні 3,8 % [28; 44].

Перед закладанням досліду проведено агрохімічний аналіз ґрунту дослідної ділянки з метою визначення основних показників його родючості (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Агрохімічна характеристика сірого лісового ґрунту до закладання досліду (середнє за 2023-2024 рр.)

Показник забезпеченості ґрунту	Глибина відбору зразків	
	0-25 см	26-50 см
Легкогідролізований азот, мг/кг ґрунту	99	83
Рухомий фосфор, мг/кг ґрунту	87	81
Обмінний калій, мг/кг ґрунту	79	75
pH_{KCl}	6,41	6,53
Вміст гумусу, %	2,21	2,07

Вміст легкогідролізованого азоту у верхньому шарі ґрунту 0-25 см характеризувався як низький – 99 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – середній, обмінного калію – середній. Реакція ґрунтового розчину нейтральна. За вмістом гумусу ґрунт низькозабезпечений.

Розвиток сільськогосподарських культур на сірих лісових ґрунтах, значною мірою, залежить від кількості опадів. Проте застосування технологічних заходів вирощування сприяють продуктивному їх використанню.

2.3. Методика проведення досліджень

В основу проведення досліджень покладено методи встановлення впливу окремого фактора на певні процеси і явища. Правильність проведення досліджень залежить від дотримання методики, що визначає методичний рівень проведення досліджень. Обґрунтоване застосування комплексу методів і прийомів у дослідній справі дозволяє отримати достовірні дані досліджень [3].

Методика проведення досліджень передбачала вивчення ефективності різних норм азотних добрив за схемою:

1. Контроль (без добрив)
2. N_{50}
3. N_{80}
4. N_{120}
5. N_{140}

Азот вносили у формі карбаміду, який містить 46 % діючої речовини, в передпосівне удобрення на фоні основного фосфорно-калійного удобрення у нормі $P_{80}K_{80}$. З фосфорних добрив вносили суперфосфат гранульований, в якому вміст діючої речовини становить 19,5 %, з калійних добрив – калімаг (44 % K_2O). Фосфорно-калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту з метою створення найсприятливіших умов для живлення рослин фосфором та калієм.

Дослід закладали згідно методики проведення наукових досліджень в агрономії [16]. Попередником кукурудзи у польовому досліді була пшениця озима. Площа посівної ділянки становила …….. $м^2$, облікова площа ділянки – ….. $м^2$.

Дослід закладали у триразовій повторності з розміщенням варіантів шляхом рендомізації (табл. 2.4).

Таблиці – 2.4 – Схема розташування варіантів у польовому досліді з кукурудзою

Повторення		
I	II	III
3	4	5
1	2	3
4	5	2
2	1	4
5	3	1

Оптимальний ріст і розвиток рослин визначає формування продуктивності культури. Тому, в період вегетації вели спостереження щодо впливу досліджуваного фактора на ростові процеси рослин кукурудзи, зокрема визначали площу листкової поверхні методом висічок, вимірювали висоту рослин.

З метою встановлення забезпеченості сірого лісового ґрунту основними елементами мінерального живлення відбір зразків проводили з глибини 0-25 та 25-50 см. Визначали вміст легкогідролізованого азоту за методикою Корнфільда [61], вміст рухомого фосфору і обмінного калію в одній витяжці за Чириковим згідно …….., визначення pH здійснювали відповідно до ……..

Визначення якісних показників зерна кукурудзи, зокрема, маси тисячі зерен проводили за …….. Дослідження супроводжувалися вивченням впливу удобрення на вміст білка в зерні методом ……., жиру – методом знежиреного залишку.

Статистичне опрацювання результатів урожайності культури здійснено з використанням програми Statistica 6.0 та Microsoft Excel.

Для розрахунків економічної ефективності користувалися актуальними цінами станом на 01 листопада 2024 року. Енергетичну ефективність технології вирощування визначали згідно з Медведовським О. К. [29].

2.4. Технологія вирощування кукурудзи на дослідній ділянці та характеристика гібриду

Метою технології вирощування є забезпечення сприятливих умов розвитку посівів, щоб отримати максимально-можливу продуктивність. На дослідному полі застосовували загальноприйняту технологію вирощування кукурудзи для Західного Лісостепу.

Основний обробіток ґрунту полягав у проведенні дискування слідом за попередником на глибину 7 см з метою подрібнення рослинних решток,

контролю проростання бур’янів. Пізніше проводили зяблеву оранку на глибину 27 см плугом John Deere 3810. Навесні проводили культивацію на глибину 11 см, що забезпечує збереження вологи та боротьбу з бур’янами. В системі передпосівної підготовки ґрунту застосовували комбінований агрегат для створення дрібно-грудочкуватої структури посівного шару ґрунту.

Сівбу кукурудзи в 2023 році проводили 25 квітня, у 2024 – 19 квітня. Висівали кукурудзу з нормою висіву 1,50 посівної одиниці за ширини міжрядь 75 см.

Перед сівбою насіннєвий матеріал протруювали фунгіцидним протруйником ……. ……., ... з нормою витрати 1,25 л на 1 т. Діючою речовиною препарату є флудиоксоніл, 35,5 г/л + тіабендазол, 300 г/л + азоксистробін, 14 г/л + металаксилу–м, 30 г/л, що забезпечує захист сходів від пліснявіння, кореневих і стеблових гнилей боротьбу з сажкою. Протруйник поєднували з регулятором росту ……., в.р., 430 г/т.

З метою контролю однорічних злакових та дводольних бур’янів після сівби вносили досходовий гербіцид ……., к.е., ..….. л/га (ацетохлор, 900 г/л). Захист вегетуючих посівів від однорічних та багаторічних злакових та дводольних бур’янів полягав у внесенні гербіциду ……, в.г. (римсульфурон, 500 г/кг + тифенсульфурон-метил, 250 г/кг) у фазу трьох листків кукурудзи.

В боротьбі з кукурудзяним метеликом вносили інсектицид ……, к.е., ….. л/га (диметоат, 400 г/л + гамма-цигалотрин, 4 г/л).

Пестициди вносили згідно регламентів їх застосування [43].

Вирощували гібрид кукурудзи …….. з групою стиглості ФАО ….., що характеризується як ……. Гібрид занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення і Україні у 2016 році. Заявником гібриду є …….. Гібрид зернового напряму використання. Рекомендований для вирощування у ґрунтово-кліматичній зоні Лісостепу та Степу [14].

Листки темно-зеленого забарвлення, листкова пластинка розміщена під невеликим кутом. За ідентифікаційними ознаками, качан циліндричної форми, забарвлення шовку антоціанове. У ряді качана 14 зерен. Тип зернівки зубовидний (рис. 2.1).

Рисунок 2.1 – Качан кукурудзи гібриду …….. у 2024 році

Особливістю вирощування гібриду ……. є його придатність до вирощування за інтенсивними та екстенсивними технологіями. За даними оригінатора характеризується швидкою вологовіддачею. Рослини характеризуються висотою 295-305 см, висота кріплення качана сягає 105 см.

Гібрид відзначається високим потенціалом урожайності, за роки сортовипробувань у зоні достатнього зволоження забезпечував середню урожайність на рівні 11,8-12,3 т/га зерна. Генетична стійкість до ураження хворобами оцінюється у 9 балів, до посушливих умов – 9 балів [36].

РОЗДІЛ 3
ОПТИМІЗАЦІЯ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ КУКУРУДЗИ У ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ (РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ)

3.1. Забезпеченість ґрунту основними елементам живлення в період вегетації кукурудзи залежно від удобрення

Рівень продуктивності кукурудзи визначається забезпеченістю основними елементами живлення в процесі росту та розвитку. Провідне значення у розвитку рослин належить азоту, фосфору та калію [22].

Дослідженнями встановлено позитивний вплив внесення різних норм азотних добрив на фосфорно-калійному фоні на вміст у ґрунті легкогідролізованого азоту, рухомого фосфору та обмінного калію у фазу ВВСН 16 (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Забезпеченість сірого лісового ґрунту основними елементами живлення в шарі 0-25 см залежно від удобрення в фазу ВВСН 16, середнє за 2023-2024 рр.

Варіант	Забезпеченість ґрунту, мг/кг ґрунту		
	легкогідролізований азот	рухомий фосфор	обмінний калій
1. Контроль (без добрив)	86	82	75
2. N_{50}	105	99	94
3. N_{80}	112	100	94
4. N_{120}	124	102	96
5. N_{140}	133	102	97

Результати досліджень показали, що в середньому за два роки досліджень у фазу ВВСН 16 забезпеченість ґрунту легкогідролізованим

азотом була найнижчою на неудобреному варіанті і складала 86 мг/кг ґрунту. Внесення норм азотних добрив забезпечувало значне його підвищення на різні величини. Мінеральне удобрення кукурудзи з внесенням N_{50} сприяло підвищенню вмісту азоту на 19 мг/кг, N_{80} – на 26 мг/кг за значень показників 105 та 112 мг/кг ґрунту. Вищий показник вмісту легкогідролізованих сполук азоту отримано на варіанті з внесення N_{120}, де становив 124 мг/кг ґрунту. На мінеральному фоні з внесенням N_{140} забезпеченість кукурудзи цим елементом була найвищою і становила 133 мг/кг ґрунту та перевищила значення неудобреного варіанту на 47 мг/кг.

Вміст рухомого фосфору на варіанті без добрив становив 82 мг/кг ґрунту і відзначався як найнижчий. У досліді застосування норм азотних добрив здійснювали на фоні фосфорно-калійного удобрення $P_{80}K_{80}$. Тому на варіанті 2 спостерігалося підвищення його вмісту до 99 мг/кг. На третьому варіанті досліду показник забезпеченості рухомим фосфором становив 100 мг/кг і був на рівні попереднього варіанту. За внесення найвищих норм мінеральних добрив у четвертому та п’ятому варіантах він підвищився до 102 мг/кг ґрунту, що з пов’язано посиленням взаємодії між іонами азоту, фосфору та калію в результаті протікання обмінних реакцій у ґрунті.

Вміст у ґрунті обмінного калію характеризувався подібною тенденцією до вмісту рухомого фосфору. На контрольному варіанті забезпеченість ґрунту обмінними сполуками калію була на рівні 75 мг/кг ґрунту. З внесенням 50 та 80 кг/га діючої речовини азоту на фоні фосфору і калію він зріс на 19 мг/кг, тобто становив 94 мг/кг ґрунту. На варіанті 4 вміст обмінного калію складав 96 мг/кг, на варіанті 5, де застосовано найвищу норму добрив – 97 мг/кг ґрунту. Підвищення вмісту калію на цьому варіанті досліду пояснюється явищем синергізму іонів.

В досліді вплив мінерального удобрення, у більшій мірі, проявився на забезпеченість ґрунту легкогідролізованим азотом, тому встановлена залежність його вмісту від внесення норм азотних добрив на фосфорно-калійному фоні у фазу ВВСН 16 (рис. 3.1).

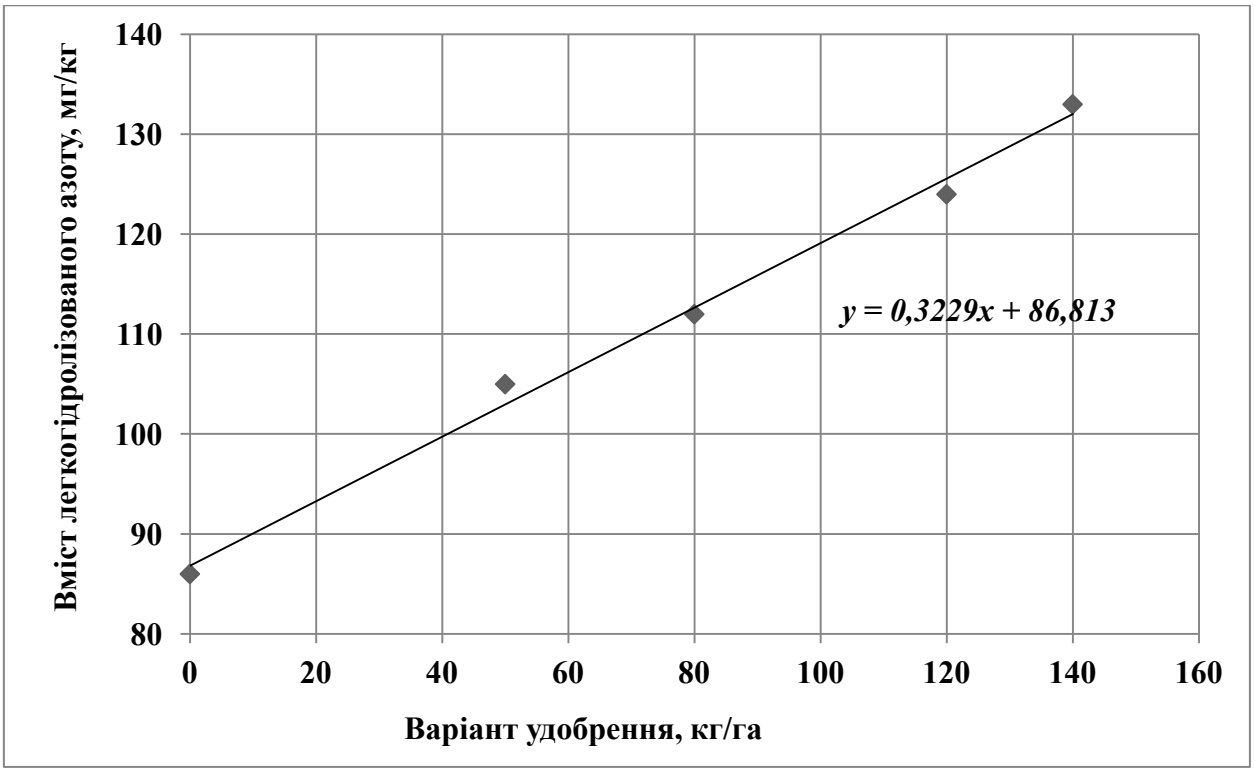

Рисунок 3.1 – Залежність вмісту легкогідролізованого азоту в ґрунті від рівня мінерального удобрення, середнє 2023-2024 рр.

Отримана залежність описується рівнянням регресії:

$$y = 0{,}3229x + 86{,}813, \quad (3.1)$$

де, у – вмісту легкогідролізованого азоту, мг/кг ґрунту,

х – рівень мінерального удобрення, кг/га.

Між ознаками встановлений тісний кореляційний зв'язок , оскільки коефіцієнт детермінації (R^2) становить 0,98.

Внаслідок засвоєння елементів живлення кукурудзою під час вегетації для розвитку вегетативної маси, у фазу ВВСН 39 ми відзначали зниження вмісту основних елементів живлення у ґрунті порівняно з попередньою фазою визначення (рис. 3.2).

Аналізуючи забезпеченість ґрунту азотом легкогідролізованих сполук у цій фазі варто зазначити, що за варіантами досліду його вміст зростав. На варіанті без застосування добрив він становив 78 мг/кг ґрунту. На

мінеральному фоні з внесенням 50 кг/га азоту він підвищився до 95 мг/кг, на фоні 80 к/га азотних добрив – до 100 мг/кг ґрунту та перевищував показники на контролі відповідно на 17 та 22 мг/кг ґрунту.

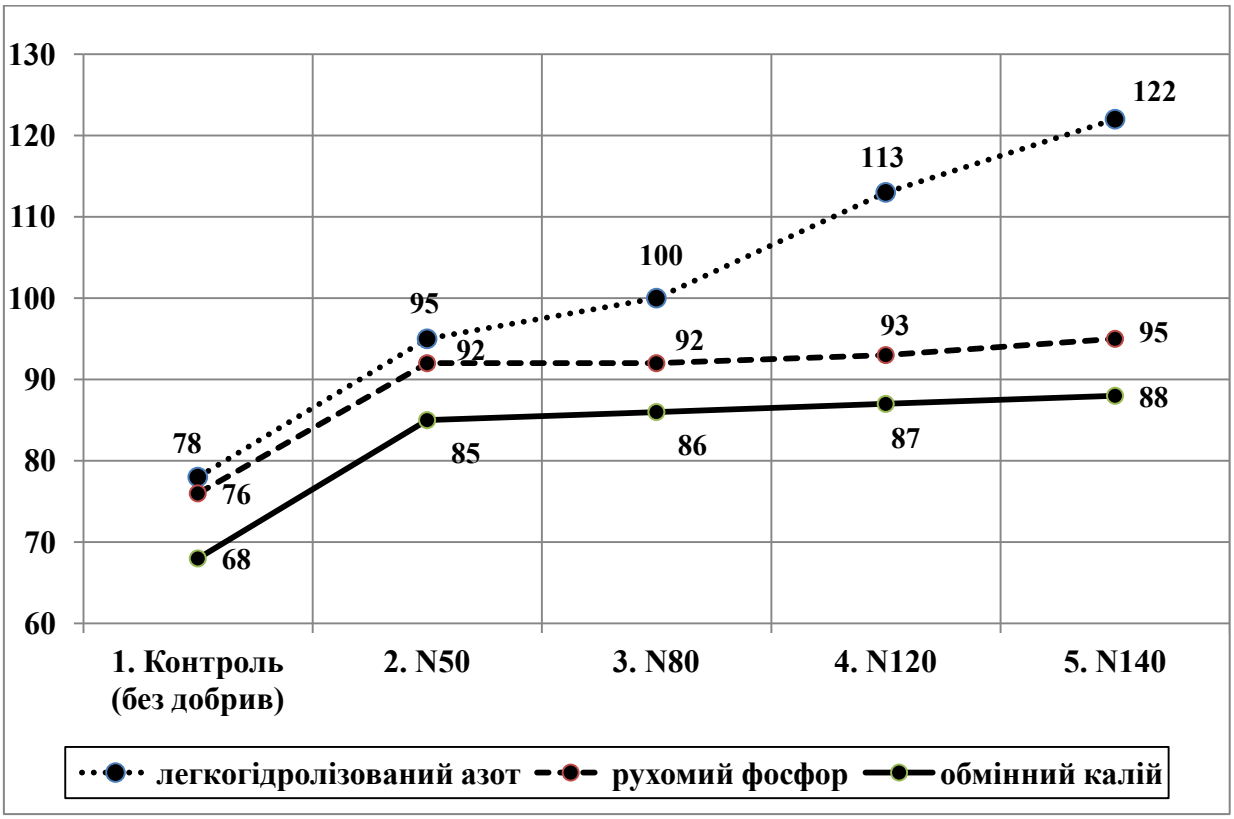

Рисунок 3.2 – Вплив різних норм азотних добрив за основного фосфорно-калійного удобрення на вміст у ґрунті елементів живлення у фазу за ВВСН 39 (середнє за 2023-2024 рр.)

В результаті застосування добрив у варіанті 4 з нормою внесення азоту 120 кг/га за діючою речовиною вміст легкогідролізованого азоту в ґрунті підвищився до 113 мг/кг, та зріс відносно неудобреного варіанту на 35 мг/кг. Найвищий вміст цього показника був на варіанті з внесенням N_{140}, де складав 122 мг/кг ґрунту і зростав відносно контролю на 44 мг/кг.

Вміст рухомого фосфору змінювався від 76 мг/кг ґрунту на варіанті без внесення добрив до 92-95 мг/кг ґрунту на варіантах з внесенням добрив.

Забезпеченість ґрунту обмінним калієм у зазначеній фазі варіювала від 68 мг/кг ґрунту на контролі до 85-88 мг/кг на фонах мінерального удобрення.

У фазу кукурудзи за ВВСН 83 знижується надходження елементів живлення в рослину, протікають процеси пов’язані з дозріванням зерна. В даній фазі забезпеченість елементами живлення була найнижчою за період вегетації внаслідок використання їх рослинами (рис. 3.3).

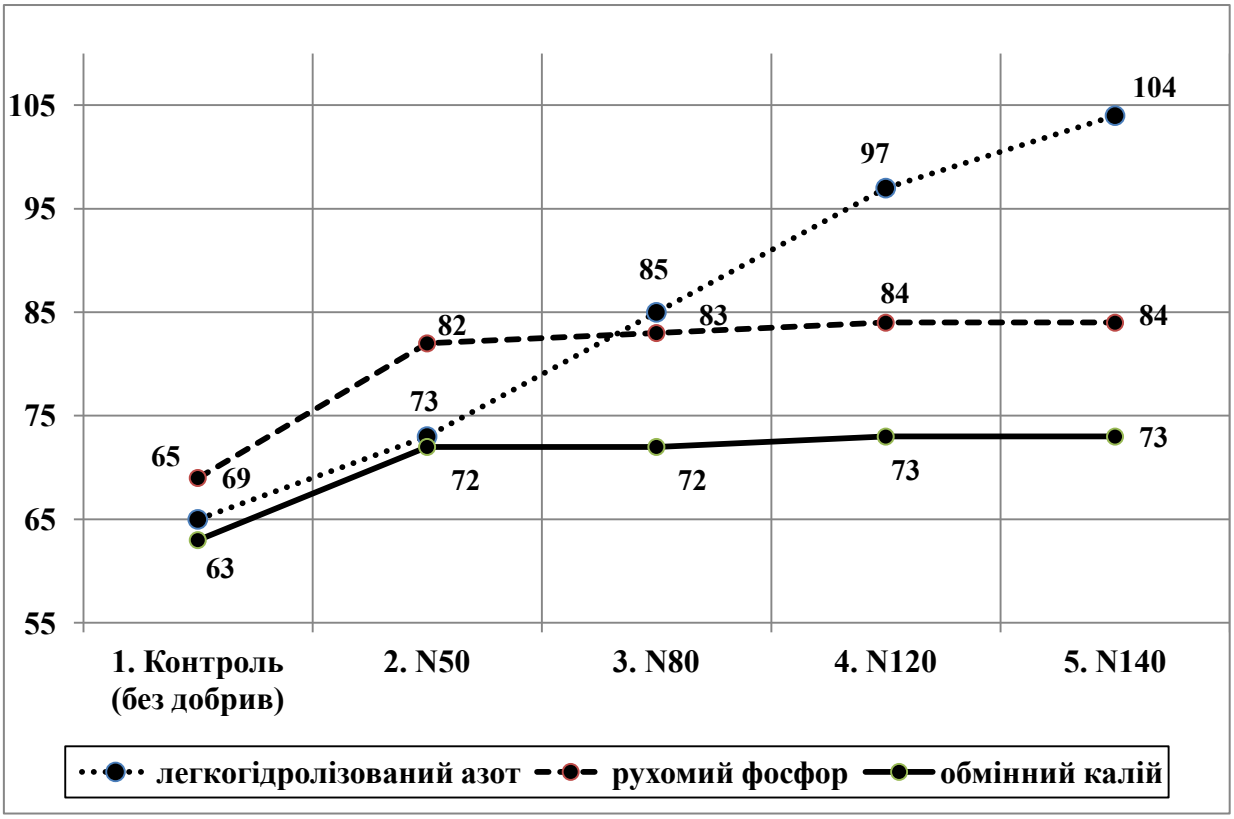

Рисунок 3.3 – Вміст у верхньому шарі ґрунту основних поживних елементів у фазу за ВВСН 83 під впливом різних рівнів мінерального живлення, середнє за 2023-2024 рр.

Показники вмісту легкогідролізованого азоту змінювалися від 65 мг/кг ґрунту на неудобреному фоні до 73-104 мг/кг на варіантах азотного удобрення. Забезпеченість ґрунтового середовища рухомим фосфором була в межах від 69 до 82-84 мг/кг ґрунту, обмінним калієм – від 63 до 72-73 мг/кг ґрунту.

Таким чином, вміст у сірому лісовому ґрунту основних елементів живлення визначався рівнем удобрення. Найвищі показники їх вмісту отримано на фоні з підвищеною нормою внесення добрив.

3.2. Вплив норм азотних добрив на процеси росту та розвитку кукурудзи

Вивчення динаміки змін морфобіологічних ознак дозволяє здійснювати вплив на процес формування урожайності. У живленні рослин кукурудзи азот відіграє провідну роль, від забезпеченості ним рослин залежить їх ріст та розвиток. Наші дослідження були спрямовані на встановлення впливу азотного удобрення на показники висоти рослин кукурудзи. Відомо, що висота рослин змінюється залежно від прийомів вирощування. Мінеральне удобрення посилює розвиток листків та стебел кукурудзи, як наслідок підвищується засвоєння вологи з ґрунту та підвищується продуктивність культури [51; 62].

Визначення висоти у фазу за ВВСН 31 показали, що з підвищенням норми азоту рослини характеризувалися більшими показниками висоти в роки проведення досліджень (рис. 3.4).

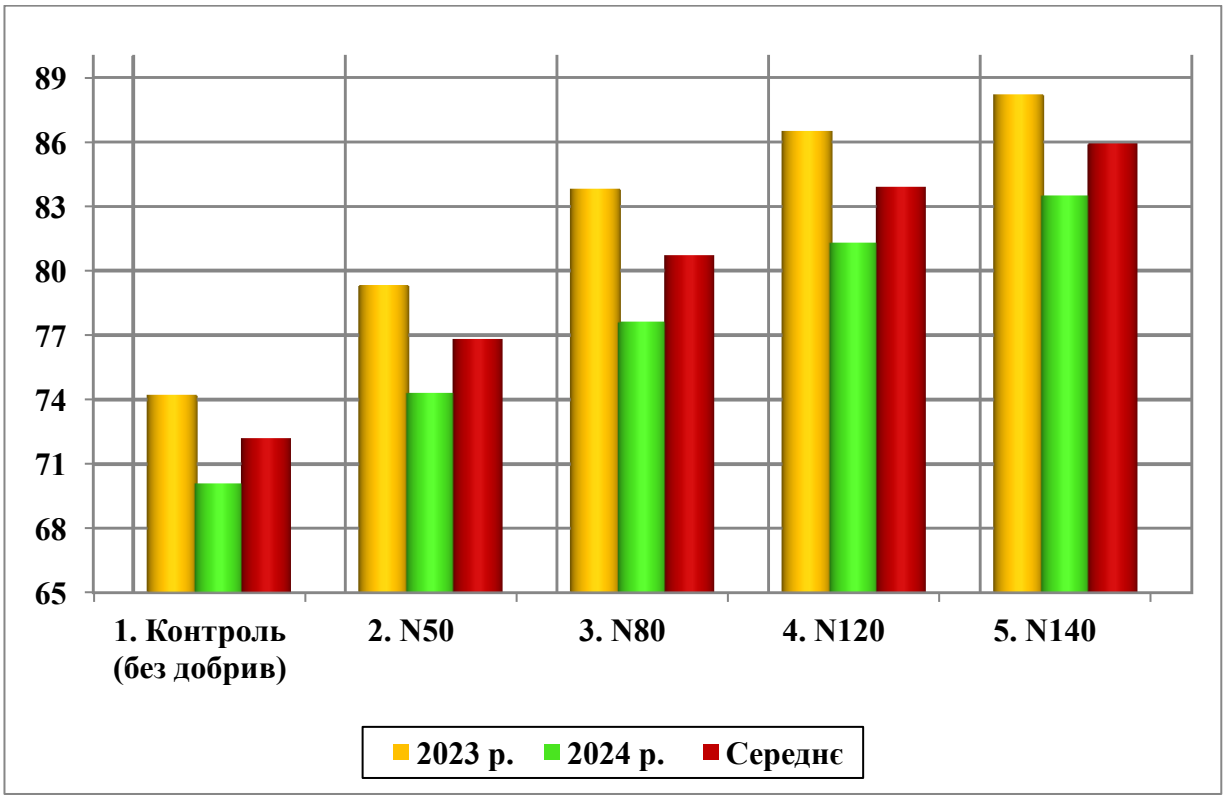

Рисунок 3.4 – Вплив рівня азотного удобрення на висоту рослин кукурудзи у фазу ВВСН 31 в 2023-2024 рр.

У фазу за ВВСН 31 рослини проходять фазу витягування стебла, видно третій стебловий вузол. В цей період рослини інтенсивно ростуть та засвоюють елементи живлення з ґрунту. В 2023 році на варіанті без внесення добрив висота рослин була найнижчою і становила 74,2 см. Внесення азоту у нормі 50 кг/га діючої речовини сприяло отриманню вищого значення показника – на рівні 79,3 см, що перевищило контроль на 5,1 см.

Збільшення норми азотного удобрення супроводжувалося зростанням лінійних розмірів рослин, зокрема, за внесення N_{80} – на 9,6 см, N_{120} – на 12,3 см. Показники складали відповідно 83,8 та 86,5 см. На варіанті з внесенням азоту в нормі N_{140} рослини кукурудзи характеризувалися найвищим значенням висоти на рівні 88,2 см, що вище від неудобреного варіанту на 14,0 см.

В 2024 році у цій фазі на фоні без удобрення висота рослин становила 70,1 см. Застосування карбаміду у нормі N_{50} та N_{80} обумовило отримання приростів показника на рівні відповідно 4,2 та 7,5 см за показників 74,3 та 77,6 см. Рослини були найвищими на четвертому та п’ятому варіантах з внесенням азоту у нормі 120 та 150 кг/га діючої речовини. На зазначених фонах отримано висоту рослин відповідно 81,3 та 83,5 см, що вище від неудобреного варіанту на 11,2 та 13,4 см.

В середньому за два роки досліджень найнижчий показник висоти рослин отримано на варіанті без застосування добрив – 72,2 см. На фоні з внесенням N_{50} збільшення рослин у висоті складало 4,6 см, за внесення N_{80} – 8,5 см, показники були на рівні відповідно 76,8 та 80,7 см. Внаслідок застосування вищої норми азотних добрив з нормою внесення 120 кг/га д.р. спостерігалося зростання показника до 83,9 см. На фоні мінерального удобрення в нормі N_{140} відзначено найвищий приріст рослин у висоті в фазу за ВВСН 31, який становив 13,7 см, рослини сягали висоти 85,9 см.

В процесі росту та розвитку у рослин кукурудзи збільшувалися лінійні розміри. Істотний вплив на зміну показників здійснювали норми азотного удобрення. Так, у фазу ВВСН 85 встановлено максимальні показники висоти

рослин, проте тенденція до зростання за варіантами досліду зберігалася (рис. 3.5).

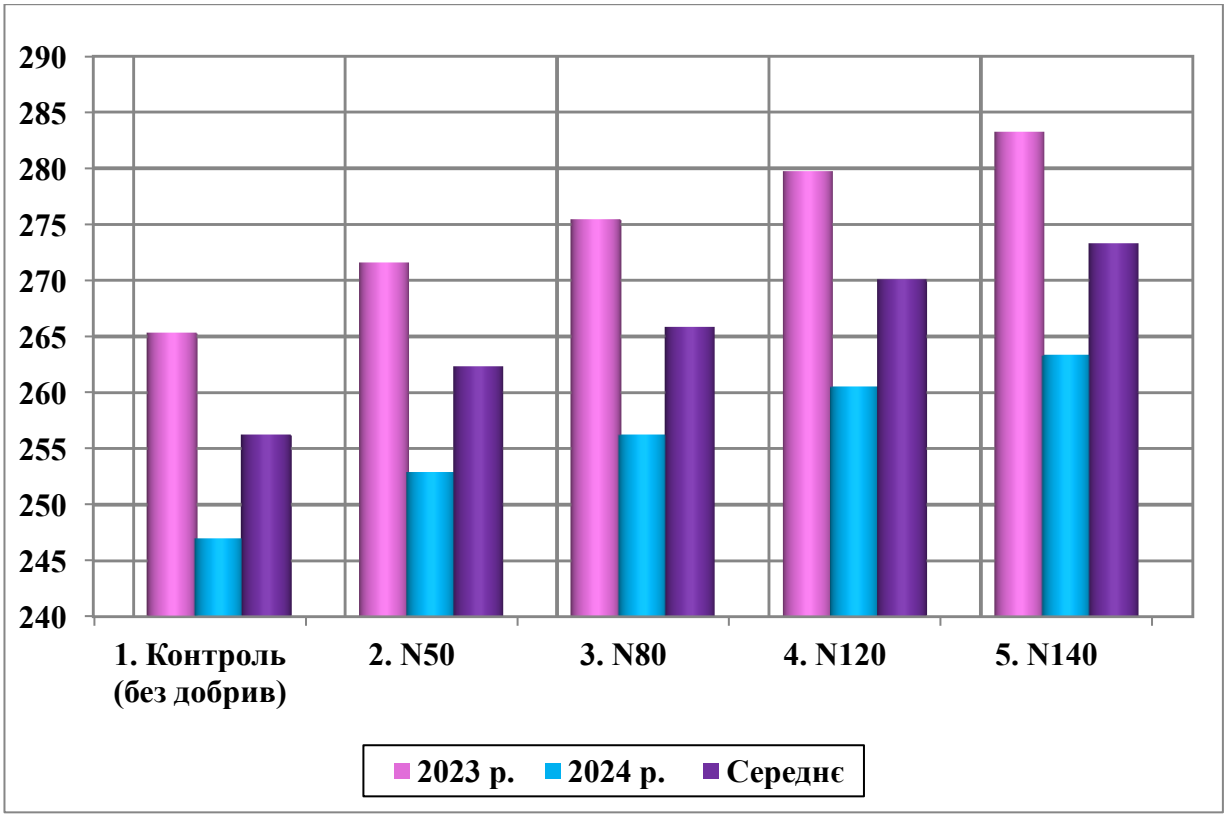

Рисунок 3.5 – Динаміка висоти рослин кукурудзи у фазу ВВСН 85 залежно від удобрення у 2023-2024 рр.

Згідно проведених замірів висоти рослин у зазначеній фазі у 2023 році показник на фоні без добрив, де рослини росли використовуючи природну родючість ґрунту, був найнижчим і складав 265,3 см. На удобрюваних варіантах висота рослин змінювалася від 271,6 за внесення N_{50} до 283,2 см в результаті застосування N_{140}, прирости були на рівні 6,3-17,6 см. На другий рік досліджень рослини відзначалися нижчими значеннями висоти. Показники варіювали від 247,0 см на контролі до 252,9-263,3 на удобрюваних варіантах.

Аналіз середніх дворічних даних досліджень показав, що на фоні без добрив висота рослин становила 256,2 см, де була найнижча. На варіанті 2 з внесенням 50 кг/га азоту за діючою речовиною спостерігалося її зростання на 6,1 см, на варіанті 3 – 9,6 см. Рослини відзначалися висотою на рівні

відповідно 262,3 та 265,8 см. На мінеральному фоні з застосуванням N_{120} середнє значення висоти рослин було на рівні 270,1 см, приріст до контролю сягав 14,0 см. Найвищими рослини були на варіанті 5, де їх висота складала 273,3 см за приросту 17,1 см.

У дослідженнях ми вивчали вплив різного рівня мінерального удобрення на площу листкової поверхні кукурудзи у період вегетації. Визначення площі листків у 33 фазі за ВВСН (табл. 3.2) показали позитивну динаміку за варіантами досліду.

Таблиця 3.2 – Вплив норм азотних добрив на формування площі листкової поверхні кукурудзи у фазу ВВСН 33 в 2023-2024 рр., тис. $м^2$/га

Варіант	Площа листкової поверхні			+/- до контролю
	2023 рік	2024 рік	середнє	
1. Контроль (без добрив)	14,3	13,1	13,7	-
2. N_{50}	19,1	18,3	18,7	5,0
3. N_{80}	20,9	19,1	20,0	6,3
4. N_{120}	23,6	22,0	22,8	9,1
5. N_{140}	25,7	23,7	24,7	11,0

На контрольному варіанті у перший рік досліджень площа фотосинтезуючої поверхні кукурудзи була на рівні 14,3 тис. $м^2$/га. Внесення азотних добрив забезпечувало формування рослин з більшою площею листків. На другому варіанті досліду вона складала 19,1 тис. $м^2$, на третьому 20,9 тис. $м^2$ в перерахунку на гектарну площу за приростів 4,8 та 6,6 тис. $м^2$. Застосування вищих норм удобрення на варіанті 4 та 5 проявилося у збільшенні площі листкової поверхні відповідно на 9,3 та 11,4 тис. $м^2$/га. Отримані значення на цих варіантах були найвищими.

В 2024 році на неудобреному фоні отримано площу листків на рівні 13,1 тис. $м^2$/га. На фонах мінерального азотного удобрення вона зростала і

знаходилася в межах від 18,3 до 23,7 тис. м^2 на 1 га, прирости площі були на рівні 5,2–10,6 тис. м^2/га.

В середньому за два роки досліджень без застосування добрив фотосинтезуюча поверхня рослин кукурудзи в 33 фазі характеризувалася найнижчою площею на рівні 13,7 тис. м^2/га. Внесення азоту в нормі N_{50} супроводжувалося її підвищенням до 18,7 тис. м^2, тобто зросла на 5,0 тис. м^2. На фоні N_{80} та N_{120} вона сягала 20,0 та 22,8 тис. м^2/га та перевищувала контроль відповідно на 6,3 та 9,1 тис. м^2. Рівень удобрення з використанням добрив у нормі N_{140} відзначався найвищою ефективністю, приріст площі листкової маси становив 11,0 тис. м^2 за показника 24,7 тис. м^2 на гектарну площу.

В фазу визначення за шкалою ВВСН 65, ми спостерігали збільшення показників площі листкової поверхні внаслідок наростання вегетативної маси кукурудзи (рис. 3.6, дод. В).

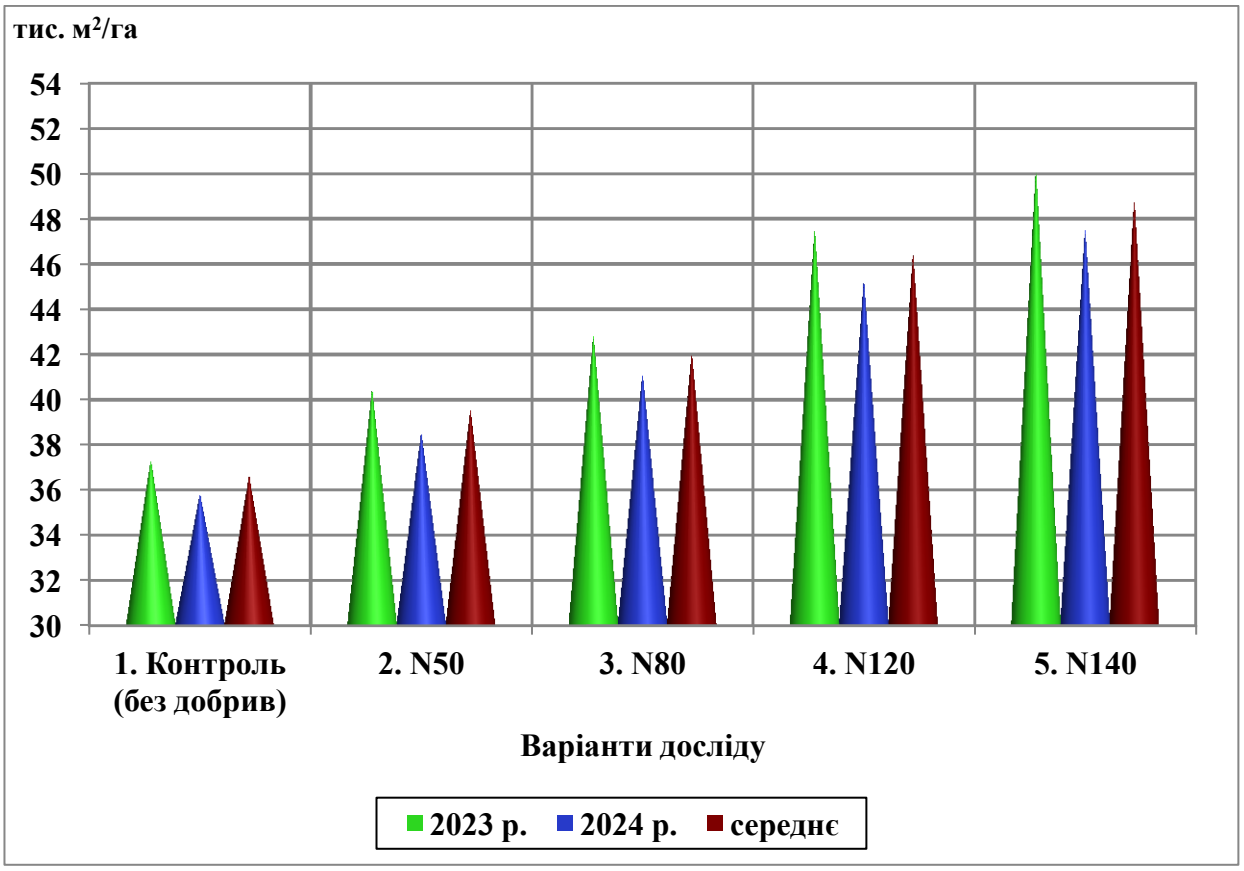

Рисунок 3.6 – Вплив норм азотних добрив на площу листкової поверхні кукурудзи у фазу за ВВСН 65 у 2023-2024 рр.

На фазу розвитку кукурудзи 65 макростадії 6 припадає період цвітіння рослин, зокрема спостерігається повне цвітіння гілочок волоті та викидання ниток рильця жіночого суцвіття (рис. 3.7).

Рисунок 3.7 – Загальний вигляд рослин кукурудзи в польовому досліді у фазу за ВВСН 65 у 2024 році

Як видно з даних рисунка 3.6, в середньому за два роки на фонах з вищими нормами внесення азотних добрив отримано вищі прирости площі листків. На неудобреному фоні показник становив 36,6 тис. м^2 на 1 га. За внесення 50 кг азоту за діючою речовиною вона зростала до 39,5 тис. м^2, тобто підвищилася відносно контролю на 2,9 тис. м^2. На фоні з застосуванням карбаміду в нормі 80 та 120 кг/га діючої речовини прирости площі листкової поверхні були на рівні відповідно 5,6 та 10,8 тис. м^2/га, їх

значення сягали 38,7 та 43,9 тис. м^2/га. На варіанті з внесенням 140 кг/га азоту листки характеризувалися найвищою площею, яка сягала 45,7 тис. м^2 та зросла на 12,6 тис. м^2/га від контролю та на 1,8 тис. м^2 від попереднього варіанту досліду.

У фазу за ВВСН 85 площа фотосинтезуючої поверхні кукурудзи знизилася порівняно з попередньою фазою визначення, що пов'язано з надходженням асимілянтів у зерно та відмиранням листків. Під впливом азотних добрив відзначено її зростання за варіантами досліду (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Площа листків кукурудзи під впливом удобрення у фазу ВВСН 85 (2023-2024 рр.), тис. м^2/га

Варіант	Площа листкової поверхні			+/- до контролю
	2023 рік	2024 рік	середнє	
1. Контроль (без добрив)	34,2	31,9	33,1	-
2. N_{50}	38,3	35,8	37,1	4,0
3. N_{80}	40,1	37,2	38,7	5,6
4. N_{120}	44,5	43,2	43,9	10,8
5. N_{140}	46,6	44,7	45,7	12,6

В 2023 році досліджень показники були в межах 34,2-46,6 тис. м^2/га, у 2024 році – 31,9-44,7 тис. м^2/га. В середньому за два роки на неудобреному варіанті площа листкового апарату складала 33,1 тис. м^2. Мінеральне азотне удобрення сприяло її зростанню на 4,0-12,6 тис. м^2 за показників 37,1 тис. м^2 на фоні внесення найнижчої норми азоту до 45,7 тис. м^2 на 1 га на варіанті 5 з внесення N_{140}.

Таким чином, застосування вищих норм азоту у формі карбаміду посилює ростові процеси рослин кукурудзи, що проявляється у збільшенні їх висоти та площі листкової поверхні.

3.3. Формування структури урожаю та урожайності кукурудзи залежно від мінерального удобрення

Структурні елементи урожаю кукурудзи закладаються впродовж вегетації на різних етапах розвитку. Урожайність залежить від формування структурних елементів – довжини качана, кількості зерен в ряді качана та в качані в цілому. Вирощування високопродуктивних гібридів кукурудзи та урахування технологічних прийомів дозволяє розкрити генетичний потенціал культури [1].

Дослідженнями встановлено покращення показників структури урожаю кукурудзи за внесення різних норм азотних добрив, зокрема, відзначено збільшення довжини качана (рис. 3.8).

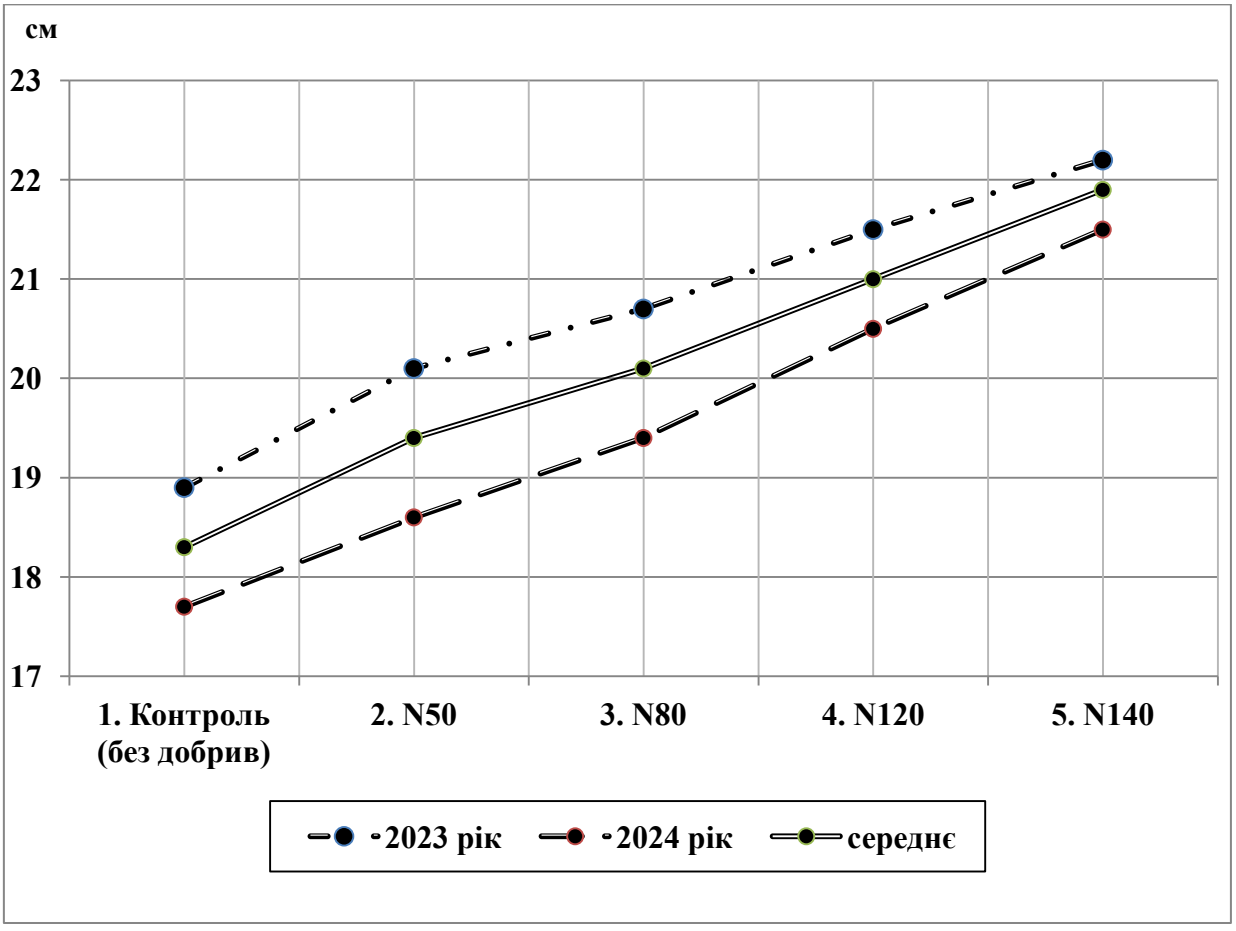

Рисунок 3.8 – Вплив норм азотних добрив на довжину качана кукурудзи, см (дані 2023-2024 рр.)

У 2023 році на неудобреному фоні качан кукурудзи характеризувався найнижчою довжиною на рівні 18,9 см. На мінеральному фоні з внесення 50 кг/га діючої речовини азоту спостерігалося його зростання на 1,2 см, за внесення 80 кг/га азоту – на 1,8 см. Показники були на рівні відповідно 20,1 і 20,7 см. Застосування вищої норми азоту на четвертому варіанті (N_{120}) обумовило збільшення довжин качана до 21,5 см, приріст до контролю складав 2,6 см. Найвищу довжину відзначено на варіанті внесення добрив в нормі N_{140}, де вона становила 22,2 см, що перевищило неудобрений фон на 3,3 см. На рисунку 3.9 представлено зразок качана кукурудзи на цьому варіанті.

Рисунок 3.9 – Качан кукурудзи на п’ятому варіанті досліду у 2023 році

Вимірювання довжини качана у 2024 році показали подібну тенденцію за варіантами досліду. На першому варіанті, на якому добрив не вносили вона складала 17,7 см. Внаслідок внесення азоту у формі карбаміду у

варіантах 2 та 3 зросла до 18,6 та 19,4 см і перевищувала контроль відповідно на 0,9 та 1,7 см. На фоні удобрення четвертого варіанту досліду приріст довжини качана становив 2,8 см, на п’ятому – 3,8 см за показників 20,5 та 21,5 см.

Середні дворічні дані підтвердили, що качан відзначався найменшим значенням довжини на контролі, яка складала 18,3 см. Удобрення в нормі N_{50} сприяло отриманню довжини качана на рівні 19,4 см, N_{80} – 20,1 см, що перевищило варіант без удобрення відповідно на 1,1 та 1,8 см. Внаслідок застосування 120 кг/га азоту перевищення контрольного варіанту за показником довжини качана складало 2,7 см за значення 21,0 см. Рівень мінерального живлення застосований варіанті 5 забезпечив найвищу ефективність щодо впливу на збільшення довжини качана. Приріст до контролю сягав 3,6 см за значення 21,9 см.

Встановлена залежність довжини качана від рівня удобрення, яку характеризує рівняння регресії:

$$y = 0{,}0248x + 18{,}206, \qquad (3.2)$$

де y – довжина качана, см

x – норма мінерального удобрення, кг/га

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0{,}97$, існує тісний кореляційний зв'язок.

Важливим елементом структури урожаю кукурудзи є кількість зерен в ряді качана, яка визначалася в польовому досліді нормою застосування азоту під культуру (табл. 3.4).

Вирощування культури на неудобреному фоні у 2023 році супроводжувалося отриманням кількості зерен в ряді качана на рівні 38,9 шт. Застосування азотного удобрення забезпечувало їх збільшення на 0,5-3,6 шт./ряд, налічувалося 39,4-42,5 зерен. На другому році досліджень на неудобреному варіанті відзначено найнижчу кількість зерен в ряді, яка становила 37,8 шт. На варіантах внесення мінеральних добрив вона

змінювалася від 38,4 до 41,0 зерен на ряд, що було вищим від контролю на 0,6-3,2 зерен.

Таблиця 3.4 – Формування кількості зерен в ряді качана під впливом мінерального азотного удобрення кукурудзи у 2023-2024 рр., шт.

Варіанти досліду	Кількість зерен в ряді качана		Середнє за два роки	Приріст до контролю
	2023 рік	2024 рік		
1. Контроль (без добрив)	38,9	37,8	38,4	-
2. N_{50}	39,4	38,4	38,9	0,6
3. N_{80}	40,0	39,3	39,7	1,3
4. N_{120}	41,6	40,2	40,9	2,6
5. N_{140}	42,5	41,0	41,8	3,4

В середньому за два роки на неудобреному фоні отримано показник 38,4 зерен/ряд, що було найнижчим. На варіанті з використанням удобрення в нормі N_{50} кількість зерен збільшувалася до 38,9 шт., тобто зросла на 0,6 зерен. Внесення N_{80} та N_{120} було ефективнішим, оскільки забезпечило збільшення кількості зерен відповідно до 39,7 та 40,9 шт., прирости складали 1,3 та 2,6 зерен. Варіант з внесенням N_{140} забезпечив найвищий показник, який був на рівні 41,8 зерен/ряд, що перевищило неудобрений фон на 3,4 зерен.

Отже, азотне удобрення є ефективним чинником впливу на формування показників довжини качана кукурудзи та кількості зерен в ряді.

Урожайність кукурудзи є результатом впливу багатьох чинників, провідним з яких є удобрення. У наших дослідженнях рівень азотного живлення істотно впливав на урожайність культури (табл. 3.5; дод. Г).

Вирощування кукурудзи гібриду ……. у 2023 році на неудобреному фоні забезпечило рівень урожайності 9,71 т/га. Внаслідок внесення мінеральних добрив у нормі N_{50} отримано 11,88 т/га зерна, що вище

від контрольного варіанту на 2,17 т. Фон мінерального живлення N_{80} сприяв її зростанню на 2,82 т/га, або 29 %, N_{120} – на 13,69 т/га, або 41 %.

Таблиця 3.5 – Урожайність кукурудзи залежно від застосування азотних добрив у 2023 році

Варіанти досліду	Урожайність, т/га	Приріст до контролю, т/га	Приріст до контролю, %
1. Контроль (без добрив)	9,71	-	-
2. N_{50}	11,88	2,17	22,3
3. N_{80}	12,53	2,82	29,0
4. N_{120}	13,69	3,98	41,0
5. N_{140}	14,32	4,61	47,5
$НІР_{05}$	0,18	-	-

Найістотніше зростання відзначено на фоні внесення 140 кг на один гектар діючої речовини азоту, урожайність складала 14,32 т/га і зросла на 4,61 т, або на 47,5 %.

Статистично доведено достовірність різниці між варіантами у досліді.

У 2024 році отримано нижчу урожайність кукурудзи, що пов’язано з більш посушливими погодними умовами порівняно з 2023 роком досліджень (табл. 3.6; дод. Д).

На варіанті контролю (без добрив) урожайність становила 9,03 т/га. На фонах другого та третього варіантів з внесенням 50 та 80 кг діючої речовини вона відповідно підвищилася на 1,91 та 2,74 т/га і складала 10,94 та 11,77 т/га. Найвищі значення урожайності забезпечило внесення 120 та 150 кг/га азоту у діючій речовині, які сягали відповідно 13,07 та 13,41 т/га. На цих варіантах перевищення неудобреного фону становило 4,04 т, або 44,7 % та 4,38 т, або 48,5 %.

Таблиця 3.6 – Формування урожайності кукурудзи під впливом удобрення у 2024 році

Варіанти досліду	Урожайність, т/га	Приріст до контролю, т/га	Приріст до контролю, %
1. Контроль (без добрив)	9,03	-	-
2. N_{50}	10,94	1,91	21,2
3. N_{80}	11,77	2,74	30,3
4. N_{120}	13,07	4,04	44,7
5. N_{140}	13,41	4,38	48,5
$НІР_{05}$	0,24	-	-

Повну характеристику результатів досліджень дають середні дані урожайності (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Вплив рівня азотного удобрення на показники урожайності кукурудзи, середнє за 2023-2024 рр.

Варіанти досліду	Урожайність, т/га	Приріст до контролю, т/га	Приріст до контролю, %
1. Контроль (без добрив)	9,37	-	-
2. N_{50}	11,41	2,04	21,8
3. N_{80}	12,15	2,78	29,7
4. N_{120}	13,38	4,01	42,8
5. N_{140}	13,87	4,50	48,0

Середній рівень урожайності за два роки отриманий на контрольному варіанті становив 9,37 т/га зерна. На мінеральному фоні, де вносили норму добрив N_{50} він підвищився до 11,41 т, приріст складав 2,04 т/га, або 21,8 %. Застосування N_{80} забезпечило приріст урожайності відносно попереднього варіанту на 0,74 т, відносно варіанту без добрив – 2,78 т за показника 12,15 т

з гектара. Азотне удобрення застосоване у варіанті 4 супроводжувалося збільшенням урожайності відносно варіанту 3 на 1,23 т, щодо контролю – на 4,01 т, або 42,8 %. На варіанті 5 з внесенням максимальної норми азоту (N_{140}) рівень урожаю був найвищим і складав 13,87 т/га, що зросло порівняно з варіантом внесення N_{120} на 0,49 т, відносно неудобреного фону – на 4,5 т/га.

Урожайність є основним показником, який характеризує ефективність системи удобрення, тому поглиблений кореляційний аналіз залежності між показниками дозволяє надати повну оцінку провадженого заходу (рис. 3.10).

Отримана залежність між урожайністю кукурудзи та нормами азотних добрив відображена у формі рівняння регресії:

$$y = 0{,}0279x + 9{,}984, \qquad (3.2)$$

де у – рівень урожайності кукурудзи, т/га, х – норма азотних добрив, кг/га.

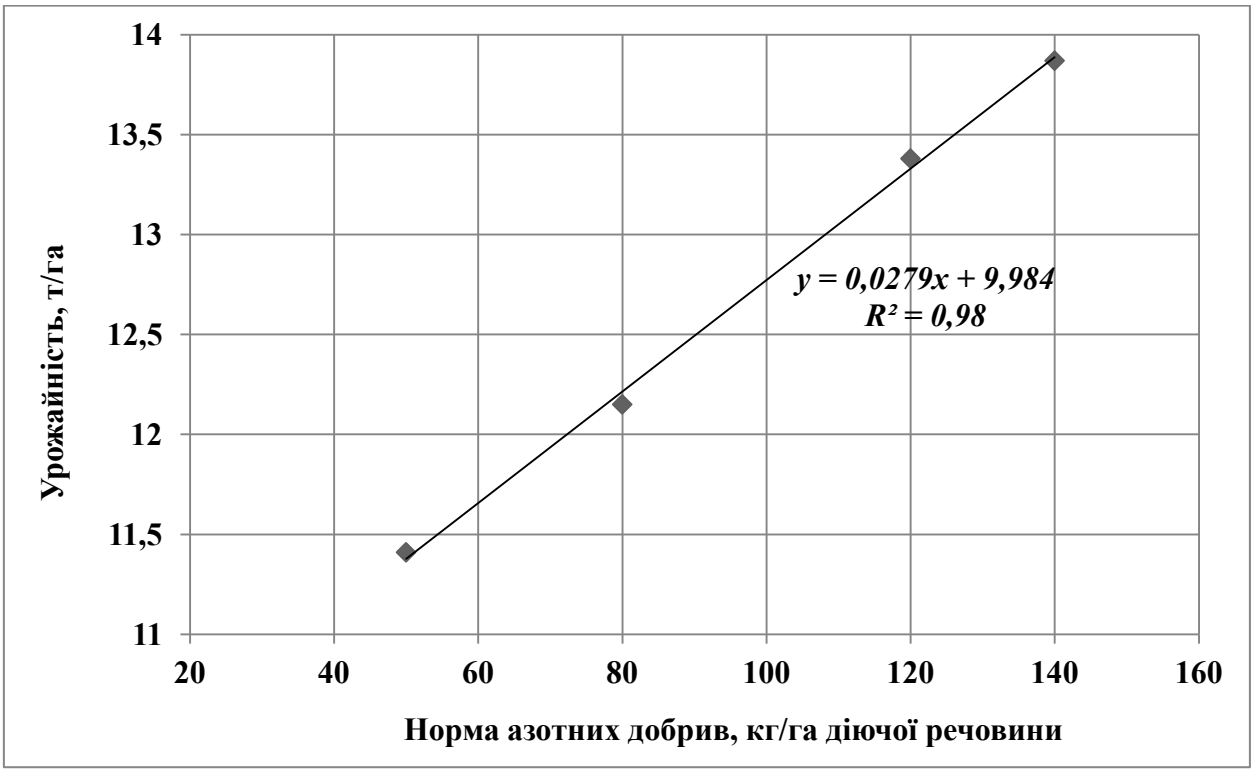

Рисунок 3.10 – Залежність урожайності кукурудзи від норм внесення азотних добрив, середнє за 2023-2024 рр.

Коефіцієнт детермінації становить 0,98, що вказує на тісний кореляційний зв'язок між ознаками.

Отже, враховуючи отримані результати досліджень варто зазначити, що норма азотного удобрення істотно підвищує урожайність кукурудзи.

3.4. Якісні показники зерна кукурудзи під впливом норм внесення азотних добрив

Досягнення високої потенційної продуктивності сільськогосподарських культур забезпечується шляхом врахування біологічних вимог, регулюванням родючості ґрунту та створенням сприятливого водно-повітряного та поживного режимів. Ефективність застосування добрив є визначальним чинником якості зерна кукурудзи. Відомо, що на якісні показники зерна значний вплив здійснюють погодні умови вегетації, проте їх можливо регулювати відповідними прийомами вирощування, одним з яких є система удобрення [9; 38; 65].

Встановлено підвищення маси тисячі зерен кукурудзи під впливом внесення азотних добрив (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Формування маси 1000 зерен кукурудзи під впливом азотного удобрення у 2023 році

Варіант	Маса 1000 зерен, г	Приріст до контролю, г
1. Контроль (без добрив)	322,1	-
2. N_{50}	337,7	15,6
3. N_{80}	347,8	25,7
4. N_{120}	364,6	42,5
5. N_{140}	374,4	52,3

Маса тисячі зерен є важливим показником якості. Підвищення маси зерен безпосередньо впливає на валовий збір зерна з одиниці площі. У

перший рік досліджень на варіанті без добрив маса однієї тисячі зерен була мінімальна у досліді і складала 322,1 г. За внесення карбаміду в нормі N_{50} спостерігалося її зростання на 15,6 г, на мінеральному фоні з застосуванням N_{80} приріст маси становив 25,7 г. Найвищі прирости показника щодо контролю забезпечило застосування азотного добрива у нормах N_{120} та N_{140}, які сягали відповідно 42,5 г та 52,3 г. Маса 1000 зерен на цих варіантах дорівнювала 364,6 г та 374,4 г.

Збільшення маси тисячі зерен залежно від рівня азотного удобрення відзначено на другому році досліджень. Відповідно до таблиці 3.9, застосування азоту в нормі 50 кг/га діючої речовини на другому варіанті досліду супроводжувалося підвищенням маси 1000 зерен на 18,2 г за показника 319,5 г.

Таблиця 3.9 – Залежність маси тисячі зерен від фону мінерального живлення у 2024 році

Варіант	Маса 1000 зерен, г	Приріст до контролю, г
1. Контроль (без добрив)	301,3	-
2. N_{50}	319,5	18,2
3. N_{80}	329,2	27,9
4. N_{120}	346,4	45,1
5. N_{140}	356,9	55,6

На третьому варіанті маса зерен складала 329,2 г, що перевищило неудобрений фон на 27,9 г. Мінеральне азотне удобрення застосоване на четвертому варіанті збільшувало її до 346,4 г, тобто на 45,1 г. Мінеральне удобрення п’ятого варіанту з внесенням максимальної норми азоту збільшувало показник на 55,6 г відносно контрольного варіанту, маса тисяч і зерен становила 356,9 г.

Згідно з середніми дворічними даними (рис. 11), на першому варіанті досліду без внесення добрив маса 1000 зерен була найнижчою і становила

311,7 г. На варіантах з азотним удобренням в нормах N_{50} та N_{80} вона сягала відповідно 328,6 та 338,5 г, її підвищення було на рівні 16,9 та 26,8 г.

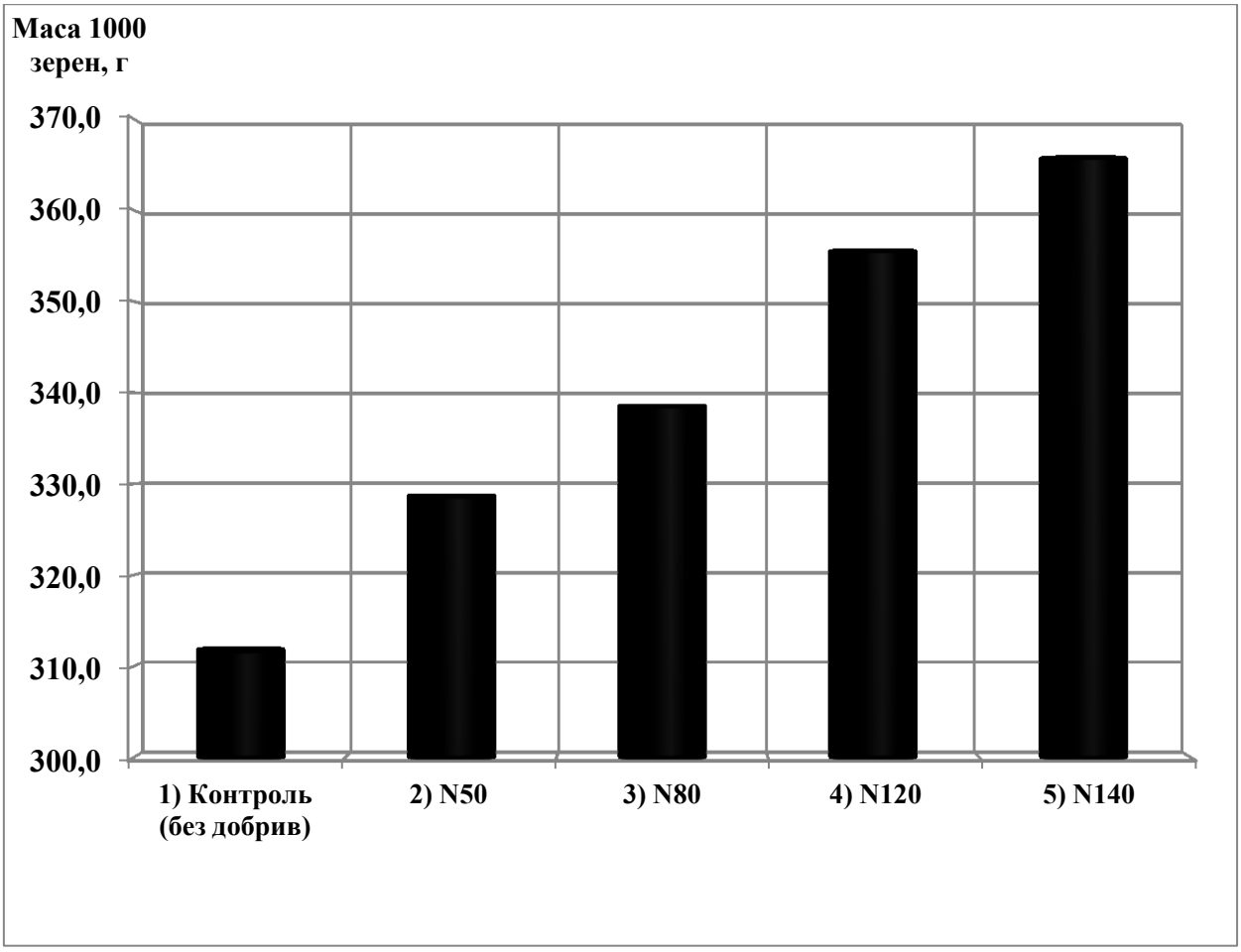

Рисунок 3.11 – Вплив різних рівнів удобрення на масу 1000 зерен кукурудзи, середні дворічні дані

Внесення вищої норми азоту – на рівні 120 кг діючої речовини на 1 га забезпечило приріст маси зерен в межах 43,8 г за показника 355,5 г. Внаслідок застосування N_{140} маса однієї тисячі зерен становила 365,7 г та перевищувала контроль на 53,9 г.

Нашими дослідженнями встановлено підвищення вмісту білка в зерні кукурудзи з збільшенням норми внесення азоту, про що свідчать результати наведені в таблиці 3.10.

Вміст білка в зерні у 2023 році характеризувався нижчими значенням порівняно з другим роком досліджень (2024), що пов’язано з погодними умовами періоду вегетації. У 2024 році в період наливу зерна склалися

посушливі погодні умови, спостерігалося випадання низької кількості опадів, що вплинуло на підвищення білковості зерна.

Таблиця 3.10 – Зміна вмісту білка в зерні кукурудзи залежно від норми внесення азоту в 2023-2024 рр.

Варіанти досліду	Вміст білка у зерні, %			Приріст до контролю, %
	2023 рік	2024 рік	середнє за два роки	
1. Контроль (без добрив)	8,43	8,62	8,53	-
2. N_{50}	8,95	9,09	9,02	0,50
3. N_{80}	9,11	9,38	9,25	0,72
4. N_{120}	9,62	9,91	9,77	1,24
5. N_{140}	9,92	10,27	10,10	1,57

За варіантами досліду простежувалася тенденція до зростання вмісту білка, зокрема у 2023 році значення варіювали від 8,43 % на фоні без внесення добрив до 8,95-9,92 % на варіантах азотного удобрення. Підвищення вмісту білка було на рівні 0,52-1,49 %. В 2024 році на неудобреному варіанті отримано його вміст на рівні 8,62 %, за різних норм азотного живлення кукурудзи він змінювався від 9,09 до 10,27 %. Прирости до контролю були в межах від 0,47 до 1,65 %.

В середньому за період досліджень на фоні без добрив вміст білка був найнижчим і становив 8,53 %. Внаслідок внесення N_{50} збільшення його вмісту було на рівні 0,50 %, при застосуванні N_{80} – 0,72 %. Вміст білка на цих варіантах склав 9,02 та 9,25 % відповідно. На варіанті 4, де вносили азот у нормі 120 кг д. р. на гектар він підвищився на 1,24 % і становив 9,77 %. Вирощування кукурудзи на мінеральному фоні варіанту 5 з застосуванням азотного добрива в нормі N_{140} забезпечило найвищий вміст білка в зерні, який сягав 10,1 % та перевищував контроль на 1,57 %.

Визначення вмісту жиру та крохмалю в зерні кукурудзи показали, що ці показники змінювалися залежно від фону удобрення (табл. 3.11).

Таблиця 3.11 – Вплив удобрення на вміст жиру та крохмалю у зерні кукурудзи, середнє за 2023-2024 рр.

Варіант	Вміст жиру, %	Вміст крохмалю, %
1. Контроль (без добрив)	3,68	71,92
2. N_{50}	3,86	71,45
3. N_{80}	3,92	71,33
4. N_{120}	4,03	70,81
5. N_{140}	4,14	70,28

Вміст жиру, на варіанті без добрив, в середньому за два роки, становив 3,68 %, під впливом азотного удобрення зростав на незначні величини. На другому варіанті він становив 3,86 %, на третьому – 3,92 % та перевищував контроль на 0,18 та 0,24 %. Найвищі прирости вмісту жиру відзначено за внесення найвищих норм азотного добрива на фонах N_{120} $N_{140,}$ де відповідно складали 0,35 та 0,46 %. Вміст жиру був на рівні 4,03 та 4,14 %.

Внесення азоту призводило до зниження вмісту крохмалю у зерні. Зокрема, на першому варіанті досліду, де добрив не вносили його вміст був найвищим – 71,92 %. На варіантах застосування добрив в нормі N_{50} та N_{80} вміст крохмалю знизився на 0,47 та 0,59 % і складав 71,45 та 71,33 %. В результаті застосування N_{120} він становив 70,81 %. Найнижче значення, яке було на рівні 70,28 % забезпечило внесення азоту в нормі 140 кг/га азоту, тобто вміст крохмалю знизився відносно неудобреного варіанту на 1,64 %.

Наведені результати досліджень підтверджують, що рівень азотного удобрення є чинником, який визначає якісні показники зерна кукурудзи.

3.5. Економічна та енергетична ефективність вирощування кукурудзи на різних фонах мінерального удобрення

В умовах інтенсифікації виробництва сільськогосподарської продукції зростають витрати на матеріальні ресурси. Важливе значення має прибутковість виробництва, яка визначається рядом економічних показників, одним з яких є рівень рентабельності [18].

Вирощування кукурудзи на мінеральному фоні відзначалося вищою рентабельністю (табл. 3.12).

Таблиця 3.12 – Економічна ефективність вирощування кукурудзи залежно від фону азотного удобрення

Варіант	Вартість продукції, грн./га	Виробничі затрати, грн./га	Чистий прибуток, грн./га	Собівартість, грн./ц	Рівень рентабельності, %
1. Контроль (без добрив)	70488	48894	21594	522	44,2
2. N_{50}	98012	58113	39899	509	68,7
3. N_{80}	104369	60373	43996	497	72,9
4. N_{120}	114934	63461	51473	474	81,1
5. N_{140}	119143	65018	54125	469	83,2

Для розрахунків економічної ефективності враховували ціни станом на 01 листопада 2024 року. На контролі, де добрив не вносили вартість продукції була найнижчою і складала 70488 грн./га. За внесення азотних добрив в нормі 50 кг діючої речовини на 1 га вона зросла до 98012 грн./га. На варіанті 3 з внесенням вищої норми азоту у нормі 80 кг/га отримано вищу урожайність, відповідно вартість продукції також підвищилася і становила 104369 грн. з нектарної площі. На фонах удобрення варіантів 4 та 5 з

внесенням N_{120} та N_{140} вартість продукції була найвищою і відповідно сягала 114934 та 119143 грн./га.

Виробничі затрати на неудобреному варіанті включали витрати пов'язані з обробітком ґрунту, вартістю насіннєвого матеріалу та пестицидів, внесенням засобів захисту рослин та збором урожаю. На цьому варіанті затрати на вирощування були найнижчими і складали 48894 грн./га. На варіантах 2–5 вносили азотні добрива на фосфорно-калійному фоні, відповідно затрати зростали від 58113 до 65018 грн./га.

Важливим економічним показником є чистий прибуток, який фоні першого варіанту складав 21594 грн. з 1 га. На другому та третьому варіантах він підвищився відповідно до 39899 та 43996 грн./га. Найвищу прибутковість на рівні 54125 грн./га забезпечило вирощування кукурудзи на мінеральному фоні п'ятого варіанту.

Собівартість продукції знижувалася на варіантах з застосуванням азоту. Показники змінювалися від 522 грн./ц на неудобреному варіанті до 509-474 грн./ц за внесення добрив.

Рівень рентабельності є показником, який виражає співвідношення чистого прибутку до виробничих витрат технології та показує ефективність виробництва. Згідно розрахунків найнижчу рентабельність отримано на контрольному варіанті 44,2 %. Застосування добрив в нормі N_{50} зумовило її зростання до 68,7 %, в нормі N_{80} – до 72,9 %. Вищу рентабельність забезпечило застосування N_{120}, яка дорівнювала 81,1 %. На варіанті мінерального удобрення в нормі N_{140} рівень рентабельності становив 83,2 % і відзначався як найвищий.

Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур є розрахунковою величиною, в основу якої покладено співвідношення енергії, яка міститься в урожаї до загальної суми енерговитрат на вирощування культури. Встановлено, що енергетична ефективність технології визначається коефіцієнтом енергетичної

ефективності. Технологія вважається доцільною, якщо він перевищує одиницю [34].

Застосування азотних добрив під кукурудзу є енергетично-доцільним, що доводять отримані розрахунки (табл. 3.13).

Таблиця 3.13 – Енергетична ефективність вирощування кукурудзи за різного рівня азотного удобрення (середнє за 2023-2024 рр.)

Варіант	Надходження енергії з урожаєм, МДж/га	Загальні витрати енергії на вирощування, МДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності
1. Контроль (без добрив)	91824	48644	1,89
2. N_{50}	172702	53881	3,21
3. N_{80}	183902	56260	3,27
4. N_{120}	202520	59997	3,38
5. N_{140}	209936	61468	3,42

Надходження енергії з урожаєм на неудобреному варіанті було на рівні 91824 МДж/га. Застосування азотних добрив сприяло збільшенню її надходження на одиницю площі. Кількість енергії, яка надійшла на цих варіантах коливалася від 172702 МДж на варіанті з внесенням найнижчої норми добрив до 209936 МДж/га на п’ятому варіанті. Загальні витрати енергії на вирощування культури також зростали за варіантами досліду і змінювалися від 48644 МДж/га на контролі до 61468 МДж/га за внесення максимальної норми азоту.

Коефіцієнт енергетичної ефективності на контролі складав 1,89, що було найнижчим значенням. За внесення N_{50} та N_{80} значення коефіцієнта підвищилося до 3,21 та 3,27. На фоні N_{120} він був на рівні 3,38. Найвищий енергетичної ефективності, який був на рівні 3,42 отримано на фоні N_{140}.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ ЗА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

4.1. Стан охорони праці та цивільної оборони в …… ……

Аграрні трудові відносини належать до виду правовідносин, об'єктом яких є трудовий ресурс людини. В аграрному виробництві праця спрямована на виробництво рослинницької продукції та підлягає правовому регулюванню. Поряд з відносинами у сфері організації праці та оплати праці важливе значення має охорона праці та дотримання вимог техніки безпеки на робочому місці [5].

Виконання вимог з охорони праці регламентується Кодексом законів про працю України (КЗпПУ) статті 139,159, Законом України "Про охорону праці". На підпрприємствах діють правила внутрішнього трудового розпорядку та інші нормативні документи і акти про працю. Умов з охорони праці можуть бути прописані в контрактах, які укладаються з працівниками [31].

Відповідно до Закону України "Про охорону праці" за порушення законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці працівники притягуються до дисциплінарної, адміністративної, кримінальної відповідальності згідно із законодавством [5].

На сільськогосподарських підприємствах найбільш небезпечними та травматичними є професії механізаторів. Серед основних причин травмувань це порушення трудової та виробничої дисципліни, ненавченість працівників. З метою недопущення нещасних випадків під час проведення важливим є контроль стану безпеки праці.

У ……. …… …… працює служба охорони праці, яка виконує цілий ряд функцій, передбачених положенням

про службу охорони праці. До її завдань відноситься розробка комплексних заходів з охорони праці, перевірка дотримання працівником вимог нормативно-правових актів з охорони праці, складання звітності з охорони праці на підприємстві за встановленими формами, проведення вступного, періодичного, позапланового інструктажу та навчання з охорони праці, розгляд скарг, заяв працівників з питань охорони праці, участь у розслідуванні нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві.

Аналізуючи цивільний захист працівників в господарстві варто зазначити, що в кожному структурному підрозділі і на робочому місці, створено умови праці відповідно до нормативних вимог, ведеться контроль безпеки за виконання технологічних операцій та механізмів.

4.2. Покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки за вирощування кукурудзи в умовах господарства

Виробничий травматизм є явищем соціального і економічного характеру. Покращення умов праці та дотримання вимог техніки безпеки дозволяє зберегти здоров'я працівників та підвищити ефективність суспільної праці. У зв'язку з цим, попередження небезпек є провідним аспектом ведення аграрного виробництва [5].

У практиці рослинництва широко застосовують пестициди, регулятори росту рослин, мінеральні добрива. Їх застосування забезпечує отримання та збереження високих урожаїв. Неправильне поводження з цими речовинами несе загрозу для людського здоров’я [7].

В господарстві провідними шляхами профілактики отруєнь пестицидами і мінеральними добривами є дотримання норм, правил та інструкцій з охорони праці під час роботи з ними, застосування засобів колективного та індивідуального захисту працюючих, суворе дотримання кратності обробок посівів і норм витрат хімічних препаратів.

Особи, діяльність яких пов'язана з транспортуванням, зберіганням, застосуванням пестицидів і агрохімікатів та торгівлею ними мають допуск до роботи із ними, який регламентується документом виданим Держпродспоживслужбою після проходження спеціального навчання. Участь у виконанні робіт з пестицидами і мінеральними добривами беруть особи, які досягли 18-річного віку та не мають медичних протипоказань.

Практикою господарства є регулярне проходження інструктажу з охорони праці. Тривалість роботи з токсичними пестицидами 1 і 2 класів небезпеки зводиться до 4 години в день.

……. ……. …… – це сучасне сільськогосподарське підприємство високого рівня агротехнологій, усі роботи з пестицидами й мінеральними добривами механізовані. При виконанні цих робіт працівникам видають засоби індивідуального захисту.

З метою профілактики отруєння хімічними речовинами важливе значення мають режим і склад харчування, дотримання правил особистої гігієни. Токсичні речовини легше всмоктуються в кров при відсутності їжі в шлунку, тому перед роботою з хімічними препаратами важливий прийом їжі, у тому числі рідкої. До складу їжі повинні входити речовини, які мають обволікувальні властивості та перешкоджають всмоктуванню отрути. Не дозволяється пити, курити, вживати їжу під час роботи з хімічними речовинами. Тому, в господарстві здійснюють контроль за дотриманням гігієни праці.

Для запобігання пожежам у сільському господарстві розробляють організаційні, експлуатаційні, технічні, режимного характеру, пожежо-евакуаційні, тактико-профілактичні, будівельно-конструктивні та інші заходи. З метою запобігання пожежа в господарстві дотримуються вимог пожежної безпеки. Усі механізатори здають протипожежний мінімум. Склади зберігання мінеральних добрив та пестицидів обладнані вентиляцією, вогнегасниками відповідно до інструкції. Основним заходом запобіганню загоряння техніки є регулярний техогляд.

4.3. Захист населення у надзвичайних ситуаціях

Повноваження органів місцевого самоврядування щодо захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій визначено Кодексом цивільного захисту України, Законом України «Про місцеве самоврядування в Україні» та низкою підзаконних нормативно-правових актів. Зокрема у складі власних повноважень, які виконуються радою громади чи її виконавчим органом у обов'язковому порядку, визначено окремим блоком повноваження у сфері цивільного захисту, який визначає частина 13 статті 35 законопроекту [5].

Першочерговим завданням для планування та реалізації завдань цивільного захисту, організації пожежної охорони громади є створення у виконавчих органах відповідних рад підрозділів з питань цивільного захисту або призначення окремих фахівців з цих питань, які забезпечуватимуть виконання цих завдань та організують необхідну взаємодію з ДСНС та місцевими органами виконавчої влади.

Встановлені правила техногенної безпеки визначають загальні вимоги до організації техногенної безпеки на підприємствах, в установах, організаціях та на небезпечних територіях і є обов'язковими для виконання керівниками, посадовими особами і працівниками міністерств та інших центральних органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, фізичними особами-підприємцями, власниками, керівниками та працівниками підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності [31].

Реагування на надзвичайні ситуації в господарстві розробляється для організації і здійснення взаємоузгодженого комплексу організаційних і практичних дій.

РОЗДІЛ 5
ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Стан ґрунтів та ефективне використання земельних ресурсів в ……..

Ґрунт – основний засіб сільськогосподарського виробництва. Інтенсифікація використання ґрунтів є наслідком зниженої родючості, що пов’язано з переущільненням орного горизонту, знеструктуренням, зменшенням водопроникності і аераційної здатності. Однією з причин деградації ґрунтового покриву є техногенне забруднення [19].

Ефективне використання земельних ресурсів, значною мірою, впливає на ефективність господарської діяльності в цілому. У зв’язку з цим, збереження та відновлення родючості ґрунтів, яке забезпечується шляхом раціонального їх використання, впровадження заходів щодо запобігання та ліквідації негативних проявів деградаційних процесів, забезпечення екологічної стійкості агроландшафтів набуває все більшого [33; 54].

В …… …… …….. поширені сірі лісові ґрунти, які характеризуються невисоким вмістом і запасами гумусу. Проте, гуміфікація органічних залишків протікає в умовах високої біологічної активності в зв’язку з багатою мікрофлорою та сприятливими температурними умовами і зволоженням у літній період. Ці ґрунти відзначаються невисокими показниками природної родючості, ємність катіонного обміну низька. На окремих полях реакція ґрунтового розчину характеризуються як кисла. Поширеними деградаційними процесами ґрунтів господарства є водна ерозія та переущільнення.

З метою мінімізації розвитку деградаційних процесів, підвищення ефективності використання ґрунтових ресурсів рекомендовано впроваджувати заходи з охорони ґрунтів. У боротьбі з ерозійними процесами доцільно впроваджувати ґрунтозахисний обробіток ґрунту,

проводити мульчування шляхом залишення на поверхні післяжнивних решток, застосовувати науково-обґрунтовану сівозміну з насиченістю культурами суцільного посіву, впровадженням проміжних посівів і вирощуванням сидеральних культур.

Важливе значення має вирощування багаторічних трав. Їх розгалужена коренева система утримує частинки ґрунту, а наземні частини рослин беруть на себе ударну силу дощових крапель при сильних дощах, захищаючи його від розмивання. Важливим заходом є внесення органічних добрив, які збагачують ґрунт на органічну речовину, сприяють поліпшенню структури ґрунту.

Заходом поліпшення фізико-хімічних властивостей кислих ґрунтів є хімічна меліорація шляхом проведення вапнування. Кращими вапняними добривами є гашеного вапно, доломітове борошно, дефекат.

Планування системи удобрення у господарстві здійснюється на основі агрохімічного аналізу ґрунту, з урахуванням вимог культур до умов живлення, що знижує ризик забруднення ґрунтів небезпечними сполуками.

5.2. Водні ресурси та їх охорона

Гідросфера є складною функціональною системою, яка забезпечує основу життя на Землі. Враховуючи обмеженість запасів прісної води важливого значення набуває збереження та раціональне використання водних ресурсів. Забруднення водних джерел через промислові відходи, сільськогосподарське забруднення та несанкціоноване скидання відходів поставили під загрозу доступ до чистої води. Охорона водних ресурсів сприяє збереженню екосистем, запобігаючи деградації природних середовищ. Тому для сталого розвитку необхідно впроваджувати ефективні заходи, які будуть забезпечувати збереження водних ресурсів за ведення діяльності в усіх сферах виробництва [55].

Одним з джерел непродуктивних втрат мінеральних добрив і зниження їх ефективності є нерівномірність внесення та їх розшарування (сегрегація) під час транспортування і застосування. Недобір урожаю внаслідок втрат добрив збільшується при використанні висококонцентрованих добрив, підвищенні їх норм.

У сільськогосподарському виробництві забруднення води добривами, особливо нітратами та фосфатами, є серйозною екологічною проблемою, яка призводить до евтрофікації водойм та зниження якості питної води [7]. Для запобігання цьому необхідно впроваджувати комплекс заходів, які забезпечують раціональне використання добрив. Це дотримання норм внесення мінеральних і органічних добрив з урахуванням потреб конкретних культур та властивостей ґрунтів. Також важливим є застосування сучасних систем точного землеробства, які дозволяють дозувати добрива з урахуванням забезпеченості ґрунту поживними елементами.

Важливим є створення буферних зон вздовж річок та озер, насадження захисних смуг. Висадка дерев та чагарників у зонах водозбору сприяє утриманню води і зменшенню поверхневого стоку.

Обґрунтоване чергування культур у сівозміні, у якій впроваджено вирощування багаторічних трав забезпечує ефективне використання поживних елементів з нижніх шарів ґрунту.

Впровадження заходів з охорони водних ресурсів сприятиме на зниження ризику забруднення води добривами, а також забезпечує екологічну стійкість агроландшів.

З метою зниження втрат азоту від вимивання нітратів у господарстві вносять збалансовані норми азотних добрив у період інтенсивного засвоєння їх рослинами, дотримуються правил використання засобів хімізації. Застосування добрив здійснюється з врахуванням біологічних вимог вирощуваних культур. Склади для зберігання пестицидів та мінеральних добрив, а також тваринницький комплекс розташовані на значній відстані від водойм з урахуванням водоохоронної зони.

5.3. Охорона атмосферного повітря

На сучасному етапі завдання рослинницької галузі полягає в вирощуванні високоякісної продукції з дотриманням технологічних вимог та з врахуванням екологічного чинника впливу на навколишнє середовище. Транспортування, зберігання та застосування пестицидів та агрохімікатів згідно регламентів покладено в основу недопущення забруднення атмосферного повітря [33].

Забруднення атмосферного повітря у сільськогосподарському виробництві є незначним порівняно з промисловими викидами. Проте, важливо мінімізувати усі чинники, які можуть викликати забруднення.

Внаслідок неправильного застосування аміачних добрив аміак втрачається в атмосферу. Це може негативно впливати на здоров'я людей, які з ним працюють [55]. Для зменшення зазначеного ризику важливо застосовувати добрива, які містять аміачну форму азоту з урахуванням норм і технологій їх внесення з обов’язковим загортанням та за низької температури повітря.

Нерегламентоване застосування добрив є причиною денітрифікаційних процесів. Встановлено, що при цьому оксиди азоту, що виділяються в повітря, приєднуються до молекул води та утворюють азотну й азотисту кислоти, які випадають з атмосферними опадами на суходіл [41].

При застосуванні карбаміду з метою зменшення викидів аміачного азоту доцільно застосовувати інгібітори уреази, які сповільнення розпад цього добрива до моменту його глибокої інфільтрації в ґрунтове середовище.

В господарстві створено умови належного зберігання азотних добрив з метою запобігання неефективним втратам летких сполук азоту.

5.4. Стан охорони і примноження флори і фауни

Провідним завданням збалансованого природокористування в аграрному секторі є забезпечення динамічного й екологічно-безпечного розвитку агропромислового виробництва. Екологічна безпека поєднує сукупність станів, процесів і дій, що забезпечують екологічний баланс у навколишньому середовищі і не здійснює негативного впливу на флору і фауну [49].

Забруднення навколишнього середовища внаслідок здійснення сільськогосподарської діяльності пов'язане з незбалансованим живленням рослин макро- і мікроелементами в період вегетації; внесення азотних добрив без врахування біологічних вимог рослин, внесення надмірно високих норм добрив [41].

Порушення кругообігу і балансу поживних речовин відбувається внаслідок неправильного використання мінеральних добрив. Нагромадження нітратів та нітритів в рослинницькій продукції, що є причиною застосування високих норм азотних добрив може призвести до зниження продуктивності свійських тварин [55].

У ……. … …… …… ……..... …… дотримуватися рекомендованих норм внесення добрив. Велика увага приділяється технології внесення добрив, що забезпечує рівномірний розподіл їх по поверхні поля.

Важливим заходом зниженого застосування синтетичних азотних добрив є збільшення надходження в ґрунт біологічного азоту внаслідок вирощування бобових культур. Шляхом симбіозу між рослинами та бульбочковими бактеріями відбувається мікробіологічна фіксація атмосферного азоту, яка являється екологічно-чистим шляхом забезпечення рослин сполуками азоту. Найбільш важливим способом підвищення ефективності симбіотичної азотфіксації є інокуляція насіння.

ВИСНОВКИ

Досліджено ефективність різних норм внесення азоту під кукурудзу на сірому лісовому ґрунті в умовах Західного Лісостепу, що дозволяє зробити висновки:

1. Внесення норм азотних добрив на фосфорно-калійному фоні підвищує забезпеченість ґрунту елементами живлення в період вегетації кукурудзи. Найвищий вміст легкогідролізованого азоту, рухомого фосфору та обмінного калію у шарі ґрунту 0-25 см у фазу ВВСН 16 забезпечує внесення N_{140} на фоні $P_{80}K_{80}$. Показники відповідно становили 133, 102 та 97 мг/кг ґрунту.

2. Встановлено позитивний вплив вищих норм внесення азоту у формі карбаміду на процеси росту та розвитку рослин кукурудзи. Мінеральне удобрення в нормі 140 кг/га діючої речовини азоту забезпечує найвищий показник висоти рослин, який у фазу ВВСН 31 становив 85,9 см, у фазу ВВСН 85 – 273,5 см за приростів 13,7 та 17,1 см. Даний варіант забезпечує найвищий приріст площі листкової поверхні кукурудзи, який залежно від фази вегетації складає 11,0-12,6 тис. $м^2$/га.

3. Внесення азотних добрив забезпечує поліпшення показників структури урожаю кукурудзи та підвищує урожайність зерна. Застосування азоту в нормі N_{140} на фоні $P_{80}K_{80}$ сприяє отриманню найвищої довжини качана на рівні 21,9 см, що перевищує контроль на 3,6 см та кількості зерен в ряді качана – 41,8 шт. за приросту 3,4 шт. На цьому варіанті отримано максимальну урожайність на рівні 13,87 т/га, що вище від неудобреного варіанту на 4,5 т/га.

4. Вирощування кукурудзи на варіанті з внесенням N_{140} сприяє отриманню найвищих показників якості зерна. Маса тисячі зерен складає 365,7 г, вміст білка – 10,1 %, вміст жиру – 4,14 %.

5. Застосування під кукурудзу азоту в нормі 140 кг/га за діючою речовиною є економічно та енергетично-обґрунтованим. Зазначений рівень

удобрення забезпечує отриманню чистого прибутку на рівні 54125 грн./га за рентабельності 83,2 % та найвищого коефіцієнта енергетичної ефективності, який становить 3,42.

На основі проведених досліджень розроблено пропозиції виробництву:

На сірому лісовому ґрунті Західного Лісостепу рекомендується вносити під кукурудзу 140 кг/га діючої речовини азоту у формі карбаміду в передпосівне удобрення на фоні основного внесення фосфорно-калійних добрив у нормі $P_{80}K_{80}$. Зазначений варіант удобрення забезпечує активізацію ростових процесів рослин кукурудзи та отримання урожайності на рівні 13,87 т/га зерна.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аверчев О. В., Іванів М. О., Лавриненко Ю. О. Індекси врожайності та ефективної продуктивності у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різних способів поливу та вологозабезпеченості в посушливому степу України. *Таврійський науковий вісник.* 2020. № 114. С. 3–12.

2. 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. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка* 2020. № 1 (32). С. 9–19.

3. Брикова Т. М., Терешкін О. Г. Основи наукових досліджень [Електронний ресурс] : навч. посібник / Електрон. дані. Харків : ХДУХТ, 2020. 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).

4. Броннікова Л. Ф. Формування азотного поживного режиму ґрунту при вирощуванні кукурдзи на зерно. *Сільське господарство та лісівництво.* 2018. № 8. С. 53–61.

5. Васійчук В. О., Гончарук В. Є., Качан С. І., Мохняк С. М. Основи цивільного захисту: навч. посіб. Львів : 2010. 384 с.

6. Вожегова Р. А., Філіп’єв І. Д., Димов О. М., Гамаюнова В. В. Визначник симптомів нестачі чи надлишку елементів живлення за зовнішніми ознаками рослин: посібник. Херсон : Айлант, 2013. 92 с.

7. Господаренко Г. М. Агрохімія : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2013. 406 с.

8. Господаренко Г. М., Любич В. В., Леонова К. П., Стоцький В. В. Вплив вапнування чорнозему опідзоленого та удобрення на врожайність кукурудзи. *Аграрні інновації.* 2022. (13) С. 35–39.

9. Господаренко Г., Прокопчук І., Бойко В. Урожайність та якість зерна кукурудзи за різного удобрення в польовій сівозміні. *Вісник ЛНАУ : Агрономія.* 2021. № 25. С. 141–145.

10. Грабовський М. Б., Федорук Ю. В., Правдива Л. А., Грабовська Т.О. Вплив рівня мінерального живлення на ріст, розвиток та водоспоживання рослин сорго цукрового та кукурудзи в одновидових та сумісних посівах. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 103. С. 27–35.

11. Грицюк П. М., Бачишина Л. Д. Вплив зміни кліматичних умов на динаміку врожайності зернових в Україні. *Економіка України.* 2016. № 6. С. 68–75.

12. Ґрунти Львівської області : колективна монографія / за ред. С. П. Позняка. Львів, ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 424 с.

13. Дегтярьов В. В., Крохін С. В., Дегтярьов Ю. В., Гавва Д. В. Охорона ґрунтів : навч. посіб. Харків, 2023. 276 с.

14. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 рік. Київ, 2018. С. 81.

15. Дудка М. І., Якунін О. П., Пустовий С. І. Вплив позакореневого підживлення на формування зернової продуктивності кукурудзи за вирощування її після соняшнику. *Таврійський науковий вісник. Серія сільськогосподарські науки.* 2020. № 115. С. 42–48.

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

17. Зінченко О.І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво: підручник / за ред. О. І. Зінченка. Київ : Аграрна освіта, 2001. С. 249–265.

18. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Реакція гібридів кукурудзи різних груп стиглості на удобрення та економічна ефективність вирощування. *Таврійський науковий вісник.* 2019. Вип. 106. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2019. С. 63–69.

19. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Паламарчук В. Д. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця, 2015. 440 с.

20. 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.

21. Клименко І. І. Вплив системи удобрення на продуктивність культур ланки зерно-просапної сівозміни та родючість темно-сірого опідзоленого ґрунту : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук. Київ, 2015. 24 с.

22. Козлов М. В., Плішко А. А. Агрохімічне забезпечення високопродуктивних технологій вирощування зернових культур. Київ : Урожай, 1991. 228 с.

23. Кохан А. В., Глущенко Л. Д., Лень О. І., Олепір Р. В., Самойленко О. А. Продуктивність сортів і гібридів кукурудзи за різних систем удобрення та беззмінного їх вирощування. *Вісник аграрної науки.* 2019. № 10 (799). С. 18–23.

24. Крамарьов С. М., Бандура Л. П., Фролов С. В. Вплив добрив на динаміку надходження поживних речовин в рослини кукурудзи впродовж онтогенезу в умовах Північного Степу України. *I International scientific and practical conference «Synergy of knowledge: New Horizons in Global Scientific Research» (November 01-03, 2023).* Vancouver, Canada. 2023. P. 26–31.

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. С. 52–58.

26. Лихочвор В. В., Проць Р. Р. Кукурудза : навч.-практ. вид. Львів : Україн. Технології. 2002. 48 с.

27. Логінова І. В., Білєра Н. М. Ефективність різних форм і способів внесення мікроелементів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія.* 2014. №. 195 (1). С. 71–78.

28. Лопушняк В. І., Данилюк В. Б., Гаськевич О. В., Лагуш Н. І. Агроґрунтознавство : навчальний посібник. Львів : Львів. нац. аграр. ун-т, 2016. 212 с.

29. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.

30. Мілютенко Т. Б. Удобрення кукурудзи на зерно при вирощуванні на дерново-підзолистому ґрунті. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* 2014. Вип. 21. С. 39–43.

31. Міхеєв Ю. В., Праховнік Н. А., Землянська О. В. Цивільний захист: навч. посіб. Київ : Основа, 2014. 186 с.

32. Мокрієнко В. А. Мінеральне живлення кукурудзи. *Агроном.* №2. 2009. С. 102–104.

33. Мулик Т. О. Оцінка впливу сільського господарства на довкілля: регіональний аспект. *Електронне наукове фахове видання з економічних наук «Modern Economics»*. 2020. № 19. С. 135-142. https://modecon.mnau.edu.ua

34. Нестерчук Ю. О., Геркіял О. М. Енергетична ефективність використання мінеральних добрив у сівозміні. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва.* 2011. Частина 2. Економіка. Вип. 75. С. 273–278.

35. Носко Б. С., Бука А. Я., Юрко К. П. Оптимізація азотного живлення рослин при інтенсивних технологіях. За ред. Б. С. Носка, А. Я. Буки. Київ : Урожай, 1992. 136 с.

36. Охорона прав на сорти рослин: Бюлетень. Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю. 2018. Вип. 1. С. 338.

37. Павліченко К. В., Грабовський М. Б. Формування біометричних показників та накопичення сирої надземної маси гібридами кукурудзи під впливом макро- і мікродобрив. *Таврійський науковий вісник.* 2002. № 123. С. 98–111.

38. Паламарчук В. Д., Дідур І. М., Колісник О. М., Алєксєєв О. О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Вінниця : ТОВ «Друк». 2020. 536 с.

39. Паламарчук В. Д., Демчук Б. С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво.* 2021. №. 20. С. 60–76.

40. Пасічник Н. А., Степанко А. В. Калійне живлення рослин кукурудзи за різних систем застосування добрив. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.* Серія : Агрономія. 2016. Вип. 235. С. 204–209.

41. Патика В. П., Макаренко В. М. та ін. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів. К.: Основа, 2005. 300 с.

42. Пащенко Ю. М., Борисов В. Н., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи. Д.: АРТ-ПРЕС, 2009. 224 с.

43. Перелік пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні. Київ : Юнівест Медіа, 2022. 1040 с.

44. Підвальна Г. С., Позняк С. П. Гумусовий стан автоморфних ґрунтів Пасмового Побужжя. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. 47 с.

45. Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підручник. У двох частинах. Ч.1. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2010. С. 241-250.

46. Польовий В., Деркач Н. Вплив вапнування і удобрення на відновлення родючості агрохімічно деградованих ґрунтів. *Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах : матеріали Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. 25 липня 2012 р.* Рівне, 2012. С. 30–31.

47. Польовий, А. М., Гуцал А. І., Дронова О. О. Грунтознавство : підручник. МОН України; Одес. держ. еколог. ун-т. Одеса : Екологія, 2013. 668 с.

48. Прасол В. І., Власенко Р. Вплив умов мінерального живлення на на поживний режим ґрунту і продуктивність кукурудзи на зерно при повторних її посівах. *Матеріали НПК викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (19-23 квітня 2021 р.)*. Суми, 2021. С. 90–91.

49. Рома В.В., Степова О.В. Навчальний посібник для вивчення дисципліни «Моніторинг довкілля» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». Полтава: ПолтНТУ, 2016. 117 с.

50. Рудаков Ю. М., Козечко В. І. Накльока Ю. І. Урожайність кукурудзи на зерно в залежності від попередників, системи обробітку грунту та удобрення в Північному Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва.* 2012. Частина 1 Агрономія. Вип. 78. С. 119–124.

51. Сеник І. І., Оничко В. І., Наумов Є.О. Динаміка висоти рослин кукурудзи залежно від форм і норм внесення азотних добрив в умовах Північного Сходу України. *Аграрні інновації.* 2023. № 20. С. 69–75.

52. Сидякіна О. В., Мєлєшко І. О. Ефективність застосування мінеральних добрив у посівах кукурудзи на зерно (огляд літератури). *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 128. С. 196–203.

53. Скринник Я. Т. Особливості застосування комплексних рідких добрив при вирощуванні кукурудзи в умовах північного Степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства.* 2010. С. 80–83.

54. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Формування сталих систем землекористування та охорони ґрунтів: актуальність та проблеми у сучасних умовах. *Український географічний журнал.* 2016. № 3. С. 56 –60.

55. Фесенко А. М., Солошенко О. В., Гаврилович Н. Ю. та ін. Агроекологія: посібник. Харків:, 2013. 291 с.

56. Фурдичко О. І. Методичні рекомендації зі скорочення викидів аміаку з сільськогосподарських джерел. Київ, 2016. 31 с.

57. Харченко О. В., Петренко С. В., Собко М. Г., Медвідь С. І., Захарченко Е. А. Ефективність використання елементів живлення сучасними гібридами кукурудзи в посушливих умовах Лісостепу. *Агрохімія і грунтознавство.* 2021. № 91. С.49-58.

58. Циков В. С., Дудка М. І., Шевченко О. М., Носов С. С. Ефективність застосування макро- і мікродобрив при вирощуванні кукурудзи. *Зернові культури.* Т. 1. № 1. 2017. С. 75–79.

59. Шинкарук Л. Вплив макро- і мікродобрив на врожайність кукурудзи. *Вісник ЛНАУ: Агрономія.* 2021. № 25. С. 162–166.

60. Шинкарук Л. М. Урожайність кукурудзи залежно від елементів системи удобрення, фунгіцидів і десикації в умовах Лісостепу Західного : дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Оброшине, 2022. 231 с.

61. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда : ДСТУ 7863:2015. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. III, 6 с.

62. Bennetzen J. L., Hake Sarah C. Handbook of Corn: Its Biology. *Springer Science – Business Media*, 2009.146 p.

63. Gonet Z., Stadejek H. Effect of nitrogen fertilization and seeding rate on yield of maize cultivated for fodder used for feeding directly. *Fragmenta Agronomica. 1*990. Vol. 3. P. 30–43.

64. Karlen D. L., Camp C. R., Zublena J. P. Plant density, distribution, and fertilizer effects on yield and quality of irrigated corn silage. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 1985. 16:1. 55–70.

65. Lucas J. Abdala, Brenda L. Gambin, Lucas Borrás. Sowing date and maize grain quality for dry milling. *European Journal of Agronomy.* 2018. Vol 92. P. 1–8.

66. Muchow R. C., Davis R. Effect of nitrogen supply on the comparativeproductivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment

II. Radiation interception and biomass accumulation. *Field Crop. Res.* 1988. №8. P. 17–30.

67. Murányi E. Effect of plant density and row spacing on maize (Zea mays L.) grain yield in different crop year. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences.* 2015. Vol. 2. №1, pp. 57-63.

68. Simic M., Dragiˇcevic V., Mladenovic Drinic S., Vukadinovic J., Kresovic B., Tabakovic M., & Brankov M. The Contribution of Soil Tillage and Nitrogen Rate to the Quality of Maize Grain. *Agronomy.* 2020. № 10. P. 976.

ДОДАТКИ

Додаток А

Ксерокопія статті у матеріалах Міжнародного студентського наукового форуму „Студентська молодь і науковий прогрес”, 02-04 жовтня 2024 року

Додаток Б

Технологічна карта вирощування кукурудзи

Додаток В

Площа листкової поверхні кукурудзи у фазу за ВВСН 65 у 2023-2024 рр.

Варіант	Площа листкової поверхні			+/- до контролю
	2023 рік	2024 рік	середнє	
1. Контроль (без добрив)	37,3	35,8	36,6	-
2. N_{50}	40,4	38,5	39,5	2,9
3. N_{80}	42,8	41,1	42,0	5,4
4. N_{120}	47,5	45,2	46,4	9,8
5. N_{140}	50,1	47,5	48,8	12,2

Додаток Г

Результати статистичної обробки даних врожайності кукурудзи у 2023 році

Вихідні дані урожайності, т/га

Варіант	Повторення		
	I	II	III
1. Контроль (без добрив)	9,62	9,68	9,82
2. N_{50}	11,79	11,82	12,02
3. N_{80}	12,37	12,59	12,64
4. N_{120}	13,56	13,62	13,88
5. N_{140}	14,38	14,28	14,30

Середнє по досліду – 12,42 т/га

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Степені свободи	Середній квадрат	Критерій Фішера ($F_{факт.}$)
Загальна	38,81	14		
Повторень	0,09	2		
Варіантів	38,65	4	9,66	1219,87
Залишку	0,06	8	0,01	

Помилка середньої – 0,05

Помилка різниці середніх – 0,07

$НІР_{05}$ = 0,18 т/га, $НІР_{05}$ = 1,43 %

Сила впливу фактора – 1,0, точність досліду – 0,41

Додаток Д

Результати статистичної обробки даних врожайності кукурудзи у 2024 році

Вихідні дані урожайності, т/га

Варіант	Повторення		
	I	II	III
1. Контроль (без добрив)	8,92	8,97	9,19
2. N_{50}	10,78	11,16	10,87
3. N_{80}	11,69	11,89	11,73
4. N_{120}	12,88	13,12	13,21
5. N_{140}	13,31	13,37	13,55

Середнє по досліду – 11,64 т/га

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Степені свободи	Середній квадрат	Критерій Фішера ($F_{факт.}$)
Загальна	37,79	14		
Повторень	0,12	2		
Варіантів	37,56	4	9,39	674,02
Залишку	0,11	8	0,01	

Помилка середньої – 0,07

Помилка різниці середніх – 0,10

$НІР_{05}$ = 0,24 т/га, $НІР_{05}$ = 2,03 %

Сила впливу фактора – 0,99, точність досліду – 0,59