МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Спеціальність: Н1 «Агрономія»

Допускається до захисту
Завідувач кафедри рослинництва та
цифрових технологій в агрономії,
доцент_____Панченко Т.В.
«____» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Рівень вищої освіти: другий (освітній рівень)
Кваліфікація: «Магістр з агрономії»
Форма навчання: очна

Виконав: Огірчак Дмитро Юрійович _____

Керівник: доцент Мостипан О.В. _____

Біла Церква – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Агробіотехнологічний факультет
Спеціальність: Н1 «Агрономія»

Затверджую
Гарант ОП «Агрономія»
професор
_____Грабовський М.Б.
«10» вересня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувачу
Огірчаку Дмитру Юрійовичу

Тема: «Формування продуктивності та якості зерна кукурудзи залежно від мінерального удобрення в умовах Правобережного Лісостепу України»
Затверджено наказом ректора № 496/С від 04.11.2025 р.
Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи в деканат: до 17.11.2026 р.
Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані: результати дворічних досліджень у ФГ «Лютарське» Обухівського району Київської області; огляд наукової літератури; ґрунтово-кліматичні умови та методика досліджень; аналіз росту, розвитку, урожайності та якості зерна кукурудзи залежно від мінерального удобрення; енергетична й економічна оцінка ефективності удобрення.

Календарний план виконання роботи

Етап виконання	**Дата виконання етапу**	**Відмітка про виконання**
Огляд літератури	до 14.09.2026	виконано
Методична частина	до 21.09.2026	виконано
Дослідницька частина	до 25.10.2026	виконано
Оформлення роботи	до 17.11.2026	виконано
Перевірка на плагіат	до 01.11.2026	виконано
Подання на рецензування	до 09.11.2026	виконано
Попередній розгляд на кафедрі	05.11.2026	виконано
Розміщення в репозитарій БНАУ з накладанням КЕП	до 18.11.2026	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи _____ доцент Мостипан О.В.

Здобувач _____ Огірчак Д.Ю.

Дата отримання завдання «10» вересня 2025 р.

ДЕКЛАРАЦІЯ
про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи

Я, Огірчак Дмитро Юрійович, здобувач другого рівня вищої освіти за освітньою програмою Н1 Агрономія, підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми: «Формування продуктивності та якості зерна кукурудзи залежно від мінерального удобрення в умовах Правобережного Лісостепу України» виконано мною з дотриманням принципів і правил академічної доброчесності.

Підтверджую, що:

- роботу виконано особисто на основі власних розробок і суджень;
- у роботі належним чином зазначено авторство та джерела використаних текстів, ідей, даних, зображень та інших матеріалів;
- наведені результати дослідження, дані та висновки є достовірними;
- робота не містить свідомо сфабрикованої чи сфальсифікованої інформації.

У процесі підготовки кваліфікаційної роботи використовувався інструмент штучного інтелекту ChatGPT (OpenAI) для мовно-стилістичного редагування тексту, перекладу текстових матеріалів з української мови англійською, зокрема реферату та окремих наукових термінів, а також побудови й графічного оформлення діаграм на основі наданих результатів досліджень.

Використання ChatGPT обмежувалося редагуванням, перекладом і візуалізацією наданих матеріалів. Інструмент не застосовувався для розроблення методики досліджень, генерування експериментальних даних, проведення статистичного аналізу, формування наукових результатів або висновків. Усі матеріали, підготовлені за його допомогою, перевірено на відповідність вихідним даним і змісту кваліфікаційної роботи.

Я усвідомлюю відповідальність за зміст кваліфікаційної роботи, достовірність наведених результатів та дотримання вимог академічної доброчесності під час її підготовки.

Дата: 16.11.2026

РЕФЕРАТ

Огірчак Д.Ю. «Формування продуктивності та якості зерна кукурудзи залежно від мінерального удобрення в умовах Правобережного Лісостепу України»

У кваліфікаційній роботі узагальнено результати польових досліджень впливу різних видів і доз мінеральних добрив на ріст, розвиток, формування продуктивності та якості зерна кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу України.

Досліджено особливості росту й розвитку рослин кукурудзи, формування біометричних показників та елементів структури врожаю залежно від рівня мінерального живлення.

Оцінено вплив різних варіантів удобрення на урожайність, вміст білка, крохмалю та жиру в зерні кукурудзи. Визначено особливості засвоєння основних елементів живлення рослинами залежно від видів і доз мінеральних добрив.

Проведено оцінку ефективності застосування мінеральних добрив та обґрунтовано можливості оптимізації системи удобрення кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу України.

Результати досліджень можуть бути використані для вдосконалення технології вирощування кукурудзи, раціонального використання мінеральних добрив, підвищення врожайності та покращення якості зерна.

Кваліфікаційна робота магістра викладена на 63 сторінках, містить 19 таблиць, 2 рисунки. Список використаних джерел налічує 68 найменувань.

Ключові слова: кукурудза, мінеральне удобрення, дози добрив, ріст і розвиток рослин, елементи структури врожаю, урожайність, якість зерна, ефективність удобрення.

ABSTRACT

Ohirchak D.Yu. «Formation of Maize Grain Productivity and Quality Depending on Mineral Fertilization in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine»

The master's qualification thesis summarizes the results of field studies on the effects of different types and rates of mineral fertilizers on the growth, development, productivity, and grain quality of maize under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

The peculiarities of maize plant growth and development, the formation of biometric parameters, and yield components depending on the level of mineral nutrition were investigated.

The effects of different fertilization treatments on grain yield and the protein, starch, and fat content of maize grain were evaluated. The characteristics of the uptake of essential nutrients by maize plants depending on the types and application rates of mineral fertilizers were determined.

The effectiveness of mineral fertilizer application was assessed, and the possibilities for optimizing the maize fertilization system under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine were substantiated.

The research results can be used to improve maize cultivation technology, promote the rational use of mineral fertilizers, increase grain yield, and enhance grain quality.

The master's qualification thesis comprises 63 pages, including 19 tables and 2 figures. The list of references contains 68 sources.

Key words: maize, mineral fertilization, fertilizer application rates, plant growth and development, yield components, grain yield, grain quality, fertilization efficiency.

ЗМІСТ

		стор.
	ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1	ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
	1.1. Вплив застосування добрив на ріст і розвиток рослин кукурудзи	9
	1.2. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення	13
	1.3. Формування якості зерна кукурудзи за різного удобрення	15
РОЗДІЛ 2	ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	18
	2.1. Агрохімічна характеристика ґрунтів	18
	2.2. Погодні умови в роки досліджень	19
РОЗДІЛ 3	МЕТА, ЗАВДАННЯ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	22
	3.1. Мета та завдання дослідження	22
	3.2. Методика проведення досліджень	22
РОЗДІЛ 4	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
	4.1. Ріст і розвиток рослин кукурудзи за різних видів і доз добрив	27
	4.2. Продуктивність кукурудзи за різних видів і доз добрив	36
	4.3. Агрохімічне, енергетичне та економічне оцінювання ефективності різних видів і доз добрив під кукурудзу	49
	ВИСНОВКИ	54
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	56
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57

ВСТУП

Актуальність теми. Кукурудза (*Zea mays L.*) належить до провідних зернових культур світового землеробства та відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчих, кормових і технічних потреб. Високий потенціал урожайності, універсальність використання зерна та адаптивність до різних ґрунтово-кліматичних умов зумовлюють її важливе значення в аграрному виробництві України.

Реалізація продуктивного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи значною мірою залежить від оптимізації технології вирощування, зокрема системи мінерального удобрення. Культура характеризується високою потребою в азоті, фосфорі та калії, які забезпечують інтенсивність ростових процесів, формування генеративних органів, урожайності та якісних показників зерна. Водночас ефективність застосування добрив визначається їх дозами, співвідношенням основних елементів живлення, родючістю ґрунту та погодними умовами.

Особливого значення оптимізація мінерального живлення набуває в умовах Правобережного Лісостепу України, де нерівномірний розподіл опадів і підвищені температури впродовж вегетаційного періоду можуть обмежувати продуктивність кукурудзи. Тому встановлення ефективних доз мінеральних добрив, які забезпечують підвищення врожайності, покращення якості зерна та раціональне використання виробничих ресурсів, є актуальним напрямом досліджень.

Мета дослідження – встановити особливості формування продуктивності та якості зерна кукурудзи залежно від різних доз мінеральних добрив та оцінити ефективність їх застосування в умовах Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети передбачалося виконання таких завдань:

– визначити вплив удобрення на показники росту та розвитку рослин кукурудзи;

– встановити вплив удобрення на формування індивідуальної

продуктивності кукурудзи;

– з’ясувати вплив тривалого застосування мінеральних добрив на формування врожайності та якості зерна кукурудзи;

– розрахувати винесення основних елементів живлення кукурудзою залежно від системи удобрення;

– провести агрохімічне, енергетичне та економічне оцінювання ефективності застосування добрив у чотирипільній сівозміні під кукурудзу.

Об’єкт дослідження – процеси росту, розвитку, формування урожайності та якості зерна кукурудзи залежно від мінерального удобрення.

Предмет дослідження – гібрид кукурудзи, вплив різних доз мінеральних добрив на біометричні показники, елементи структури врожаю, урожайність і якість зерна кукурудзи.

Методи дослідження. Польовий – для визначення впливу удобрення на ріст, розвиток і продуктивність рослин; вимірювально-ваговий – для оцінювання біометричних показників та урожайності; лабораторний – для визначення якості зерна; розрахунковий – для оцінювання ефективності удобрення; статистичний – для опрацювання експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів. Уточнено особливості формування продуктивності та якості зерна кукурудзи залежно від різних доз мінеральних добрив в умовах Правобережного Лісостепу України. Встановлено відмінності у формуванні біометричних показників, урожайності та якісних характеристик зерна за досліджуваних варіантів удобрення.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами досліджень 2025–2026 рр. у ФГ «Лютарське» Обухівського району Київської області встановлено, що застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ забезпечувало найвищу середню врожайність зерна кукурудзи – 15,80 т/га. Одержані результати можуть бути використані для вдосконалення системи мінерального удобрення та підвищення ефективності вирощування кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу України.

РОЗДІЛ 1
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Вплив застосування добрив на ріст і розвиток рослин кукурудзи

Кукурудза – одна з найурожайніших зернових культур із різноманітним використанням. За даними ВОТ (Всесвітньої організації торгівлі), у світі близько 20 % зерна кукурудзи використовується на продовольчі потреби, 15–20 % – на технічні потреби, близько 60–65 % виділяється на корм худобі [1, 2].

У світовій практиці та в Україні накопичений великий досвід вирощування високих та сталих урожаїв кукурудзи. Проте потенціал сучасних сортів та гібридів, використовується лише на 30–40 % [3]. Це результат не тільки несприятливих погодних умов, що складаються в період вегетації, а й недосконаліть технології її вирощування. Одержання високих врожаїв кукурудзи потребує інтенсифікації агротехнічних прийомів, що передбачають високоякісну основну та передпосівну обробку ґрунту; розміщення культури за найкращими попередниками; внесення добрив з урахуванням запланованого врожаю та природного фону родючості [4].

Кукурудза на силос в Україні займає близько 1,2 млн га, а кукурудза на зерно – 4,5–5,0 млн га. Значні площі під кукурудзою знаходяться в США (29 млн га), Бразилії (12 млн га), Індії (5,8 млн га), Аргентині (3,5 млн га) [5]. За виробництвом зерна кукурудза сьогодні входить у п’ятірку світових лідерів [6].

За даними вчених [7], в зерні кукурудзи міститься близько 65–70 % вуглеводів, 9–12 % білків і жирів на рівні 4–8 %, крім того, в ньому містяться мінеральні солі та різні вітаміни. Вважається, що в 100 кг зерна кукурудзи міститься 134 кормові одиниці та близько 8 кг перетравного протеїну. Завдяки високому енергетичному вмісту поживних речовин, а саме: 100 кг сухого зерна забезпечує 1600 МДж метаболічної енергії.

За останнє десятиліття в Україні посівні площі кукурудзи зросли удвічі, а врожайність цієї культури зросла втричі [8, 9]. Високі врожаї зерна кукурудзи отримують господарства, які вирощують її за інтенсивною технологією. Збір

зерна кукурудзи склав 11,16 млн тонн з площі 1,76 млн га (32 %) при врожайності 6,34 т/га [10].

Добрива є одним із пріоритетних факторів інтенсифікації рослинництва, оскільки мають значний вплив на продуктивність сільськогосподарських культур, у тому числі кукурудзи [11, 12]. Питання удобрення кукурудзи вивчали як зарубіжні так і вітчизняні вчені [13]. Система удобрення кукурудзи складається з трьох способів: основного, рядкового та позакореневого. За умов оптимального внесення добрив протягом вегетаційного періоду кукурудза може забезпечувати високі врожаї майже на всіх ґрунтах. Вчені виділяють два важливі етапи розвитку рослин кукурудзи, так звані критичні фази щодо забезпечення їх макро- та мікроелементами, це фази 3−5 та 7−8 листків. Від забезпеченості поживними речовинами, особливо слід звернути увагу на наявність фосфору, залежить кількість качанів на рослині та зерен на них [14, 15].

Кукурудза сильно реагує на азотні добрива. Для забезпечення високої ефективності його застосування та оптимізації дози, крім відбору проб і очікуваної врожайності, необхідно визначити кількість азоту, що міститься в ґрунті. Кількість азоту в ґрунті може бути в межах 20–100 кг N залежно від попередника та системи його удобрення, класу ґрунту та агротехніки, що використовується [16, 17].

Найбільший вплив азот має на рівень урожайності кукурудзи. Кукурудза споживає азот до фази 8 листків, поки засвоюється лише 2–3 % азоту, від фази 8 листків до фази всихання стовпчиків квіток (волосків) на качанах – 85 % від загальної кількості азоту. Кукурудза продовжує споживати решту азоту майже до тих пір, поки качани не досягнуть зрілості.

Встановлено, що вплив добрив має істотний вплив на ріст і розвиток рослин кукурудзи [18].

Інша важлива характеристика продуктивності кукурудзи є довжина качана [16]. При збільшені азоту, довжина качана та його діаметр також збільшуються. Найдовший качан (22,7 см) і діаметр качана (47,6 мм) було отримано за норми N_{150}, при цьому найменша довжина качана (15,8 см) і його діаметром (39,6 мм)

отримано у варіанті контроль (без добрив). Подібні результати повідомили інші дослідники [19]

Найбільша маса качана кукурудзи отримано при внесенні N_{100}, N_{150}, N_{200} (272,9, 285,4 і 276,5 г), а найменше значення (151,9 г) у варіанті без добрив. Результати цілком узгоджуються з даними інших науковців [20].

Автори Танчик С. П. та Центило Л. В. [21], рекомендують включати кукурудзу в технологію мінеральних добрив у нормах, не перевищуючих $N_{90}P_{90}K_{90}$, для вирощування кукурудзи на зерно на типових чорноземах. Перевищення цієї норми є небажаним як з міркувань екологічної доцільності (гальмування фіксації азоту протягом вегетаційного періоду та значні втрати азотного газу), так і економічної (відносно низька врожайність). Використання гною та біокомпосту є екологічно безпечним і впливає на врожайність кукурудзи, однак компост не викликає значних викидів N_2O на відміну від гною, через що втрати оксиду азоту є одними з найвищих в експерименті. Переваги компосту перед гноєм очевидні як з точки зору захисту навколишнього середовища, так і з економічних міркувань, оскільки його необхідна кількість вдвічі менша за норму гною [22].

Рослини кукурудзи засвоюють фосфор значно менше, порівняно з азотом або калієм. Проте, фосфор відіграє значну роль для рослини у двох фазах. У початковій фазі росту та розвитку фосфор забезпечує інтенсивний початковий ріст рослин і оптимальний розвиток кореневої системи кукурудзи. Входить до складу нуклеїнових кислот, бере участь в енергетичному обміні, відіграє велику роль у накопиченні вуглеводів, регулює дихання, фотосинтез тощо. Друга критична фаза, коли фосфор найбільше потрібний, відбувається під час формування генеративних органів [23].

За рахунок внесення азотних добрив можна ефективно збільшити площу листкової поверхні і мати значну поверхню зеленого листя впродовж вегетації для максимальної фотосинтетичної асиміляції [24].

Для одержання високої врожайності важливо підтримувати достатній рівень азоту упродовж критичних фаз росту і розвитку рослин кукурудзи. З

огляду на це внесення азоту в роздріб оптимізує живлення рослин і знижує непродуктивні втрати [25, 26, 27]. Разом з тим встановлено, що на ефективність застосування азоту під кукурудзу істотно впливає погода. Так, згідно з дослідженнями, у сприятливі за погодними умовами роки вплив на рівень загального врожаю таких факторів, як погода і азот, становить понад 50 %. Але в посушливий рік погода істотно обмежує реакцію кукурудзи на застосування азоту [29].

Встановлено, що в початкові фази росту засвоєння азоту рослинами є незначним (3–5 %). Зменшення поглинання азоту, викликане низькими температурами навесні, зумовлює пожовтіння рослин і гальмування у них ростових процесів. Інтенсивніше азот надходить у рослину, починаючи з фази 6–8 листків. Так, якщо до фази 8 листків засвоюється лише 2–3 % азоту, то від фази 8 листків до фази засихання приймочок на качанах – приблизно 85 % загальної кількості азоту. Ще 10–13 % азоту рослина споживає у фазі достигання. Критичний період засвоєння азоту – фаза цвітіння. У цей час висока температура повітря посилює процеси мінералізації і вивільнення азоту з ґрунту, який кукурудза використовує найкраще серед зернових культур [29, 30]. Саме тому для досягнення високої врожайності кукурудзи важливо підтримувати достатній рівень азоту впродовж критичних фаз росту та розвитку рослин. У зв’язку з цим внесення азоту в декілька прийомів оптимізує живлення рослин і знижує непродуктивні втрати, зумовлює підвищення показників індивідуальної продуктивності та врожайності.

Крім азоту, важливу роль відіграє поживний елемент фосфор в рослинах кукурудзи, оскільки значно збільшує листковий індекс площі, швидкість росту культури, суху масу та врожайність кукурудзи. Калій відіграє важливу роль не тільки в зростанні та покращенні якості кукурудзи, а є необхідний рослинам у процесі фотосинтезу, накопичення активних форм кисню, транспортування цукру, виробництва крохмалю в зерні, фіксації азоту та синтезу білка [31].

Дослідженнями Сатановської І. П. [32] доведено, що найбільший приріст висоти рослин зерна кукурудзи у фазі молочно-воскової стиглості при

позакореневого підживлення мінеральним добривом «Еколист» багатокомпонентний та з поєднанням «Емістимом С» на фоні передпосівної обробки насіння стимулятором росту «Емістим С».

Ряд авторів [33] вважають, що одним із головних факторів, які визначають ріст рослин у висоту є параметри гібриду. Проте, за даними науковців [8] висота рослин кукурудзи у варіанті контроль становила 273,1 см. Зі збільшенням кількості азоту до 120 кг/га, висота рослини збільшувалася до 288,5 см. Найменша довжина качана була у варіанті контроль – 18,8 см, а найдовша при внесенні N_{120} – 20,6 см. Зокрема, при збільшенні норми азоту довжина качана зменшувалась. Кількість рядів зерна в качані також зростала при внесенні добрив і найбільшою була при N_{120} – 15,6 см, тоді як у варіанті контроль цей показник становив 14,4 см.

Збалансоване використання NPK має значний вплив на ріст і врожайність кукурудзи. Серед різних варіантів, саме внесення $N_{120}P_{26,2}K_{50}$ найбільше підвищувало урожайність зерна. Там був позитивний і стимулюючий ефект N × P і N × K на габітус рослин, ріст коренів та його кінцевий вплив на врожайність зерна [34].

Згідно результатів досліджень [35] передпосівна обробка насіння мікробіологічним препаратом «Поліміксобактерин» та позакореневі підживлення мікродобривом «Мікро-Мінераліс» (кукурудза) і біостимулятором росту «Стимпо» збільшують висоту рослин середньораннього гібриду кукурудзи Арія, при використанні окремо, так і при використанні в комплексі. Так, у фазі молочної стиглості висота рослин зростає від 208 до 218 см залежно від варіанту досліду.

1.2. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення

Кукурудза є культурою, яка має високу економічну ефективність. Нині, кукурудза широко використовується як енергетична та інша промислова сировина, попит продовжує зростати з кожним роком на 10–15 % у рік. Таким чином, можливість збільшення внутрішнього виробництва кукурудзи все ще

широко відкрита за рахунок збільшення продуктивності та розширення посівних площ [14, 22, 36]. Щороку попит на кукурудзу для виробництва кормів для тварин, продуктів харчування та напоїв продовжував зростати приблизно.

Отже, зростаючий попит на кукурудзу вимагає підвищення її врожайності, включаючи підтримку кращих сортів і управління поживними речовинами шляхом використання відповідних добрив відповідно до потреб рослин.

Важливою ланкою заходів, спрямованою на збільшення врожаності кукурудзи є система удобрення [37, 38]. Через спрощення технологічних прийомів, нестачу ресурсного забезпечення в Україні відбувається поступове зменшення елементів живлення в ґрунті та погіршення їх родючості. В результаті цього відбувається деградація й втрата продуктивних можливостей ґрунту [39, 40]. Для того щоб одержати максимальну врожайність, навіть на високоокультурених ґрунтах, потрібно врегулювати живлення рослин з урахуванням потреб культури, особливостей сорту або гібрида [41, 42].

Встановлено [43], що застосування мінеральних добрив $NPK_{26\text{-}12\text{-}12}$ ефективно підвищує ріст і врожайність кукурудзи. Ефективна доза для збільшення врожаю кукурудзи становить 268 кг/га сечовини + 367 кг/га KCl + 500 кг/га неорганічного добрива $NPK_{26\text{-}12\text{-}12}$, що забезпечує врожайність на рівні 6,94 т/га.

Науковими дослідженнями [44, 45] встановлено, що систематичне удобрення кукурудзи забезпечує ґрунт рухомими формами азоту, в більшій мірі амонійною, рухомого фосфору та обмінного калію, що пояснюється опосередкованою дією аміачної селітри на кислотність, обмінні та мікробіологічні процеси у ґрунті.

За результатами досліджень [46] при вирощуванні кукурудзи збільшення норми добрив з $N_{120}P_{60}K_{60}$ до $N_{150}P_{90}K_{90}$ підвищувало врожайність на 17,2–22,6 %.

Дослідженнями [47] встановлено, що найефективнішим було вирощування з внесенням мінеральних добрив в нормі $N_{180}P_{120}K_{180}$. Якунін О. П. [48] із співавторами встановили, що найбільший приріст врожайності – 0,80 т/га, отримано при внесенні $N_{45}P_{45}$ під культивацію і $N_{15}P_{15}K_{15}$ при сівбі.

Внесення мінеральних добрив та біопрепаратів сприяє інтенсивнішому росту та розвитку рослин кукурудзи та збільшенню її врожайності [49]. За роки досліджень найвищу врожайність було отримано у гібридів ДЗ Латориця, Оржиця 237 МВ, ДБ Хотин при внесенні мінеральних добрив дозою $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 8,43 т/га, 8,27 т/га, 9,43 т/га відповідно, що перевищувало контроль (без добрив) на 1,15 т/га, 0,89 т/га та 1,54 т/га.

Встановлено [50], що внесення мінеральних добрив в нормі $N_{90}P_{110}K_{110}$ забезпечує оптимальні умови для росту та розвитку рослин кукурудзи. За даними [51] на неудобрених фонах вихід зерна становить 3,58 т/га, при внесенні мінеральних добрив у дозах $N_{120}P_{100}K_{100}$ і $N_{150}P_{120}K_{120}$, а також побічної продукції попередника – кукурудзи на зерно вихід зерна підвищувався до 6,31–8,44 т/га.

1.3. Формування якості зерна кукурудзи за різного удобрення

За результатами досліджень [52] виявлено, що врожайність та якість зерна залежать від удобрення, особливо, азотного. На вміст білка та амінокислотний склад зерна кукурудзи в основному впливає на генетичний тип, але істотний вплив також мають азотні добрива. Bal K. [3] заявив, що внесення азотних добрив підвищує вміст білка в зерні кукурудзи.

За даними дослідженнь [54] найнижчий вміст білка зафіксовано у варіанті контроль (без добрив) – 7,97 %, тоді як найвищий при внесенні N_{100} – 9,28 % і N_{150} – 9,23 %. На думку Kruczek [52], у складі поживних речовин у зерні кукурудзи вміст білка збільшується зі збільшенням внесення азотних добрив, причому збільшення має лінійний характер.

Встановлено [55], що вміст білка в зерні кукурудзи змінювався залежно від кількості добрив. Зокрема, у варіанті контроль цей показник становив 8,04 %, при внесенні NH_4NO_3 – 8,69, $(NH_4)_2SO_4$ – 9,17, N_{50} – 8,90, N_{100} – 9,28 %.

Збільшення дози NPK значно збільшує вміст білка [56]. Найбільший вміст білка при внесенні $N_{300}P_{150}K_{150}$ був у 2006 р., при цьому найвищий вміст білка був при внесенні $N_{200}P_{125}K_{125}$ у 2007 р. Цей стимулюючий ефект був зумовлений тісним зв'язком між азотом і білком. Ці результати відповідають дослідженням

інших вчених, які встановили стимулюючу дію NPK на вміст білка [56].

Застосування азоту збільшувало вміст білка в зерні, він був оптимальним при внесенні N_{200}. Вміст білка в зерні кукурудзи тісно пов'язаний з удобренням саме азотом. Проте, за умов прохолодного, вологого вегетаційного періоду вміст білка в зерні був меншим та становив 8,4–10,2 %, тоді як при сухішому та спекотнішому році досліджень коливався в межах 11,17–12,87 % [43].

Автори [57] повідомляють про максимальний вміст білка (11,10 %) в кукурудзі при внесенні $N_{160}P_{80}K_{140}$, а за іншими показниками якості (вміст крохмалю 74,20 %, вміст жиру 4,33 %), високі показники були зафіксовано при нижчих нормах удобрення – $N_{80}P_{40}K_{60}$.

Саверин І. В., Качмар О. Й. [51] встановили, що вміст перетравного протеїну збільшується при внесенні добрив та за рахунок побічної продукції попередника. Так, у зернопросапній сівозміні (за вирощування кукурудзи на зелену масу) за врожайності 30,45 т/га у варіанті без добрив цей показник становив 0,39 т/га. Тоді як за сумісного внесення $N_{120–150}P_{100–120}K_{100–120}$ та побічної продукції попередника (кукурудзи на зерно) вміст перетравного протеїну становив 0,62–0,80 т/га за рівня виходу зеленої маси 47,60–61,65 т/га.

Вміст білка істотно змінювався залежно від варіанту досліду. У варіанті контроль цей показник становив 6,18 %, при внесенні N_{50} – 7,30 %, N_{100} – 7,55, N_{150} – 7,98, N_{200} – 7,98, $N_{50}P_{80}$ – 7,48 $N_{100}P_{80}$ – 7,58, $N_{150}P_{80}$ – 8,03, $N_{200}P_{80}$ – 8,05 % [58].

Встановлено [59], що вміст протеїну змінюється залежно від норми внесення добрив. Так, у варіанті без добрив (контроль) вміст протеїну становив 7,24 % при Фон+N_{40} – 7,62, Фон+N_{120} – 9,69, $N_{60}P_{45}K_{60}$ – 8,43, Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$ – 8,26, Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$ – 8,27, Фон+$N_{120}P_{45}K_{60}$ – 9,51, Фон+$N_{120}P_{80}K_{100}$ – 8,83, Фон+$N_{120}P_{90}K_{120}$ – 9,39, Фон+$N_{180}P_{120}K_{180}$ – 9,59 %, вміст крохмалю знижувався від 74,08 % у варіанті без добрив до 72,46 при Фон+$N_{180}P_{120}K_{180}$, вміст жиру збільшувався і становив 4,26–4,36 %.

Найважливішим показником, який безпосередньо впливає на врожайність будь-якої культури, є маса 1000 зерен. Це значною мірою залежить від таких природних факторів, як температура повітря та наявність вологи у період наливу

зерна. Проте вплив мінерального живлення на даний показник дуже великий [43, 60].

Дослідженнями встановлено [43], що вирощування гібриду кукурудзи SY Fenomen у варіанті без добрив сприяло тому, що маса 1000 зерен була найменшою та становила 318 г, а у гібрида SY Torino вона була на 11 г більшою – 329 г. Дещо вищу масу 1000 зерен спостерігали за використання $N_{128}P_{128}K_{128}$ під передпосівну культивацію. Показники у гібрида SY Fenomen становили 324 г, а у гібрида SY Torino – 336 г. Найбільше значення маси 1000 зерен мав варіант із додатковим внесенням 70 кг діючої речовини азоту у фазі 6–7 листків. При цьому у гібрида SY Fenomen маса склала 336 г. А у гібрида SY Torino вона була більшою на 9 г та становила 345 г.

Що стосується змінної маси 1000 зерен, спостерігалися статистично значущі відмінності ($p \leq 0,05$) між рівнями удобрення порівняно з контролем для всіх генотипів, виявляючи реакцію на удобрення азотом і сіркою. Усі варіанти досягли найвищого рівня маси 1000 зерен із застосуванням N 200 і S50, з цим рівнем удобрення отримані значення значно відрізнялися ($p \leq 0,05$) порівняно зі значеннями, знайденими для решти застосованих рівнів удобрення. Збільшення маси 1000 зерен за рахунок збільшення дози азоту зазвичай залежить від співвідношення між вагою зерна та ростом рослини під час наповнення зерен, і тому в контрольній обробці це збільшення було обмежено меншою кількістю асимілятів [61]. Внесення N_{150} збільшує масу 1000 зерен до 132,73 г, тоді як рослини, які не отримували азот, дали менший показник – 108,29 г [62].

Отже, в агротехнології кукурудзи удобрення має вирішальне значення для формування високого врожаю зерна. Результати огляду літератури свідчить про великий діапазон щодо оптимального удобрення кукурудзи. Ефективність системи удобрення визначається цілою низкою чинників, які постійно змінюються. Інтенсифікація гібридів кукурудзи і зміни погодних умов буде змінювати ефективність удобрення. При цьому в літературі ефективна доза добрив змінюється в великому діапазоні, тому необхідно проводити додаткові дослідження щодо ефективності удобрення цієї культури.

РОЗДІЛ 2
ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Агрохімічна характеристика ґрунтів

Дослідження з впливу різних систем застосування добрив під кукурудзу проводилися впродовж 2025–2026 рр. в умовах ФГ «Лютарське», що територіально розміщене в с. Саварка Обухівського району Київської області.

Територія Правобережного Лісостепу України за біологічною продуктивністю сільськогосподарських культур є однією з найбільш продуктивних. Ґрунтовий покрив цієї території сформований лесами і лесовидними ґрунтоутворювальними породами. Він має значну строкатість. Тут найбільше поширені чорноземи типові, які займають 36,5 % і чорноземи опідзолені – 21,6 % території. На частку ясно-сірих лісових ґрунтів припадає 3,8 %, сірих лісових – 11,3, темно-сірих опідзолених – 13, лучно-чорноземних – 2,8 і лучних ґрунтів – 3,5 % [63].

Ґрунт поля де проводилися дослідження – чорнозем типовий крупнопилувато-середньосуглинкового гранулометричного складу. За даними агрохімічного обстеження лабораторії відділу агроекології і аналітичних досліджень Національного наукового центру «Інститут землеробства» проведеного в 2020 р. ці ґрунти характеризувалися наступними показниками: вміст азоту, що легко гідролізується – 135 мг на 1 кг ґрунту, рухомого фосфору – 167 мг на 1 кг ґрунту, рухомого калію – 178 мг на 1 кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину нейтральна, pH сольової витяжки 6,1. Гранулометричний склад порівняно однорідний. Щільність гумусового горизонту досить невелика і становить 1,05–1,23 г/см3 , щільність твердої фази ґрунту 2,55–2,61 г/см3, загальна пористість 58,4–61,5 %, найменша польова вологоємність 28,9–32,1 %.

В цілому фізико-хімічні властивості ґрунтів у ФГ «Лютарське» є сприятливими для вирощування високих врожаїв традиційних для регіону польових культур, у тому числі й кукурудзи. При цьому основними чинниками формування їх високих урожаїв є умови достатнього вологозабезпечення,

оптимального мінерального живлення рослин, температурного режиму тощо. За належної агротехнології кукурудза на цьому ґрунті здатна формувати високу і сталу продуктивність.

2.2. Погодні умови в роки досліджень

За даними Богуславської експериментальної гідрометеорологічної станції, розташованої поблизу місця проведення стаціонарного досліду, погодні умови впродовж досліджуваного періоду характеризувалися помітними відхиленнями від середньобагаторічних показників за температурним режимом, кількістю атмосферних опадів та відносною вологістю повітря.

Аналіз динаміки атмосферних опадів свідчить про їх нерівномірний розподіл упродовж року. У більшості місяців кількість опадів у 2025/2026 рр. була нижчою порівняно із середньобагаторічними значеннями. Особливо виражений дефіцит опадів спостерігався в зимовий та ранньовесняний періоди. Так, у січні випало близько 12 мм опадів проти середньобагаторічних 20 мм, у лютому – близько 20 мм проти 36 мм, у березні – близько 20 мм проти 28 мм. У квітні кількість опадів також була меншою за середньобагаторічний показник і становила близько 27 мм проти 38 мм.

У травні кількість опадів у 2025/2026 рр. становила близько 34 мм, що було дещо нижче середньобагаторічного рівня – близько 40 мм. У червні спостерігалося збільшення кількості атмосферних опадів до 48 мм, однак цей показник також поступався середньобагаторічному значенню, яке становило близько 57 мм. Найбільша кількість опадів припадала на липень: у 2025/2026 рр. випало близько 62 мм, тоді як середньобагаторічний показник становив близько 80 мм. У серпні дефіцит вологи був більш вираженим – близько 32 мм проти 45 мм, а у вересні кількість опадів становила близько 34 мм за середньобагаторічного рівня близько 54 мм.

Температурний режим 2025/2026 рр. характеризувався переважно підвищеними температурами повітря порівняно із середньобагаторічними показниками. В осінній період середня температура поступово знижувалася:

приблизно від 11–12 °C у жовтні до близько 0 °C у грудні. Найнижчі температури спостерігалися у січні, коли середньомісячна температура повітря становила близько –4 °C.

Починаючи з лютого, відбувалося поступове підвищення температури. У березні вона становила близько 3 °C, у квітні – близько 8 °C, у травні – 13–14 °C. Упродовж літніх місяців температурний режим характеризувався значним накопиченням тепла. У червні середня температура становила близько 19 °C, у липні – 22–23 °C, а максимальних значень досягала в серпні – близько 23 °C. При цьому в літній період температура повітря у 2025/2026 рр. переважно перевищувала середньобагаторічні значення.

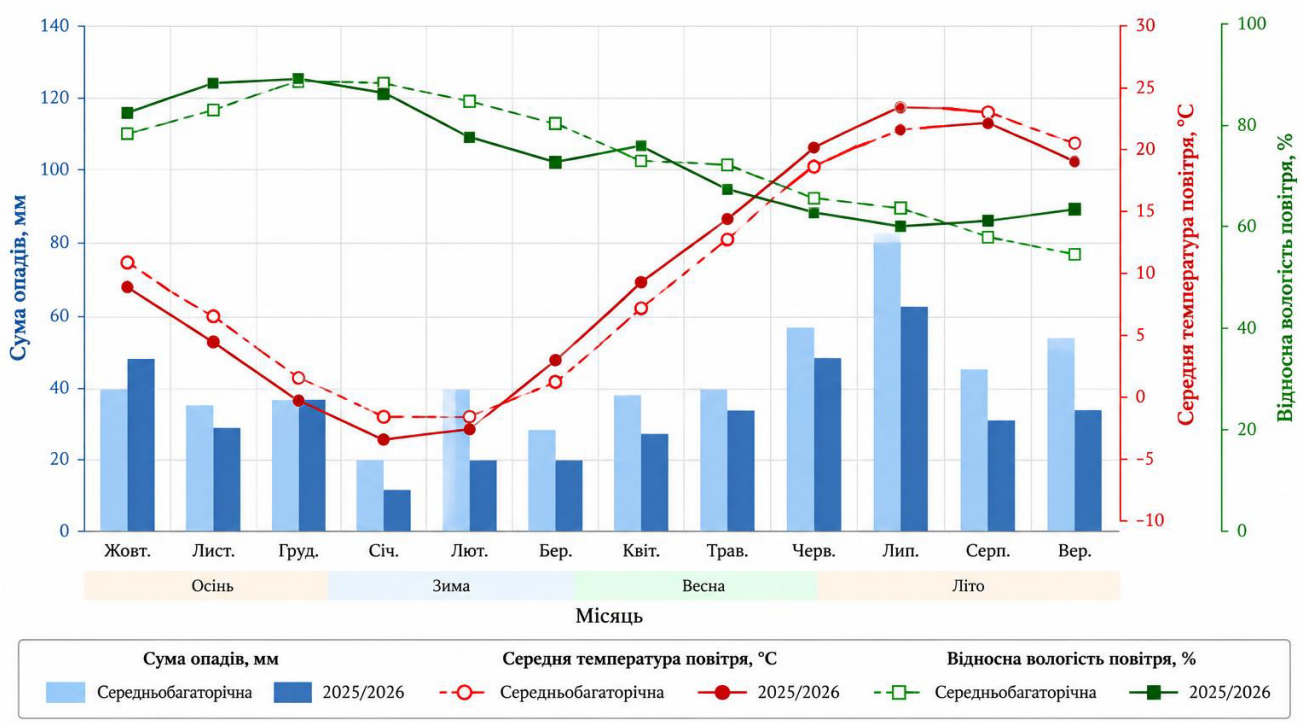


Рис. 2.1. Динаміка метеорологічних показників у 2025–2026 рр. порівняно із середньобагаторічними значеннями (за даними Богуславської експериментальної гідрометеорологічної станції**)**

Відносна вологість повітря також істотно змінювалася протягом року. Найвищі її значення спостерігалися в осінньо-зимовий період і становили близько 80–90 %. Із настанням весни відносна вологість поступово знижувалася. У квітні вона становила близько 73 %, у травні – близько 67 %, а в червні

знизилася приблизно до 62 %. Найнижчі значення відносної вологості повітря припадали на липень–серпень – близько 58–61 %. У вересні спостерігалося її незначне підвищення.

Таким чином, погодні умови 2025/2026 рр. характеризувалися нерівномірним розподілом атмосферних опадів, їх дефіцитом у більшості місяців, підвищеним температурним режимом у літній період та зниженням відносної вологості повітря в період активної вегетації рослин. Поєднання недостатньої кількості опадів із високими температурами та зниженою відносною вологістю повітря в літні місяці створювало умови для виникнення водного стресу рослин. Такі метеорологічні умови могли істотно впливати на ріст і розвиток кукурудзи, формування елементів структури врожаю та кінцевий рівень її продуктивності.

РОЗДІЛ 3
МЕТА, ЗАВДАННЯ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Мета та завдання дослідження

Метою роботи є встановлення особливості формування продуктивності та якості зерна кукурудзи залежно від різних доз мінеральних добрив та оцінити ефективність їх застосування в умовах Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети передбачалося виконання таких завдань:

– визначити вплив удобрення на показники росту та розвитку рослин кукурудзи;

– встановити вплив удобрення на формування індивідуальної продуктивності кукурудзи;

– з'ясувати вплив тривалого застосування мінеральних добрив на формування врожайності та якості зерна кукурудзи;

– розрахувати винесення основних елементів живлення кукурудзою залежно від системи удобрення;

– провести агрохімічне, енергетичне та економічне оцінювання ефективності застосування добрив у чотирипільній сівозміні під кукурудзу.

3.2. Методика проведення досліджень

Дослідження проводили в умовах Правобережного Лісостепу України у короткотривалому польовому досліді в умовах ФГ «Лютарське», яке розміщене в с. Саварка Обухівського району Київської області

Схема застосування добрив під кукурудзу включала такі варіанти: Без добрив (контроль), $N_{160}P_{80}K_{130}$, $N_{160}P_{50}K_{75}$, $N_{160}P_{80}K_{70}$. Розміщення варіантів у досліді послідовне з триразовим повторенням. Загальна площа дослідної ділянки 110 м^2, облікова – 90 м^2. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, pH_{KCl} – 5,7. Добрива застосували відповідно до схеми досліду, яка

представлена в таблицях.

Закладання польових дослідів, проведення спостережень і досліджень проводили у відповідності з рекомендаціями, методичними вказівками і довідниками останніх років. Агротехніка вирощування кукурудзи загальноприйнята для умов Правобережного Лісостепу України.

Відповідно до схеми досліду застосовували такі види мінеральних добрив: селітра аміачна, суперфосфат гранульований і калій хлористий. Фосфорні та калійні добрива в досліді вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивацію та в підживлення пшениці озимої. Нетоварну частину врожаю культур сівозміни (солому, стеблиння) залишали на полі на добриво.

У досліді вирощували гібрид кукурудзи ДКС 3969 (ФАО 310) (Байєр).

Група стиглості – середньостиглий.

ФАО – 310.

Однією з важливих особливостей гібриду є поєднання високої адаптивності з доброю стійкістю до несприятливих чинників середовища. За 9-бальною шкалою стабільність і пластичність оцінюються у 9 балів, посухостійкість – 8, початкова енергія росту – 9, холодостійкість – 9, стійкість до фузаріозу стебла та качана – 9, вологовіддача – 9 балів. Завдяки високій холодостійкості сівбу гібриду можна проводити за температури ґрунту від +8 °С.

ДКС 3969 придатний для вирощування на різних типах ґрунтів, за винятком важких глинистих. Найкраще реалізує продуктивний потенціал за середнього та високого рівнів мінерального живлення. Може вирощуватися як за традиційного, так і за мінімального основного обробітку ґрунту та витримує вирощування в монокультурі.

Рекомендована густота рослин ДКС 3969 на час збирання залежить від рівня вологозабезпечення: 55–60 тис. рослин/га у посушливих умовах, 60–70 тис./га за нестійкого зволоження та 70–80 тис./га за достатнього зволоження.

Для умов Правобережного Лісостепу України особливу цінність гібриду становлять його пластичність, посухостійкість, високі показники початкової енергії росту та здатність ефективно віддавати вологу зерном наприкінці

вегетації. Ці властивості дають змогу використовувати ДКС 3969 у дослідженнях, спрямованих на встановлення оптимальних норм висіву та систем удобрення кукурудзи.

Рекомендована густота на період збирання:

– достатній рівень вологозабезпечення – 75–85 тис. рослин/га; – недостатній рівень вологозабезпечення – 65–75 тис. рослин/га.

Можна висівати при температурі ґрунту від 10 °С.

Технологія вирощування кукурудзи була загальноприйнятою, за виключенням удобрення. В сівозміні кукурудзу вирощували після пшениці озимої.

Після збирання попередника проводилося дискування на глибину 10–12 см та оранку на 28–30 см. Весною проводили вирівнювання зябу та передпосівну культивацію.

Система удобрення кукурудзи передбачала внесення під зяблеву оранку фосфорних (суперфосфату гранульованого) та калійних добрив (калію хлористого). Весною під передпосівну культивацію згідно схеми досліду вносили азотні добрива (аміачну селітру). Всі удобрювальні продукти, які використовувалися в дослідах включені в «Перелік пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні».

Сівбу кукурудзи проводили за температурного режиму ґрунту 10–12 °С, сівалкою з шириною міжрядь 70 см. Густота рослин кукурудзи у 2025 р. – 88 тис. шт./га, в 2026 р. – 84 тис. шт./га. Глибина загортання насіння 5–6 см.

Дослідження проводилися відповідно до загальноприйнятих методик з наукових досліджень [64]. Для обґрунтування особливостей формування урожайності та якості зерна кукурудзи виконували обліки і спостереження за періодами основних фенологічних фаз росту й розвитку рослин. Вони включали фенологічні спостереження, облік густоти стояння рослин, біометричні вимірювання, облік урожаю і його структури.

Під час вегетації кукурудзи виконувалися такі обліки і спостереження:

– динаміку росту рослин встановлювали вимірюванням висоти

типових десяти рослин з кожного варіанту досліду;

– структуру урожаю кукурудзи перед збиранням урожаю [64];

– облік урожаю зерна проводили методом збирання 20 качанів [64].

Аналітичні дослідження проводилися згідно загальноприйнятих методик за такими показниками:

– у рослинних зразках визначали: вміст сухої речовини – термогравіметричним методом;

– вміст основних елементів живлення в рослинному матеріалі після мокрого озолення за МВВ 31-497058-019-2005 [65];

– показники якості зерна (вміст білка, крохмалю, жиру) методом інфрачервоної спектроскопії [66].

Коефіцієнти використання основних елементів живлення (N, P, K) з мінеральних добрив розраховували різницевим методом, порівнянням варіанту досліду з повним мінеральним добривом (NPK) і з парними їх комбінаціями (PK, NK, NP) [67].

Баланс елементів живлення в ґрунті розраховували за спрощеною методикою. Азот, що надходив в ґрунт з насінням, атмосферними опадами і фіксований з повітря вільноіснуючими мікроорганізмами прирівнювали до природних витрат (ерозія, вимивання, звітрювання), вважали, що фосфор і калій від ерозії й вимивання покривалися надходженням з насінням і атмосферними опадами [68].

Для статистичної обробки одержаних експериментальних даних результатів проведених досліджень і визначення їх достовірності використовували пакет стандартних програм (ПІК «Agrostat», MSOfficeExcel) і дисперсійний аналіз. Для якісного оцінювання тісноти зв’язку між одержаними у досліді показниками використовували коефіцієнт кореляції за шкалою R. E. Chaddock: 0,1–0,3 – незначний; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1 – функціональний.

Індекс стабільності визначали за такою формулою:

$$SE = \frac{HE}{LE},$$

де НЕ – найменший прояв ознаки;

LE – найбільший прояв ознаки.

Для комплексного оцінювання ефективності досліджуваних систем мінерального удобрення кукурудзи застосовували метод вагових коефіцієнтів із попереднім нормуванням показників. Комплексну оцінку здійснювали за трьома критеріями: агрономічним (приріст урожайності зерна порівняно з контролем), економічним (умовно чистий прибуток) та енергетичним (чистий енергетичний дохід).

Оскільки зазначені показники мають різні одиниці вимірювання, для їх зіставлення кожне значення ділили на максимальне значення відповідного показника серед досліджуваних варіантів удобрення. Нормовані показники об'єднували в індекс комплексного оцінювання (ІКО) із застосуванням однакових вагових коефіцієнтів – по 1/3 для кожного критерію.

Розрахунок здійснювали за такою формулою:

$$ІКО_i = ⅓ \times (ΔУ_i / ΔУ_{max} + П_i / П_{max} + E_i / E_{max})$$

де $ІКО_i$ – індекс комплексного оцінювання і-го варіанта удобрення;

$ΔУ_i$ – приріст урожайності зерна у відповідному варіанті, т/га;

$ΔУ_{max}$ – найбільший приріст урожайності серед досліджуваних варіантів, т/га;

$П_i$ – умовно чистий прибуток, грн/га;

$П_{max}$ – найбільший умовно чистий прибуток, грн/га;

E_i – чистий енергетичний дохід, ГДж/га;

E_{max} – найбільший чистий енергетичний дохід, ГДж/га.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Ріст і розвиток рослин кукурудзи за різних видів і доз добрив

Проведеними дослідженнями встановлено, що застосування мінеральних добрив позитивно впливало на лінійний ріст рослин упродовж вегетаційного періоду (табл. 4.1). Водночас інтенсивність ростових процесів залежала як від варіанта удобрення, так і від погодних умов року проведення досліджень.

У 2025 р. на початковому етапі розвитку (ВВСН 13) висота рослин становила 13–15 см. На контрольному варіанті без внесення добрив цей показник становив 13 см, тоді як за внесення мінеральних добрив – 14–15 см.

Таблиця 4.1

Динаміка висоти рослин кукурудзи залежно від удобрення, см

Варіант досліду	Фаза росту та розвитку рослин			
	ВВСН 13	ВВСН 19	ВВСН 51	ВВСН 89
2025 р.				
Без добрив (контроль)	13	63	233	286
$N_{160}P_{80}K_{130}$	15	67	259	294
$N_{160}P_{50}K_{75}$	14	66	257	293
$N_{160}P_{80}K_{70}$	15	66	258	294
2026 р.				
Без добрив (контроль)	9	55	243	265
$N_{160}P_{80}K_{130}$	10	61	262	277
$N_{160}P_{50}K_{75}$	10	62	261	276
$N_{160}P_{80}K_{70}$	11	62	260	277

У фазі ВВСН 19 відмінності між варіантами стали більш вираженими. На контролі висота рослин становила 63 см, тоді як на удобрених варіантах – 66–67 см. Найбільшу висоту – 67 см – сформували рослини за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 4 см перевищувало контроль.

Найбільш помітний вплив системи удобрення спостерігався у фазі ВВСН 51. У 2025 р. висота рослин на контролі становила 233 см, тоді як за внесення добрив вона збільшувалася до 257–259 см. Максимальне значення – 259 см – отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 26 см, або 11,2 %, перевищувало

контрольний варіант. Отримана різниця свідчить про істотний позитивний вплив мінерального живлення на лінійний ріст кукурудзи.

У фазі ВВСН 89 різниця між варіантами дещо зменшилася. На контролі висота рослин становила 286 см, а на удобрених варіантах – 293–294 см. Приріст порівняно з контролем становив 7–8 см, тому статистично істотної різниці між варіантами на завершальному етапі розвитку рослин не встановлено.

У 2026 р. на початкових етапах росту рослини були нижчими порівняно з 2025 р. У фазі ВВСН 13 їх висота становила 9–11 см, а у фазі ВВСН 19 – 55–62 см. На контролі у фазі ВВСН 19 рослини досягали 55 см, тоді як за внесення мінеральних добрив – 61–62 см. Таким чином, удобрення забезпечило збільшення висоти на 6–7 см.

У фазі ВВСН 51 висота рослин на контрольному варіанті у 2026 р. становила 243 см. Застосування мінеральних добрив сприяло її збільшенню до 260–262 см. Найвищі рослини – 262 см – сформувалися за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 19 см, або 7,8 %, перевищувало контроль.

На завершальному етапі розвитку (ВВСН 89) у 2026 р. висота рослин на контролі становила 265 см, тоді як за внесення добрив – 276–277 см. Максимальну висоту – 277 см – відзначено у варіантах $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$.

Результати досліджень свідчать, що мінеральне удобрення найбільшою мірою впливало на лінійний ріст кукурудзи в період активного вегетативного розвитку. Найстабільніше підвищення висоти рослин упродовж обох років досліджень забезпечувало внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$. Водночас наприкінці вегетації відмінності між удобреними варіантами та контролем зменшувалися і переважно не перевищували меж статистичної істотності. Виявлені міжрічні відмінності в динаміці росту рослин можуть бути зумовлені особливостями гідротермічних умов 2025 і 2026 рр.

Маса однієї рослини кукурудзи у фазу повної стиглості істотно залежала від рівня мінерального живлення та умов року проведення досліджень (табл. 4.2). Застосування мінеральних добрив забезпечувало суттєве збільшення цього показника порівняно з варіантом без удобрення.

У 2025 р. маса однієї рослини кукурудзи на контрольному варіанті без внесення добрив становила 336,6 г. Застосування мінеральних добрив сприяло її збільшенню до 488,6–496,8 г. Найвищий показник отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 496,8 г, що на 160,2 г, або 47,6 %, перевищувало контроль. За внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$ маса однієї рослини становила 488,6 г, а у варіанті $N_{160}P_{80}K_{70}$ – 489,3 г. Різниця між удобреними варіантами та контролем була статистично істотною.

У 2026 р. спостерігалося загальне зниження маси рослин порівняно з попереднім роком. На контрольному варіанті цей показник становив лише 175,5 г, тоді як за внесення мінеральних добрив – 345,9–350,0 г. Найвищу масу однієї рослини – 350,0 г – отримано за застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$. Це на 174,5 г, або 99,4 %, більше порівняно з контролем. За внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$ показник становив 345,9 г.

Порівняння результатів за роками свідчить про значний вплив погодних умов на накопичення рослинами надземної маси. У 2026 р. маса рослин була помітно меншою, ніж у 2025 р., причому особливо значне зниження відзначено на неудобреному варіанті. Це може свідчити про те, що достатній рівень мінерального живлення певною мірою послаблював негативний вплив несприятливих гідротермічних умов на формування біомаси кукурудзи.

Таблиця 4.2

Маса однієї рослини кукурудзи за різних видів і доз добрив у фазу повної стиглості, г

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Без добрив	336,6	175,5	256,1
$N_{160}P_{80}K_{130}$	496,8	350,0	423,4
$N_{160}P_{50}K_{75}$	488,6	345,9	417,3
$N_{160}P_{80}K_{70}$	489,3	350,0	419,7

Застосування мінеральних добрив було важливим чинником формування маси рослин кукурудзи. Найвищі її значення в обидва роки досліджень

забезпечувало внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$: 496,8 г у 2025 р. та 350,0 г у 2026 р. (у 2026 р. таке саме значення отримано також за $N_{160}P_{80}K_{70}$). Водночас близькі значення, отримані за інших систем удобрення, та відсутність статистично істотної різниці між ними свідчать, що збільшення доз окремих елементів живлення не завжди забезпечувало відповідне зростання маси рослин.

За результатами проведених досліджень встановлено, що формування абсолютно сухої маси однієї рослини кукурудзи залежало від рівня мінерального живлення та погодних умов у роки досліджень (табл. 4.3). Застосування мінеральних добрив позитивно впливало на процеси накопичення сухої речовини, забезпечуючи істотне підвищення цього показника порівняно з контрольним варіантом без внесення добрив.

Таблиця 4.3

Абсолютно суха маса однієї рослини кукурудзи за різних видів і доз добрив, г

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Без добрив	253,5	107,5	180,5
$N_{160}P_{80}K_{130}$	364,8	212,1	288,5
$N_{160}P_{50}K_{75}$	365,4	214,6	290,0
$N_{160}P_{80}K_{70}$	365,4	212,8	289,1

У 2025 р. абсолютно суха маса однієї рослини кукурудзи на контрольному варіанті (без застосування добрив) становила 253,5 г. Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню цього показника до 364,8–365,4 г. Найбільшу абсолютно суху масу – 365,4 г – зафіксовано у варіантах із внесенням $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$, що на 111,9 г, або 44,1 %, перевищувало значення контрольного варіанта. За застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ цей показник становив 364,8 г і практично не відрізнявся від результатів, отриманих за інших варіантів мінерального удобрення.

У 2026 р. спостерігалося суттєве зменшення абсолютно сухої маси рослин кукурудзи порівняно з попереднім роком досліджень. На контрольному варіанті

цей показник становив 107,5 г, тоді як за внесення мінеральних добрив його значення коливалися в межах 212,1–214,6 г. Найвищу абсолютно суху масу однієї рослини – 214,6 г – відзначено за застосування $N_{160}P_{50}K_{75}$, що на 107,1 г, або 99,6 %, перевищувало контрольний варіант.

За інших досліджуваних систем мінерального живлення абсолютно суха маса однієї рослини становила 212,1 г у варіанті $N_{160}P_{80}K_{130}$ та 212,8 г за внесення $N_{160}P_{80}K_{70}$. Разом із тим різниця між окремими системами удобрення залишалася незначною та не досягала рівня статистичної істотності.

У середньому за 2025–2026 рр. найнижчу абсолютно суху масу однієї рослини кукурудзи встановлено на контрольному варіанті – 180,5 г. Застосування мінеральних добрив забезпечувало збільшення цього показника до 288,5–290,0 г. Максимальне середнє значення – 290,0 г – отримано за внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$, що перевищувало контроль на 109,5 г, або 60,7 %.

Таким чином, застосування мінеральних добрив сприяло істотному збільшенню накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи впродовж обох років досліджень. Найвищий середній показник абсолютно сухої маси однієї рослини забезпечувало внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$ – 290,0 г. Водночас відмінності між досліджуваними варіантами мінерального удобрення були незначними. Суттєве зменшення абсолютно сухої маси рослин у 2026 р. порівняно з 2025 р. вказує також на вагомий вплив гідротермічних умов року на інтенсивність процесів накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи.

Важливим показником структури врожаю кукурудзи є маса зерна з одного качана, формування якої значною мірою визначається рівнем забезпеченості рослин основними елементами мінерального живлення. Аналіз результатів проведених досліджень показав, що внесення мінеральних добрив позитивно впливало на величину цього показника в обидва роки досліджень (табл. 4.4).

У 2025 р. маса зерна з одного качана кукурудзи на варіанті без застосування добрив становила 143,6 г. Внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню цього показника до 189,5–193,4 г. Найбільшу масу зерна – 193,4 г – зафіксовано у варіанті із застосуванням $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 49,8 г, або 34,7 %, перевищувало

значення контролю. За внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$ маса зерна з одного качана становила 189,5 г, тоді як у варіанті $N_{160}P_{80}K_{70}$ цей показник досягав 191,2 г.

Таблиця 4.4

Маса зерна в одному качані кукурудзи за різних видів і доз добрив, г

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Без добрив	143,6	126,1	134,8
$N_{160}P_{80}K_{130}$	193,4	178,5	186,0
$N_{160}P_{50}K_{75}$	189,5	177,3	183,4
$N_{160}P_{80}K_{70}$	191,2	178,5	184,9

Встановлено статистично істотне перевищення маси зерна з одного качана на всіх удобрених варіантах порівняно з контролем. Водночас відмінності між окремими системами мінерального живлення були незначними та становили 1,7–3,9 г. Це свідчить про відсутність статистично істотної різниці між досліджуваними варіантами удобрення за цим показником.

У 2026 р. спостерігалося певне зменшення маси зерна з одного качана порівняно з попереднім роком досліджень. На контрольному варіанті її величина становила 126,1 г, тоді як за застосування мінеральних добрив коливалася в межах 177,3–178,5 г. Максимальне значення показника – 178,5 г – отримано у варіантах із внесенням $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$, що на 52,4 г, або 41,6 %, перевищувало контроль. За використання $N_{160}P_{50}K_{75}$ маса зерна з одного качана становила 177,3 г.

У середньому за 2025–2026 рр. маса зерна з одного качана кукурудзи на контрольному варіанті становила 134,8 г. Застосування мінеральних добрив забезпечувало збільшення цього показника до 183,4–186,0 г. Найвищу середню масу зерна – 186,0 г – отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$, що перевищувало контрольний варіант на 51,2 г, або 38,0 %. За застосування $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ середні значення показника становили відповідно 183,4 та 184,9 г.

Таким чином, внесення мінеральних добрив позитивно впливало на формування маси зерна з одного качана кукурудзи, забезпечуючи статистично

істотне збільшення цього показника в обидва роки досліджень. Найвищу середню масу зерна за 2025–2026 рр. відзначено у варіанті із застосуванням $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 186,0 г. Водночас незначні відмінності між удобреними варіантами вказують на те, що зміна співвідношення фосфору та калію за однакового рівня азотного живлення не спричиняла істотних змін маси зерна з одного качана. Зниження значень цього показника у 2026 р. порівняно з 2025 р. свідчить також про вплив гідротермічних умов року на процеси формування зернової продуктивності кукурудзи.

Одним із важливих елементів структури врожаю кукурудзи є маса 1000 зерен, яка відображає їхню крупність і виповненість та значною мірою визначається рівнем мінерального живлення рослин і гідротермічними умовами в період формування й наливу зерна. Аналіз результатів проведених досліджень засвідчив наявність відмінностей у величині цього показника залежно від погодних умов року та досліджуваних варіантів мінерального удобрення (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Маса 1000 зерен кукурудзи за різних видів і доз добрив, г

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Без добрив	336	295	315,0
$N_{160}P_{80}K_{130}$	397	290	343,5
$N_{160}P_{50}K_{75}$	396	289	342,5
$N_{160}P_{80}K_{70}$	395	288	341,5

У 2025 р. маса 1000 зерен кукурудзи на контрольному варіанті без застосування добрив становила 336 г. Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню цього показника до 395–397 г. Найбільшу масу 1000 зерен – 397 г – зафіксовано у варіанті із застосуванням $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 61 г, або 18,2 %, перевищувало значення контролю. За внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ маса 1000 зерен становила відповідно 396 і 395 г. Це свідчить про те, що зміна співвідношення фосфору та калію за однакового рівня азотного удобрення не спричиняла істотних змін маси 1000 зерен кукурудзи.

У 2026 р. спостерігалося зменшення маси 1000 зерен порівняно з попереднім роком досліджень. На контрольному варіанті цей показник становив 295 г, тоді як за застосування мінеральних добрив коливався в межах 288–290 г. Найвище значення серед удобрених варіантів – 290 г – отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$. За використання $N_{160}P_{50}K_{75}$ маса 1000 зерен становила 289 г, а у варіанті $N_{160}P_{80}K_{70}$ – 288 г. При цьому показник контрольного варіанта перевищував значення удобрених варіантів на 5–7 г. Отже, у 2026 р. істотного впливу досліджуваних систем мінерального удобрення на формування маси 1000 зерен кукурудзи не виявлено.

У середньому за 2025–2026 рр. маса 1000 зерен кукурудзи на контрольному варіанті становила 315,0 г. Застосування мінеральних добрив забезпечувало підвищення цього показника до 341,5–343,5 г. Найбільшу середню масу 1000 зерен – 343,5 г – отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 28,5 г, або 9,0 %, перевищувало контрольний варіант. За застосування $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ середні значення показника становили відповідно 342,5 та 341,5 г.

Таким чином, ефективність мінерального удобрення щодо формування маси 1000 зерен кукурудзи значною мірою визначалася умовами року проведення досліджень. У 2025 р. внесення мінеральних добрив забезпечувало статистично істотне збільшення цього показника, тоді як у 2026 р. істотних відмінностей між досліджуваними варіантами не встановлено. У середньому за два роки досліджень найвищу масу 1000 зерен – 343,5 г – відзначено у варіанті із застосуванням $N_{160}P_{80}K_{130}$. Значні коливання величини цього показника між роками досліджень вказують на вагомий вплив гідротермічних умов на процеси формування, наливу та виповненості зерна кукурудзи.

Одним із визначальних елементів структури врожаю кукурудзи є кількість зерен в одному качані, яка безпосередньо впливає на формування індивідуальної продуктивності рослин. Аналіз результатів проведених досліджень показав, що застосування мінеральних добрив сприяло істотному збільшенню кількості зерен у качані, водночас ступінь прояву цього впливу змінювався залежно від погодних умов року досліджень (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Кількість зерен в одному качані кукурудзи за різних видів і доз добрив, г

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Без добрив	452	453	452,5
$N_{160}P_{80}K_{130}$	512	645	578,5
$N_{160}P_{50}K_{75}$	502	645	573,5
$N_{160}P_{80}K_{70}$	510	648	579,0

У 2025 р. кількість зерен в одному качані кукурудзи на контрольному варіанті становила 452 шт. Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню цього показника до 502–512 шт. Найбільшу кількість зерен – 512 шт. – зафіксовано у варіанті із застосуванням $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 60 шт., або 13,3 %, перевищувало значення контролю. За внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ кількість зерен в одному качані становила відповідно 502 і 510 шт.

У 2026 р. спостерігалося більш інтенсивне формування зерен у качані кукурудзи порівняно з попереднім роком досліджень. На контрольному варіанті їх кількість становила 453 шт., що практично відповідало показнику 2025 р. Водночас застосування мінеральних добрив забезпечувало збільшення кількості зерен до 645–648 шт. Найвище значення – 648 шт. – отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{70}$, що на 195 шт., або 43,0 %, перевищувало контрольний варіант. За застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{50}K_{75}$ кількість зерен в одному качані була однаковою і становила 645 шт.

У середньому за 2025–2026 рр. кількість зерен в одному качані кукурудзи на контрольному варіанті становила 452,5 шт. Застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню цього показника до 573,5–579,0 шт. Найбільшу середню кількість зерен – 579,0 шт. – отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{70}$, що на 126,5 шт., або 28,0 %, перевищувало контроль. Дещо нижчі значення показника відзначено за застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 578,5 шт. та $N_{160}P_{50}K_{75}$ – 573,5 шт.

Таким чином, внесення мінеральних добрив забезпечувало статистично істотне збільшення кількості зерен в одному качані кукурудзи впродовж обох років досліджень. У середньому за 2025–2026 рр. найвищий показник – 579,0 шт. – сформувався у варіанті із застосуванням $N_{160}P_{80}K_{70}$. Водночас незначні відмінності між удобреними варіантами свідчать про близьку ефективність досліджуваних систем мінерального живлення щодо формування озерненості качана. Найбільш виражений позитивний вплив удобрення спостерігався у 2026 р., коли кількість зерен на удобрених варіантах перевищувала контрольний показник на 42,4–43,0 %.

4.2. Продуктивність кукурудзи за різних видів і доз добрив

Аналіз даних (табл. 4.7) свідчить, що застосування мінеральних добрив істотно підвищувало врожайність зерна кукурудзи порівняно з неудобреним варіантом. У середньому за 2025–2026 рр. урожайність кукурудзи без внесення добрив становила 11,38 т/га, тоді як за використання різних норм мінеральних добрив вона зростала до 15,57–15,80 т/га. Таким чином, приріст урожайності від удобрення становив 4,19–4,42 т/га, або 36,8–38,8 % порівняно з контролем.

Найвищу врожайність у середньому за два роки досліджень отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 15,80 т/га, що на 4,42 т/га перевищувало показник варіанта без добрив. За норми $N_{160}P_{80}K_{70}$ середня врожайність становила 15,69 т/га, а за $N_{160}P_{50}K_{75}$ – 15,57 т/га. Різниця між удобреними варіантами була порівняно незначною і становила лише 0,11–0,23 т/га.

Таблиця 4.7

Формування врожайності зерна кукурудзи та її стабільності за різних видів і доз добрив, т/га

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2025	2026		
Без добрив	12,44	10,31	11,38	0,83
$N_{160}P_{80}K_{130}$	16,83	14,77	15,80	0,88
$N_{160}P_{50}K_{75}$	16,48	14,66	15,57	0,89
$N_{160}P_{80}K_{70}$	16,63	14,75	15,69	0,89

Найвищу врожайність у середньому за два роки досліджень отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 15,80 т/га, що на 4,42 т/га перевищувало показник варіанта без добрив. За норми $N_{160}P_{80}K_{70}$ середня врожайність становила 15,69 т/га, а за $N_{160}P_{50}K_{75}$ – 15,57 т/га. Різниця між удобреними варіантами була порівняно незначною і становила лише 0,11–0,23 т/га.

Погодні умови років досліджень також позначилися на продуктивності кукурудзи. У 2025 р. урожайність була вищою і залежно від варіанта становила 12,44–16,83 т/га, тоді як у 2026 р. – 10,31–14,77 т/га. На неудобреному варіанті зниження врожайності у 2026 р. порівняно з 2025 р. становило 2,13 т/га, тоді як на удобрених варіантах – 1,82–2,06 т/га. Це свідчить про певне зменшення міжрічних коливань продуктивності культури за оптимізації мінерального живлення.

Індекс стабільності врожайності на контролі становив 0,83, тоді як за внесення мінеральних добрив він підвищувався до 0,88–0,89. Найвищу стабільність формування врожаю (0,89) відзначено за внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$. Отже, застосування мінеральних добрив не лише забезпечувало істотне підвищення врожайності зерна кукурудзи, а й сприяло більш стабільному формуванню продуктивності культури за різних погодних умов років досліджень.

Проведеними дослідженнями було встановлено, що врожайність стебел кукурудзи істотно залежала від рівня мінерального живлення та умов року проведення досліджень (табл. 4.8). За фактичної вологості у 2025 р. урожайність стеблинння на контрольному варіанті становила 17,17 т/га, тоді як за внесення мінеральних добрив вона підвищувалася до 26,44–26,92 т/га. Найвищий показник отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 26,92 т/га, що на 9,75 т/га перевищувало контроль. У 2026 р. урожайність на контролі знизилася до 14,73 т/га, тоді як на удобрених варіантах становила 29,11–29,41 т/га. Найвищі значення – 29,41 т/га – одержано за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$.

У середньому за два роки врожайність стеблинння за фактичної вологості на варіанті без добрив становила 15,95 т/га. За застосування мінеральних добрив

цей показник підвищувався до 27,82–28,17 т/га. Максимальну середню врожайність забезпечувало внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 28,17 т/га, що перевищувало контроль на 12,22 т/га, або 76,6 %. Варіанти $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ забезпечили відповідно 27,82 і 27,93 т/га.

Аналогічна закономірність спостерігалася і за перерахунку врожайності на абсолютно суху масу. На контролі середній за два роки показник становив 10,32 т/га, тоді як за внесення добрив – 17,89–18,13 т/га. Найвищу врожайність абсолютно сухої маси стеблиння отримано у варіанті $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 18,13 т/га, що на 7,81 т/га, або 75,7 %, більше порівняно з контролем. За $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ середні значення становили відповідно 17,89 та 17,95 т/га.

Таблиця 4.8

Урожайність стеблиння кукурудзи за різних видів і доз добрив, т/га

Варіант досліду	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Показник за фактичної вологості			
Без добрив (контроль)	17,17	14,73	15,95
$N_{160}P_{80}K_{130}$	26,92	29,41	28,17
$N_{160}P_{50}K_{75}$	26,53	29,11	27,82
$N_{160}P_{80}K_{70}$	26,44	29,41	27,93
Показник у перерахунку на абсолютно суху масу			
Без добрив (контроль)	11,61	9,04	10,32
$N_{160}P_{80}K_{130}$	18,20	18,05	18,13
$N_{160}P_{50}K_{75}$	17,95	17,83	17,89
$N_{160}P_{80}K_{70}$	17,87	18,03	17,95

Внесення мінеральних добрив істотно підвищувало врожайність стеблиння кукурудзи як за фактичної вологості, так і в перерахунку на абсолютно суху масу. Найефективнішим серед досліджуваних варіантів було застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$, яке забезпечило максимальні середні показники продуктивності. Водночас невелика різниця між удобреними варіантами свідчить, що зменшення норм фосфорних або калійних добрив мало порівняно незначний вплив на формування маси стеблиння кукурудзи.

Аналіз даних (табл. 4.9) свідчить, що співвідношення маси стебел до маси зерна кукурудзи залежало як від рівня мінерального живлення, так і від умов року проведення досліджень. Загалом застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню цього показника порівняно з неудобреним контролем, що свідчить про інтенсивніше формування вегетативної маси рослин.

За фактичної вологості у 2025 р. співвідношення маси стеблиння до маси зерна кукурудзи на контрольному варіанті без застосування добрив становило 1,38. Внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню цього показника до 1,60–1,62. Найвище значення – 1,62 – зафіксовано у варіанті із застосуванням $N_{160}P_{50}K_{75}$. У 2026 р. спостерігалося збільшення зазначеного співвідношення порівняно з попереднім роком досліджень. На контрольному варіанті воно становило 1,43, тоді як за внесення мінеральних добрив коливалося в межах 1,99–2,02. Максимальні значення показника – 2,02 – отримано за застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$.

Таблиця 4.9

Відношення маси стеблиння до маси зерна кукурудзи за різних видів і доз добрив

Варіант досліду	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Показник за фактичної вологості			
Без добрив (контроль)	1,38	1,43	1,14
$N_{160}P_{80}K_{130}$	1,61	2,02	1,82
$N_{160}P_{50}K_{75}$	1,62	1,99	1,81
$N_{160}P_{80}K_{70}$	1,60	2,02	1,81
Показник у перерахунку на абсолютно суху масу			
Без добрив (контроль)	1,05	1,08	1,07
$N_{160}P_{80}K_{130}$	1,15	1,27	1,21
$N_{160}P_{50}K_{75}$	1,13	1,28	1,21
$N_{160}P_{80}K_{70}$	1,13	1,25	1,19

У середньому за 2025–2026 рр. співвідношення маси стеблиння до маси зерна за фактичної вологості на удобрених варіантах становило 1,81–1,82, тоді

як на контрольному варіанті – 1,14. Отримані результати свідчать про те, що застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню частки сформованої стеблової маси відносно зернової продуктивності кукурудзи.

За перерахунку на абсолютно суху масу відмінності між досліджуваними варіантами були менш вираженими. На контрольному варіанті без внесення добрив співвідношення становило 1,05 у 2025 р. та 1,08 у 2026 р., а середнє значення за два роки дорівнювало 1,07. За застосування мінеральних добрив у 2025 р. цей показник перебував у межах 1,13–1,15, тоді як у 2026 р. зростав до 1,25–1,28. У середньому за роки досліджень співвідношення маси стеблиння до маси зерна становило 1,19–1,21. Найвищі середні значення – 1,21 – встановлено у варіантах із внесенням $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{50}K_{75}$.

Таким чином, застосування мінеральних добрив позитивно впливало на співвідношення маси стеблиння до маси зерна кукурудзи, забезпечуючи збільшення цього показника порівняно з неудобреним контролем. Найбільш виражено зазначена закономірність проявлялася за визначення співвідношення за фактичної вологості. Водночас незначні відмінності між удобреними варіантами вказують на подібний характер формування співвідношення вегетативної та зернової частин урожаю за досліджуваних систем мінерального живлення.

Результати (табл. 4.10) свідчить, що натура зерна кукурудзи залежала як від умов року проведення досліджень, так і від застосованих норм мінеральних добрив. Упродовж досліджуваного періоду значення цього показника варіювало від 679 до 7702г/л.

Таблиця 4.10

Формування натури зерна кукурудзи за різних видів і доз добрив, г/л

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Без добрив	766	679	722,5
$N_{160}P_{80}K_{130}$	765	691	728,0
$N_{160}P_{50}K_{75}$	760	694	727,0
$N_{160}P_{80}K_{70}$	772	695	733,5

У 2025 р. натура зерна кукурудзи на контрольному варіанті без застосування добрив становила 766 г/л. Внесення мінеральних добрив забезпечувало формування цього показника в межах 760–772 г/л. Найвище значення натури зерна – 772 г/л – зафіксовано у варіанті із застосуванням $N_{160}P_{80}K_{70}$, що на 6 г/л перевищувало контроль. За внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{50}K_{75}$ натура зерна становила відповідно 765 і 760 г/л.

У 2026 р. спостерігалося зниження натури зерна порівняно з попереднім роком досліджень. На контрольному варіанті цей показник становив 679 г/л, тоді як за застосування мінеральних добрив підвищувався до 691–695 г/л. Максимальне значення – 695 г/л – отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{70}$, що на 16 г/л перевищувало контрольний варіант. Проте, різниця між досліджуваними варіантами також була статистично неістотною.

У середньому за 2025–2026 рр. натура зерна кукурудзи на контрольному варіанті становила 722,5 г/л. Застосування мінеральних добрив забезпечувало формування цього показника на рівні 727,0–733,5 г/л. Найвищу середню натуру зерна – 733,5 г/л – відзначено у варіанті із внесенням $N_{160}P_{80}K_{70}$, що на 11,0 г/л, або 1,5 %, перевищувало контроль. За застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{50}K_{75}$ середні значення показника становили відповідно 728,0 та 727,0 г/л.

Таким чином, застосування мінеральних добрив мало порівняно незначний вплив на формування натури зерна кукурудзи, тоді як більш виражені зміни цього показника спостерігалися залежно від погодних умов року проведення досліджень. Найвищу середню натуру зерна за 2025–2026 рр. забезпечувало внесення $N_{160}P_{80}K_{70}$ – 733,5 г/л.

Результати даних таблиці 4.11. свідчить, що вміст крохмалю в зерні кукурудзи впродовж 2025–2026 рр. змінювався у відносно вузьких межах і становив 70,5–72,4 %. Застосування різних норм мінеральних добрив супроводжувалося певним зниженням вмісту крохмалю порівняно з контрольним варіантом без удобрення. Водночас установлені відмінності були незначними, що свідчить про відносну стабільність цього показника якості зерна за досліджуваних систем мінерального живлення.

У 2025 р. найвищий вміст крохмалю в зерні кукурудзи встановлено на контрольному варіанті без застосування добрив – 71,3 %. Внесення мінеральних добрив супроводжувалося незначним зниженням цього показника до 70,5–70,6 %, що було на 0,7–0,8 відсоткового пункта менше порівняно з контролем. Найбільший вміст крохмалю серед удобрених варіантів – 70,6 % – зафіксовано за застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$.

Таблиця 4.11

Формування вмісту крохмалю в зерні кукурудзи за різних видів і доз добрив, %

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Без добрив	71,3	72,4	71,85
$N_{160}P_{80}K_{130}$	70,6	71,3	70,95
$N_{160}P_{50}K_{75}$	70,5	71,2	70,85
$N_{160}P_{80}K_{70}$	70,5	71,4	70,95

У 2026 р. спостерігалося певне підвищення вмісту крохмалю в зерні порівняно з попереднім роком досліджень. На контрольному варіанті цей показник становив 72,4 %, тоді як за внесення мінеральних добрив коливався в межах 71,2–71,4 %. Максимальне значення серед удобрених варіантів – 71,4 % – отримано за застосування $N_{160}P_{80}K_{70}$, проте воно залишалося на 1,0 відсоткового пункта нижчим від контрольного показника.

У середньому за 2025–2026 рр. найбільший вміст крохмалю в зерні кукурудзи відзначено на варіанті без внесення добрив – 71,85 %. За застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ середні значення показника були однаковими і становили 70,95 %, тоді як найнижчий вміст крохмалю – 70,85 % – встановлено у варіанті із внесенням $N_{160}P_{50}K_{75}$. Таким чином, застосування мінеральних добрив зумовлювало зменшення середнього вмісту крохмалю лише на 0,90–1,00 відсоткового пункта порівняно з контролем. Незважаючи на тенденцію до незначного зниження концентрації крохмалю за внесення добрив, установлені зміни не досягали рівня статистичної істотності. Певний вплив на формування

цього показника мали також погодні умови року, оскільки у 2026 р. вміст крохмалю був вищим порівняно з 2025 р. на всіх досліджуваних варіантах.

Аналіз результатів проведених досліджень показав, що збір крохмалю з урожаєм зерна кукурудзи значною мірою визначався рівнем мінерального живлення рослин та умовами року проведення досліджень (табл. 4.12). Упродовж 2025–2026 рр. величина цього показника коливалася в межах 7,46–11,87 т/га. При цьому застосування мінеральних добрив забезпечувало суттєве збільшення збору крохмалю з одиниці площі порівняно з контрольним варіантом без удобрення.

Застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню збору крохмалю з урожаєм зерна кукурудзи до 11,60–11,87 т/га. Найвищий показник – 11,87 т/га – зафіксовано у варіанті із внесенням $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 3,00 т/га, або 33,8 %, перевищувало контроль. За застосування $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ збір крохмалю становив відповідно 11,60 та 11,70 т/га.

Таблиця 4.12

Збір крохмалю з урожаю зерна кукурудзи за різних видів і доз добрив, т/га

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Без добрив	8,87	7,46	8,17
$N_{160}P_{80}K_{130}$	11,87	10,49	11,18
$N_{160}P_{50}K_{75}$	11,60	10,39	11,00
$N_{160}P_{80}K_{70}$	11,70	10,50	11,10

У 2026 р. спостерігалося зниження збору крохмалю порівняно з попереднім роком досліджень. На контрольному варіанті цей показник становив 7,46 т/га, тоді як за внесення мінеральних добрив коливався в межах 10,39–10,50 т/га. Максимальне значення – 10,50 т/га – отримано за застосування $N_{160}P_{80}K_{70}$, що на 3,04 т/га, або 40,8 %, перевищувало контроль. Практично аналогічний рівень збору крохмалю – 10,49 т/га – забезпечувало внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$.

Аналіз результатів проведених досліджень показав, що вміст білка в зерні кукурудзи значною мірою визначався рівнем забезпеченості рослин елементами мінерального живлення (табл. 4.13). Упродовж 2025–2026 рр. значення цього показника змінювалися в межах 6,2–10,5 %. При цьому застосування мінеральних добрив сприяло підвищенню вмісту білка в зерні порівняно з контрольним варіантом без удобрення.

Таблиця 4.13

Формування вмісту білка в зерні кукурудзи за різних видів і доз добрив, %

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Без добрив	7,7	6,2	6,90
$N_{160}P_{80}K_{130}$	9,8	10,5	10,15
$N_{160}P_{50}K_{75}$	9,9	10,4	10,15
$N_{160}P_{80}K_{70}$	9,8	10,3	10,05

У 2025 р. вміст білка в зерні кукурудзи на контрольному варіанті без внесення добрив становив 7,7 %. Застосування мінеральних добрив сприяло підвищенню цього показника до 9,8–9,9 %. Найвищий вміст білка – 9,9 % – зафіксовано у варіанті із внесенням $N_{160}P_{50}K_{75}$, що на 2,2 відсоткового пункта перевищувало контроль. За застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ значення показника були однаковими і становили 9,8 %.

У 2026 р. позитивний вплив мінерального живлення на накопичення білка в зерні кукурудзи проявлявся ще більш виражено. На контрольному варіанті його вміст становив лише 6,2 %, тоді як за внесення мінеральних добрив підвищувався до 10,3–10,5 %. Максимальне значення – 10,5 % – отримано за застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 4,3 відсоткового пункта перевищувало контрольний показник. За внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ вміст білка становив відповідно 10,4 та 10,3 %.

У середньому за 2025–2026 рр. найнижчий вміст білка в зерні кукурудзи встановлено на варіанті без застосування добрив – 6,90 %. Внесення мінеральних добрив забезпечувало збільшення цього показника до 10,05–10,15 %. Найвищі середні значення – 10,15 % – відзначено у варіантах із застосуванням $N_{160}P_{80}K_{130}$

та $N_{160}P_{50}K_{75}$, що на 3,25 відсоткового пункта перевищувало контроль. За внесення $N_{160}P_{80}K_{70}$ середній вміст білка був дещо нижчим і становив 10,05 %.

Таким чином, застосування мінеральних добрив позитивно впливало на формування білковості зерна кукурудзи, забезпечуючи статистично істотне підвищення вмісту білка порівняно з контрольним варіантом без удобрення. Водночас незначні відмінності між досліджуваними системами мінерального живлення свідчать про їхню близьку ефективність щодо накопичення білка в зерні кукурудзи.

Аналіз результатів проведених досліджень показав, що внесення мінеральних добрив сприяло суттєвому збільшенню збору білка з урожаєм зерна кукурудзи (табл. 4.14). Упродовж 2025–2026 рр. величина цього показника залежно від досліджуваного варіанта коливалася в межах 0,64–1,65 т/га. При цьому найнижчі значення збору білка відзначено на контрольному варіанті без застосування добрив, тоді як мінеральне удобрення забезпечувало підвищення виходу білка з одиниці посівної площі.

Таблиця 4.14

Збір білка з урожаю зерна кукурудзи за різних видів і доз добрив, т/га

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Без добрив	0,95	0,64	0,80
$N_{160}P_{80}K_{130}$	1,65	1,52	1,59
$N_{160}P_{50}K_{75}$	1,63	1,50	1,57
$N_{160}P_{80}K_{70}$	1,63	1,48	1,56

У 2025 р. збір білка з урожаєм зерна кукурудзи на контрольному варіанті без застосування добрив становив 0,95 т/га. Внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню цього показника до 1,63–1,65 т/га. Найвищий збір білка – 1,65 т/га – зафіксовано у варіанті із застосуванням $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 0,70 т/га, або 73,7 %, перевищувало контроль. За внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ значення показника були однаковими і становили 1,63 т/га.

У 2026 р. спостерігалося певне зниження абсолютних значень збору білка порівняно з попереднім роком досліджень. На контрольному варіанті цей

показник становив лише 0,64 т/га, тоді як за застосування мінеральних добрив підвищувався до 1,48–1,52 т/га. Максимальний збір білка – 1,52 т/га – знову отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 0,88 т/га перевищувало контрольний показник, або було більшим у 2,38 раза.

У середньому за 2025–2026 рр. збір білка з урожаєм зерна кукурудзи на варіанті без внесення добрив становив 0,80 т/га. Застосування мінеральних добрив забезпечувало збільшення цього показника до 1,56–1,59 т/га. Найвищий середній збір білка – 1,59 т/га – встановлено у варіанті із внесенням $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 0,79 т/га, або 98,8 %, перевищувало контроль. За застосування $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ середні значення показника становили відповідно 1,57 та 1,56 т/га.

Таким чином, застосування мінеральних добрив забезпечувало майже дворазове збільшення середнього збору білка з одиниці посівної площі порівняно з контрольним варіантом без удобрення. Найвищий рівень цього показника відзначено за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$, хоча відмінності між досліджуваними системами мінерального живлення були незначними. Збільшення збору білка з урожаєм зерна кукурудзи зумовлювалося комплексним впливом мінерального удобрення, яке сприяло як підвищенню врожайності зерна, так і збільшенню концентрації білка в ньому.

Аналіз результатів проведених досліджень показав, що вміст жиру в зерні кукурудзи певною мірою залежав від рівня мінерального живлення рослин та погодних умов року (табл. 4.15). Упродовж 2025–2026 рр. значення цього показника змінювалися в межах 2,7–3,6 %. При цьому у 2025 р. вміст жиру в зерні кукурудзи на всіх досліджуваних варіантах був вищим порівняно з 2026 р., що свідчить про вплив умов року на формування цього показника якості зерна.

У 2025 р. найвищий вміст жиру в зерні кукурудзи відзначено на контрольному варіанті без застосування добрив – 3,6 %. Внесення мінеральних добрив супроводжувалося певним зниженням цього показника до 3,3–3,4 %. За застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{50}K_{75}$ вміст жиру був однаковим і становив 3,4 %, тоді як у варіанті із внесенням $N_{160}P_{80}K_{70}$ він знижувався до 3,3 %.

Таблиця 4.15

Формування вмісту жиру в зерні кукурудзи за різних видів і доз добрив, %

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Без добрив	3,6	2,8	3,2
$N_{160}P_{80}K_{130}$	3,4	2,8	3,1
$N_{160}P_{50}K_{75}$	3,4	2,8	3,1
$N_{160}P_{80}K_{70}$	3,3	2,7	3,0

У 2026 р. спостерігалося зниження вмісту жиру в зерні кукурудзи порівняно з попереднім роком досліджень. Значення цього показника коливалися в межах 2,7–2,8 %. На контрольному варіанті, а також за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{50}K_{75}$ вміст жиру становив 2,8 %. Дещо нижче значення – 2,7 % – зафіксовано за застосування $N_{160}P_{80}K_{70}$. Таким чином, у 2026 р. вплив досліджуваних систем мінерального удобрення на накопичення жиру в зерні був менш вираженим порівняно з 2025 р.

У середньому за 2025–2026 рр. найбільший вміст жиру в зерні кукурудзи встановлено на варіанті без внесення добрив – 3,2 %. Застосування мінеральних добрив забезпечувало формування цього показника на рівні 3,0–3,1 %, що було на 0,1–0,2 відсоткового пункта менше порівняно з контролем. За внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{50}K_{75}$ середній вміст жиру становив 3,1 %, тоді як за $N_{160}P_{80}K_{70}$ – 3,0 %.

Таким чином, застосування мінеральних добрив не забезпечувало підвищення концентрації жиру в зерні кукурудзи. Навпаки, у середньому за два роки досліджень спостерігалася тенденція до незначного зниження цього показника на удобрених варіантах порівняно з контролем. Водночас відмінності між результатами 2025 та 2026 рр. свідчать про помітний вплив погодних умов року на процеси накопичення жиру в зерні кукурудзи та формування його якісних характеристик.

Аналіз результатів проведених досліджень показав, що збір жиру з урожаєм зерна кукурудзи значною мірою залежав від рівня мінерального

живлення рослин та умов року проведення досліджень (табл. 4.16). Упродовж 2025–2026 рр. величина цього показника змінювалася в межах 0,27–0,58 т/га. При цьому застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню збору жиру з одиниці посівної площі порівняно з контрольним варіантом без удобрення, незважаючи на дещо нижчу його концентрацію в зерні.

Таблиця 4.16

Збір жиру з урожаю зерна кукурудзи за різних видів і доз добрив, т/га

Варіант	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки
	2025	2026	
Без добрив	0,46	0,27	0,37
$N_{160}P_{80}K_{130}$	0,58	0,40	0,49
$N_{160}P_{50}K_{75}$	0,56	0,40	0,48
$N_{160}P_{80}K_{70}$	0,54	0,42	0,48

У 2025 р. збір жиру з урожаєм зерна кукурудзи на контрольному варіанті без застосування добрив становив 0,46 т/га. Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню цього показника до 0,54–0,58 т/га. Найвищий збір жиру – 0,58 т/га – зафіксовано у варіанті із застосуванням $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 0,12 т/га, або 26,1 %, перевищувало контроль. За внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$ значення показника становили відповідно 0,56 та 0,54 т/га.

У 2026 р. спостерігалося зниження абсолютних значень збору жиру порівняно з попереднім роком досліджень. На контрольному варіанті цей показник становив 0,27 т/га, тоді як за застосування мінеральних добрив підвищувався до 0,40–0,42 т/га. Максимальний збір жиру – 0,42 т/га – отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{70}$, що на 0,15 т/га, або 55,6 %, перевищувало контрольний показник. За застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{50}K_{75}$ збір жиру був однаковим і становив 0,40 т/га.

У середньому за 2025–2026 рр. збір жиру з урожаєм зерна кукурудзи на варіанті без внесення добрив становив 0,37 т/га. Застосування мінеральних добрив забезпечувало підвищення цього показника до 0,48–0,49 т/га. Найвище середнє значення – 0,49 т/га – встановлено у варіанті із внесенням $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 0,12 т/га, або 32,4 %, перевищувало контроль. За застосування $N_{160}P_{50}K_{75}$ та

$N_{160}P_{80}K_{70}$ середній збір жиру був дещо нижчим і становив 0,48 т/га в обох варіантах.

Таким чином, застосування мінеральних добрив позитивно впливало на збір жиру з урожаєм зерна кукурудзи, незважаючи на певне зниження його відсоткового вмісту в зерні удобрених варіантів. Збільшення загального виходу жиру з одиниці посівної площі було зумовлене насамперед підвищенням урожайності зерна за оптимізації мінерального живлення рослин. Водночас відмінності між досліджуваними системами удобрення були незначними, а найвищий середній збір жиру за 2025–2026 рр. становив 0,49 т/га за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$.

4.3. Агрохімічне, енергетичне та економічне оцінювання ефективності різних видів і доз добрив під кукурудзу

Оцінювання ефективності застосування мінеральних добрив є важливою складовою обґрунтування технології вирощування кукурудзи. Воно дає змогу зіставити приріст урожайності зерна з витратами ресурсів, енергетичними показниками та економічними результатами. За умов підвищення вартості матеріально-технічних ресурсів особливого значення набуває визначення систем удобрення, які забезпечують раціональне використання добрив і належну окупність витрат.

Агрохімічну ефективність досліджуваних систем удобрення оцінювали за витратами діючої речовини добрив на формування 1 т приросту врожаю зерна та окупністю 1 кг діючої речовини приростом урожаю (табл. 4.17). У досліді порівнювали три варіанти мінерального удобрення: $N_{160}P_{80}K_{130}$, $N_{160}P_{50}K_{75}$ та $N_{160}P_{80}K_{70}$.

За даними табл. 4.17, витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю зерна становили 60–77 кг д. р. Найнижче значення цього показника (60 кг д. р.) встановлено за внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$, тоді як за $N_{160}P_{80}K_{70}$ воно становило 66 кг д. р., а за $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 77 кг д. р. Отже, за наведеними у таблиці показниками найменші питомі витрати добрив забезпечував варіант $N_{160}P_{50}K_{75}$.

Таблиця 4.17

Агрохімічна ефективність застосування добрив під кукурудзу, 2025–2026 рр.

Варіант досліду	Витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю зерна, кг д. р.	Окупність 1 кг д. р. добрив, кг зерна			
		N	P_2O_5	K_2O	$N + P_2O + K_2O$
$N_{160}P_{80}K_{130}$	77	22,5	4,9	1,9	13,3
$N_{160}P_{50}K_{75}$	60	–	–	–	16,8
$N_{160}P_{80}K_{70}$	66	–	–	1,6	15,6

Окупність 1 кг сумарної діючої речовини добрив приростом урожаю зерна змінювалася від 13,3 до 16,8 кг. Найвищий показник (16,8 кг зерна на 1 кг д. р.) отримано за застосування $N_{160}P_{50}K_{75}$. За внесення $N_{160}P_{80}K_{70}$ окупність становила 15,6 кг, а за $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 13,3 кг. Таким чином, зменшення кількості фосфорних і калійних добрив за незмінної норми азоту супроводжувалося підвищенням окупності сумарної діючої речовини. Наведені в таблиці окремі значення окупності азотних, фосфорних і калійних добрив не дають підстав для повного порівняння всіх трьох варіантів за кожним елементом живлення.

Інтенсифікація технології вирощування кукурудзи потребує оцінювання не лише господарських результатів, а й витрат енергії. Енергетичні показники дають змогу порівняти ефективність використання матеріальних ресурсів за різних систем удобрення та встановити співвідношення між енергією, акумульованою в додатковому врожаї, і витратами на його одержання.

За даними табл. 4.18, енергоємність приросту врожаю зерна коливалася від 67,2 до 72,0 ГДж/га. Найвищий показник відзначено за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ (72,0 ГДж/га), дещо нижчий – за $N_{160}P_{80}K_{70}$ (70,0 ГДж/га), а найнижчий – за $N_{160}P_{50}K_{75}$ (67,2 ГДж/га). Енергоємність застосування добрив становила відповідно 17,3; 16,8 та 15,6 ГДж/га. Отже, варіант $N_{160}P_{50}K_{75}$ характеризувався найменшими витратами енергії на застосування добрив.

Таблиця 4.18

Енергетична ефективність застосування добрив під кукурудзу, 2025–2026 рр.

Варіант досліду	Енергоємність, ГДж/га		Чистий енергетичний дохід, ГДж/га	K_{ee}*	Енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна, ГДж
	приросту врожаю зерна	застосування добрив			
$N_{160}P_{80}K_{130}$	72,0	17,3	54,8	3,18	4,0
$N_{160}P_{50}K_{75}$	67,2	15,6	51,7	3,33	3,9
$N_{160}P_{80}K_{70}$	70,0	16,8	53,3	3,20	4,0

Примітка. K_{ee} – коефіцієнт енергетичної ефективності.

Чистий енергетичний дохід за досліджуваними варіантами становив 51,7–54,8 ГДж/га. Максимальне значення (54,8 ГДж/га) отримано за $N_{160}P_{80}K_{130}$, за $N_{160}P_{80}K_{70}$ цей показник становив 53,3 ГДж/га, а за $N_{160}P_{50}K_{75}$ – 51,7 ГДж/га. Водночас найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (3,33) встановлено за внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$, тоді як за $N_{160}P_{80}K_{70}$ і $N_{160}P_{80}K_{130}$ він становив відповідно 3,20 та 3,18. Енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна була найнижчою за $N_{160}P_{50}K_{75}$ – 3,9 ГДж, а в інших двох варіантах становила 4,0 ГДж.

Економічне оцінювання систем удобрення проводили шляхом зіставлення вартості додатково одержаного врожаю із витратами на застосування добрив (табл. 4.19). Вартість приросту врожаю зерна становила 39 984–42 826 грн/га, тоді як витрати на застосування добрив змінювалися від 14 392 до 19 560 грн/га.

За наведеними у табл. 4.19 значеннями рівень рентабельності становив 19 % за $N_{160}P_{80}K_{130}$, 78 % за $N_{160}P_{50}K_{75}$ і 44 % за $N_{160}P_{80}K_{70}$. Таким чином, найвищими показниками умовно чистого прибутку та зазначеної в таблиці рентабельності характеризувався варіант $N_{160}P_{50}K_{75}$. Разом із тим розрахунок рентабельності потребує уточнення складу витрат, оскільки наведені відсотки не дорівнюють відношенню умовно чистого прибутку до зазначених витрат на застосування добрив.

Таблиця 4.19

Економічна ефективність застосування добрив під кукурудзу, 2025–2026 рр.

Варіант досліду	Показник				
	Приріст урожайності, т/га	Вартість приросту врожаю зерна, грн/га	Витрати на застосування добрив, грн/га	Умовно чистий прибуток/збиток, грн/га	Рівень рентабельності, %
$N_{160}P_{80}K_{130}$	4,38	42826	19560	23266	19
$N_{160}P_{50}K_{75}$	4,09	39984	14392	25592	78
$N_{160}P_{80}K_{70}$	4,25	41650	17065	24585	44

Порівняння досліджуваних систем удобрення за окремими показниками свідчить, що найбільший приріст урожайності та чистий енергетичний дохід отримано за $N_{160}P_{80}K_{130}$, тоді як найвищі окупність добрив, коефіцієнт енергетичної ефективності та умовно чистий прибуток – за $N_{160}P_{50}K_{75}$.

За результатами комплексного оцінювання найвищий ІКО отримано за $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 0,970; за $N_{160}P_{80}K_{70}$ він становив 0,968, а за $N_{160}P_{50}K_{75}$ – 0,959. Відмінності між варіантами були невеликими. Водночас варіант $N_{160}P_{50}K_{75}$ мав перевагу за економічним результатом та відносною енергетичною ефективністю, тоді як $N_{160}P_{80}K_{130}$ забезпечував максимальні абсолютні значення приросту врожайності та чистого енергетичного доходу.

За показниками табл. 4.17 найвищу окупність сумарної діючої речовини добрив приростом урожаю зерна забезпечувало внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$ – 16,8 кг/кг д. р. За $N_{160}P_{80}K_{70}$ окупність становила 15,6 кг/кг, а за $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 13,3 кг/кг.

Найвищий чистий енергетичний дохід отримано за $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 54,8 ГДж/га. Натомість найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (3,33) і найнижчу енергетичну собівартість приросту врожаю (3,9 ГДж/т) встановлено за $N_{160}P_{50}K_{75}$.

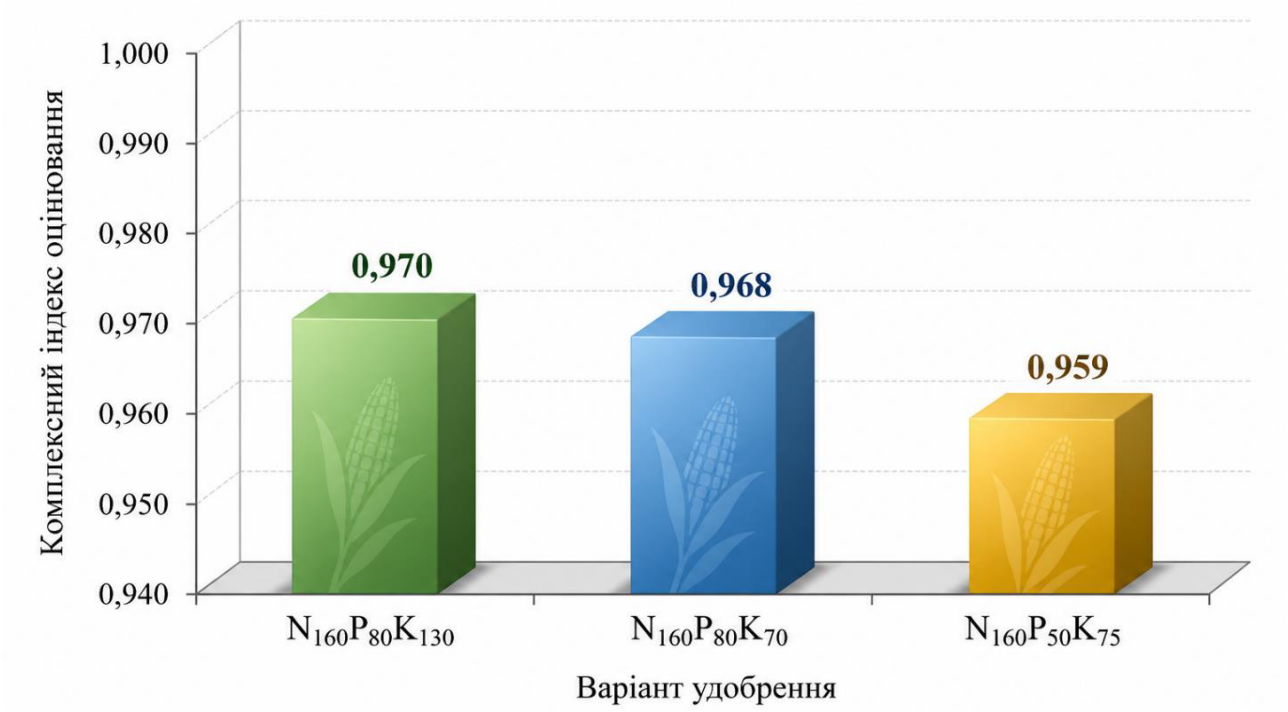


Рис. 4.1 Індекс комплексного оцінювання систем удобрення кукурудзи, 2025–2026 рр.

За даними табл. 4.19, найвищий умовно чистий прибуток забезпечував варіант $N_{160}P_{50}K_{75}$ – 25 592 грн/га. За $N_{160}P_{80}K_{70}$ він становив 24 585 грн/га, а за $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 23 266 грн/га.

За запропонованим рівноваговим комплексним індексом, розрахованим на основі приросту врожайності, умовно чистого прибутку і чистого енергетичного доходу, найвище значення встановлено для варіанта $N_{160}P_{80}K_{130}$, хоча перевага над $N_{160}P_{80}K_{70}$ була мінімальною. Отримані результати свідчать про доцільність комплексного оцінювання систем удобрення, оскільки варіант із найбільшим приростом урожайності не обов’язково забезпечує найкращий економічний результат.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що формування біометричних показників рослин кукурудзи визначалося рівнем мінерального живлення та погодними умовами вегетаційного періоду. Найбільшу висоту рослин у фазі ВВСН 51 забезпечувало внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 259–262 см, що перевищувало контроль на 19–26 см. Максимальну абсолютно суху масу однієї рослини – 290,0 г – сформовано за застосування $N_{160}P_{50}K_{75}$, що на 60,7 % перевищувало контроль.

2. Мінеральне удобрення позитивно впливало на формування елементів структури врожаю кукурудзи. Найбільшу масу зерна з одного качана отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 193,4 г у 2025 р. та 178,5 г у 2026 р. За інших удобрених варіантів цей показник становив 189,5–193,4 г у 2025 р. та 177,3–178,5 г у 2026 р., що свідчить про близьку ефективність досліджуваних систем удобрення.

3. Максимальну врожайність зерна кукурудзи – 15,80 т/га у середньому за 2025–2026 рр. – забезпечувало внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 4,42 т/га (38,8 %) перевищувало контроль. За застосування $N_{160}P_{80}K_{70}$ та $N_{160}P_{50}K_{75}$ урожайність становила відповідно 15,69 і 15,57 т/га. Індекс стабільності врожайності за внесення добрив підвищувався до 0,88–0,89 проти 0,83 на контролі.

4. Найвищий вміст білка в зерні кукурудзи – 10,15 % – встановлено за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$ та $N_{160}P_{50}K_{75}$, тоді як на контролі цей показник становив 6,90 %. Вміст крохмалю за удобрених варіантів змінювався в межах 70,85–70,95 %, жиру – 3,0–3,1 %. Максимальний збір білка з одиниці площі – 1,59 т/га – отримано за застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$, що на 98,8 % перевищувало контроль.

5. Найвищу окупність мінеральних добрив приростом урожаю зерна – 16,8 кг/кг діючої речовини – забезпечувало внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$. За застосування $N_{160}P_{80}K_{70}$ цей показник становив 15,6 кг/кг, а $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 13,3 кг/кг. Максимальний чистий енергетичний дохід – 54,8 ГДж/га – отримано за внесення $N_{160}P_{80}K_{130}$, тоді як найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності – 3,33 – встановлено за застосування $N_{160}P_{50}K_{75}$.

6. Максимальний умовно чистий прибуток за роки досліджень отримано за внесення $N_{160}P_{50}K_{75}$ – 25 592 грн/га, що перевищувало показники варіантів $N_{160}P_{80}K_{70}$ та $N_{160}P_{80}K_{130}$ відповідно на 1007 і 2326 грн/га. Найвищий індекс комплексного оцінювання систем удобрення встановлено за застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ – 0,970, тоді як за $N_{160}P_{80}K_{70}$ та $N_{160}P_{50}K_{75}$ він становив відповідно 0,968 і 0,959. Отже, застосування $N_{160}P_{80}K_{130}$ забезпечувало максимальну продуктивність кукурудзи, а $N_{160}P_{50}K_{75}$ – найвищу економічну віддачу від внесення мінеральних добрив.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах ФГ «Лютарське» Обухівського району Київської області для забезпечення високої врожайності та якості зерна кукурудзи рекомендується застосовувати мінеральні добрива в дозі $N_{160}P_{80}K_{130}$, що забезпечує врожайність на рівні 15,80 т/га. Для підвищення економічної ефективності вирощування кукурудзи та раціонального використання мінеральних добрив доцільно застосовувати $N_{160}P_{50}K_{75}$, що забезпечує врожайність 15,57 т/га та умовно чистий прибуток 25 592 грн/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Basso B., Cammarano, D., Carfagna, E. Review of Crop Yield Forecasting Methods and Early Warning Systems. In Proceedings of the First Meeting of the Scientific Advisory Committee of the Global Strategy to Improve Agricultural and Rural Statistics. Rome, 2013. P. 15–31.

2. Nilahyane A., Islam M. A., Mesbah A. O., Garcia A. Effect of Irrigation and Nitrogen Fertilization Strategies on Silage Corn Grown in Semi-Arid Conditions. *Agronomy.* 2018. № 8. P. 208.

3. Deb P., Shrestha S., Babel M. S. Forecasting Climate Change Impacts and Evaluation of Adaptation Options for Maize Cropping in the Hilly Terrain of Himalayas: Sikkim, India. *Theoretical and Applied Climatology*. 2015. Vol. 121. P. 649–667.

4. Дідур І. М., Богомаз С. О. Сучасний стан і перспективи вирощування кукурудзи в Україні. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № (29). С. 153–161.

5. Минкін М. В., Берднікова О. Г., Минкіна Г. О. Формування продуктивності кукурудзи на зерно залежно від живлення та густоти стояння вумовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 106. С. 103–109.

6. Маслак О. Переваги – за кукурудзою. *Пропозиція*. 2013. № 5(215). С. 32–34.

7. Simic M., Dragiˇcevic V., Mladenovic Drinic S. The Contribution of Soil Tillage and Nitrogen Rate to the Quality of Maize Grain. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. P. 976.

8. Šarčević-Todosijević L., Živanović L., Popović V. et al. Effects of quantity of nitrogen on maize yield. Book of Proceedings. Green Room Sessions. International GEA (Geo Eco-Eco Agro). Conference. 2018. P. 45–52.

9. Танчик С. П., Центило Л. В. Особливості удобрення кукурудзи за її вирощування на чорноземі типовому в Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2017. № 269. С. 74–83.

10. Çarpici E. B., Çelik N., Bayram G. Yield and quality of forage maize

as influenced by plant density and nitrogen rate. *Turkish Journal of Field Crops*. 2010. № 15(2). P. 128–132.

11. Milani N., McLaughlin M. J., Stacey S. P. et al. Dissolution kinetics of macronutrient fertilizers coated with manufactured zinc oxide nanoparticles. *J. Agric. Food Chem*. 2012. Vol. 25. P. 3991–3998.

12. Mostipan M. I., Vasylkovska K. V., Andriyenko O. O. Reznichenko V. P. Modern aspects of tilled crops productivity forecasting. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2017. № 53 (3). P. 35–40.

13. Кравець В. Живлення кукурудзи: оптимальний розрахунок. URL:https://www. growhow. in. ua/zhyvlennya-kukurudzy-optymalnyj-rozrahunok/ (дата звернення: 22.09.2022).

14. Rezaeian M., Rahimi Petroudib E., Mohsenic M., Hossein Haddadid M. Effects of row spacing, nitrogen and potassium fertilizer on yield of silage corn after wheat harvesting. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 2014. Vol 4. Is. 3. P. 358–361.

15. Кукурудза: технології, насінництво, економіка : монографія / за ред. академіка НААН Б. В. Дзюбецького. Київ : Аграрна наука, 2024. 244 с.

16. Türk M., Alagöz M. The effect of nitrogen fertilizer on the yield and quality in the sweet maize. Scientific Papers. Series A. *Agronomy*. 2018. Vol. LXI, № 1. P. 408–411.

17. Котельников Д. Ефективність способів обробітку ґрунту та живлення посівів кукурудзи на півдні України: автореф. на здобуття вченого ступеня канд. с.-г. н за спеціальністю: 06.01.02. «Землеробство» Херсон, 2015. 23 с.

18. Tanga et al. Performance of black soldier fly frass fertilizer on maize growth yield nutritional quality and economic returns. *Journal of Insects as Food and Feed*. 2021. P. 215–221.

19. Kierzek R., Dubas M., Matysiak K. Effect of biostimulator Aminoplant mixtures with terbuthylazine andbromoxynil (Zeagran 340 SE) on herbicidal effect and yield of maize. *Prog. Plant Prot*. 2015. Vol. 55(2). P. 164–169.

20. Endang S. D., Meitry T. Study of increasing NPK uptake on growth and

yield of cornwith a combination of inorganic compound fertilizers and various organic fertilizers'. *Jurnal AgroPet*. 2014. Vol. 11(1). P. 16–24.

21. Танчик С. П., Центило Л. В. Особливості удобрення кукурудзи за її вирощування на чорноземі типовому в Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2017. № 269. С. 74–83.

22. Лихочвор В. Система удобрення кукурудзи. Агрономія сьогодні. 2014. № 8 (279). 42.

23. Zuber S. M., Behnke G. D., Nafziger E. D., Villamil M. B. Carbon and Nitrogen Content of Soil Organic Matter and Microbial Biomass under Long-Term Crop Rotation and Tillage in Illinois, USA. Agriculture. 2018. Vol. 8, № 3. Article 37.

24. Волощук О. П. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від різних норм внесення мінеральних добрив у західному Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (I). С. 51–65.

25. Дудка М., Черчель В. Позакореневе підживлення кукурудзи: необхідність чи альтернатива. *Пропозиція*. 2017. № 5. С. 55.

26. Дудка М. І., Якунін О. П., Пустовий С. І. Агроекономічна ефективність вирощування зерна кукурудзи залежно від фону удобрення та позакореневого підживлення. Зернові культури. Т. 4. № 2. 2020. С. 313–318.

27. Рудавська Н. М., Глива В. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 64. С. 111–123

28. Fauziah L., Anggraeni L., Latifah E. Increased yield and quality of corn by inorganic fertilizers and utilization of corn as food to support food security. 2021. doi:10.1088/1755–1315/1253/1/012129

29. Господаренко Г. М. Система застосування добрив: навч. посібник. Київ: ТОВ СІК ГРУП Україна. 2015. 332 с.

30. Логінова І. Секрети кукурудзяного успіху Агроіндустрія. 2019. № 7. С. 22–32.

31. Khavkhun A. The impact of mineral fertilisers on the physicochemical

properties of soil in maize cultivation. *Plant and Soil Science*. 2024. Vol. 15(3). P. 44–53.

32. Сатановська І. П. Вплив обробки насіння та позакореневих підживлень на біометричні показники рослин кукурудзи. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 75. С. 62–67.

33. Лавриненко Ю. О., Гож О. А. Ріст і розвиток рослин гібридів кукурудзи ФАО 180–430 за впливу регуляторів росту і мікродобрив в умовах зрошення на Півдні України. *Збірник наукових праць «Зрошуване землеробство»*. 2016. No 65. С. 128–131.

34. Pusparini P. G., Yunus A., Harjok D. Dosage of NPK Fertilizer on Growthand Yield of Hybrid Corn. *J. Agroscience*. 2018. Vol. 20 (2). P. 28.

35. Мазур В. А., Циганська О. І., Шевченко Н. В. Висота рослин кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*. Рослинництво, сучасний стан та перспективи розвитку. 2018. № 8. С. 5–13.

36. Marchenko T. Yu. Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation. Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph. Lviv; Torun : Liha-Pres, 2019. P. 137–153.

37. Stasiv O., Olifir Y. Formation of Corn Productivity in Crop Rotation Dependingon Long-Term Fertilization and Liming. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech.* 2021. Vol. 358(57)1. P. 29–40.

38. Veremeenko S., Furmanets O., Vozniuk N., Oliinyk O. The effect of the application of liquid complex fertilizers and mixtures based on them on the productivity of corn in the conditions of the Western Polissia. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26(4). 97–107.

39. Wang W., Dong X., Lu Y. et al. Soil Water Balance and Water Use Efficiency of Rain-Fed Maize under a Cool Temperate Climate as Modeled by the AquaCrop. Paper Presented at the MATEC Web of Conferences. 2018. P. 47–51.

40. Адаптація агротехнологій до зміни клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти / за ред. С. А. Балюка, В. В. Медведєва, Б. С. Носка. Харків: Стильна

типографія. 2018. 364 с.

41. Азуркін В. О., Поліщук І. С., Мазур В. А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння для виробництва біоетанолу. *Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. Сер.: Сільськогосподарські науки*. 2011. Вип. 8 (48). С. 27–30.

42. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Урожай зерна кукурудзи залежно від норм і систем удобрення. Тези доп. Всеукр. н.-п. конф. «Проблеми збалансованого ведення землеробства в сучасних господарсько-економічних умовах». Рівне: О. Зень, 2016. С. 120–122.

43. Shkatula Y., Matsera O., Zabarna T. The application ofdifferent fertilizersystem for theformation of corn (zéa máys) hybridsgrain productivity. *Сільське господарство та лісівництво. Рослинництво, сучасний стан та перспективи розвитку*. № 27. 2022. С. 25–40.

44. Броннікова Л. Ф. Формування азотного поживного режиму ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно. Агрохімія та сучасні напрями застосування добрив і біолого-активних речовин. 2018. № 8. С. 53–61.

45. 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.

46. Вожегова Р. А., Бєлов Я. В. Удосконалення технології вирощування гібридів в умовах зрошення півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 2. С. 41–47.

47. Асанішвілі Н. М. Ефективність елементів технології вирощування кукурудзи в умовах північної частини Лісостепу. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН*. 2013. № 3–4. С. 68–74.

48. Якунін О. П., Храмцов Л. І., Трубілов О. В. Врожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від обробітку ґрунту і рівня мінерального живлення. *Таврійський науковий вісник*. 2013. № 84. С. 145–149.

49. Циков В. С. та ін. Ефективність застосування макро- і мікродобрив при вирощуванні кукурудзи. *Зернові культури*. 2017. № 1. Т. 1. С. 75–79.

50. Лень О., Марініч Л., Орловський О. Maize productivity depends on weather conditions and fertilizer systems. *SWorldJournal*, *2*(21–02). 2023. С. 22–29.

51. Саверин І. В., Качмар О. Й., Продуктивність кукурудзи за різних систем удобрення в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 73 (2) С. 91–109.

52. Гетман Н. Я. Формування врожаю кукурудзи залежно від густоти стояння рослин за мінерального фону живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 2 (33). С. 55–65.

53. Bal K. K., Chhatwal N. Evaluation of Integrated Nutrient Management on Soil Health, Maize Productivity and Grain Quality. Journal of Soil, Plant and Environment. 2022. Vol. 1, № 2. P. 44–60.

54. Lv Y.-J., Zhang X.-L., Gong L., Huang S.-B., Sun B.-L., Zheng J.-Y., Wang Y.-J., Wang L.-C. Long-term reduced and no tillage increase maize (Zea mays L.) grain yield and yield stability in Northeast China. European Journal of Agronomy. 2024. Vol. 158. Article 127217.

55. Szulc P., Bocianowski J., Kruczek A. et al. Response of Two Cultivar Types of Maize (*Zea mays* L.) Expressed in Protein Content and Its Yield to Varied Soil Resources of N and Mg and a Form of Nitrogen Fertilizer. *Pol. J. Environ. Stud*. 2013. Vol. 22, № 6. P. 1845–1853.

56. Rehman A., Farrukh M., Ehsan M. Grain quality, nutrient use efficiency, and bioeconomics of maize under different sowing methods and NPK levels. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2011.Vol. 71, No. 4. P. 586–593.

57. Shynkaruk L., Lykhochvor V. Influence of fertilization and foliar feeding on maize grain qualitative indicators. *Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11(4). P. 113–116.

58. Agapie A. L., Sala F. The variation of protein content in maize grains in relation to the fertilization level. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. Vol. 22. Issue 4, 2022. P. 31–38.

59. 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.

60. Якунін О. П., Храмцов Л. І., Трубілов О. В. Врожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від обробітку ґрунту і рівня мінерального живлення. *Таврійський науковий вісник*. 2013. № 84. С. 145–149.

61. Кузьо Н. Що варто знати про фосфор і фосфорні добрива? *Агрономія сьогодні*. 2020. № 5 (420). С. 52–53.

62. Jańczak-Pieniążek M., Buczek J., BobreckaJamro D. et al. Morphophysiology, productivity and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cv. Merlin in response to row spacing and seeding systems. *Agronomy*. 2021. № 11(2). 403.

63. Полупан М. І., Величко В. А. Українське агрономічне ґрунтознавство: підручник : у 2 ч. / за ред. М. І. Полупана. Київ : Аграрна наука, 2019. Ч. 2 : Класифікація ґрунтів. Ґрунтово-екологічне районування. 442 с.

64. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

65. МВВ 31-497058-019-2005 Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору, калію в одній наважці рослинного матеріалу. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків: КП «Друкарня № 13», 2005. С. 189–208.

66. ДСТУ EN ISO 12099:2022. Корми для тварин, зернові та подрібнені зернові продукти. Настанови щодо застосування ближньої інфрачервоної спектрометрії (EN ISO 12099:2017, IDT; ISO 12099:2017, IDT). [Чинний від 2023-12-31]. Київ, 2022. (Національний стандарт України).

67. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.

68. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.