

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет агротехнологій та природокористування
Кафедра агротехнологій та ґрунтознавства

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Троценко В.І.

«»2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПРИ
ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ
В УМОВАХ ТОВ «АВІС УКРАГРО ГРУПП»
за спеціальністю 201 «Агрономія»

Виконав

Барканов М.О.

Група

АГР 2301-1м

Науковий керівник

.....

Захарченко Е.А.

.....

Суми – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет агротехнологій та природокористування

Кафедра агротехнології та ґрунтознавства

Освітній ступінь - "Магістр"

Спеціальність – 201 "Агрономія"

“ЗАТВЕРДЖУЮ”:

Завідувач кафедри

_____ В.І. Троценко

" ____ " _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

Барканова Миколи Олександровича

1. Тема роботи **ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ТОВ «АВІС УКРАГРО ГРУПП»**

Затверджено наказом по університету від “ ____ ” 202__ р. № _____

2. Термін здачі студентом закінченої роботи на кафедрі _____.

3. Вихідні дані до роботи:

- *місце проведення досліджень: локація проведення досліду: широта 50.899780, 34.716146 с. Косівщина, «АВІС УКРАГРО ГРУПП»;*

- *методичне забезпечення: 1. Методичні рекомендації про підготовку і захист кваліфікаційної роботи ОС "Магістр" за спеціальністю 201"Агрономія".*

2. *Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. /В. Г. Дідора, О. Ф. Смаглій, Е.Р. Ермантраут [та ін.]. К.: «Центр учбової літератури», 2013. 264 с.*

3. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 316 с. 4. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, 2023.

- *схеми дослідю*: 1. Внесення повного мінерального добрива. 2. Внесення карбаміду у позакореневе підживлення. 3. Внесення з карбамідом унікумбаку 2 л на гектар. 3. Внесення з карбамідом спектруму 1,5 л на гектар. 4. Внесення на фоні карбаміду, спектруму та унікумбаку.

Кількість повторностей – 3. Розміщення варіантів та повторностей – систематичне.

4. Перелік завдань, які будуть виконуватися в роботі: вимірювання біометричних параметрів рослин, урожайність зерна; зробити економічне обґрунтування вирощування кукурудзи.

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Е.А. Захарченко

Завдання прийняла до виконання _____ М.О. Барканов

Дата отримання завдання « ____ » _____ 2023 р.

АНОТАЦІЯ

Барканов М.О.

Ефективність застосування мінеральних добрив при вирощуванні кукурудзи в умовах ТОВ «АВІС УКРАГРО ГРУПП»

Спеціальність 201 Агрономія, Ступінь вищої освіти Магістр

Заклад освіти **Сумський національний аграрний університет**

Суми, 2024 рік

У кваліфікаційній роботі розглянуто ефективність застосування у позакореневе живлення карбаміду на фоні повного мінерального добрива, його поєднання з унікубактом і спектрумом цинк+сірка.

Встановлено, що висота рослин значно залежала від внесення карбаміду. Найвищими рослини були на варіанті при використанні сумісно карбаміду, унікумбаку та Спектрум Zn на фоні повного мінерального добрива.

Маса 1000 зерен була в межах 219,2-225,5 г з максимальним показником при сумісному внесенні всіх добрив, що вивчалися.

Маса зерна в качані становила 236,2-312,2 см. Найбільший показник мав 4 варіант із сумісним застосуванням карбаміду, спектруму та унікумбаку.

Найвищу врожайність зерна отримано на 5 варіанті при використанні карбаміду, Унікумбаку та спектрум Zn – 11,27 т/га, причому умовний прибуток був на рівні 48952 грн.

З метою отримання найвищого врожаю зерна кукурудзи в умовах чорнозему типового Лівобережного Лісостепу України використовувати у позакореневе підживлення разом з Карбамідом Унікумбакт та Спектрум Zn у фазу 5-7 листків.

Ключові слова: врожайність, маса 1000 зерен, добрива, карбамід, цинк, бактеріальні добрива.

ABSTRACT

Barkanov M.O.

The effectiveness of the use of mineral fertilizers in the cultivation of corn in the conditions of "AVIS UKRAGRO GROUP" LLC

Specialty 201 **Agronomy**, Degree of higher education **Master**

Institute of Education: Sumy National Agrarian University

Sumy, 2023

In the qualification paper, the effectiveness of the use of urea in foliar nutrition on the background of complete mineral fertilizer, its combination with unicumbact and Spectrum Zn+S was considered.

It was established that the height of the plants depended significantly on the application of urea. The highest plants were on the option when urea, unicumbact and Spectrum Zn were used together on the background of complete mineral fertilizer.

The weight of 1,000 grains was within 219.2-225.5 g with the maximum value at the simultaneous application of all studied fertilizers.

The weight of the grain in the cob was 236.2-312.2 cm. The highest indicator was the 4 variant with the combined use of urea, spectrum and unicumbact.

The highest grain yield was obtained in the 5th option when using urea, Unicumbact and spectrum Zn - 11.27 t/ha, and the conditional profit was at the level of UAH 48,952.

In order to obtain the highest yield of corn grain in the conditions of chernozem typical of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine, use in foliar feeding together with Unicumbact Urea and Spectrum Zn in the 5-7 leaf phase.

Key words: yield, weight of 1000 grains, fertilizers, urea, zinc, bacterial fertilizers.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ	10
1.1. Значення добрив при вирощуванні кукурудзи	10
1.2. Вплив цинкмістких та бактеріальних добрив на ріст рослин кукурудзи	13
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1. Об'єкт та досліджень	24
2.2. Умови проведення досліджень	26
2.3. Методика проведення досліджень	28
РОЗДІЛ 3. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ	30
3.1. Біометричні параметри рослин	30
3.3. Урожайність та прибутковість вирощування кукурудзи	37
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	42
ДОДАТКИ	48

ВСТУП

Актуальність теми. Зміна клімату впливає на сільськогосподарські культури і численні дослідження показують негативний вплив зміни клімату на врожайність [33]. Сільськогосподарські господарства можуть пом'якшити несприятливі впливи на врожайність, адаптуючись до зміни клімату, змінюючи дати посіву, змінюючи сорти сільськогосподарських культур і змінюючи ресурси. Розуміння можливих запасів і масштабів адаптації є важливим, оскільки потенційно адаптивні можливості є важливими.

Кукурудза є однією з найбільш значущих культур в Україні. В технологіях вирощування значною мірою увага приділяється внесенню мінеральних добрив. Але потрібно зазначити, що значна частина добрив втрачається в навколишнє середовище через різні зовнішні фактори, такі як дощ і високі температури. Це змінює екосистему, спричиняє економічні втрати та значне забруднення навколишнього середовища. Політики повинні вивчити ефективні методи управління внесенням добрив у контексті зміни клімату, особливо в країнах, що розвиваються з обмеженими ресурсами.

Вивчення внесення різних доз добрив, різних форм добрив, як мінеральних, так і органічних, і тих, що містять корисну мікрофлору, є наразі вельми актуальним. Сумісне внесення мінеральних добрив разом з бактеріальними може стимулювати споживання поживних речовин з ґрунту рослиною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота проводилася згідно виданого завдання, що відповідає науково-дослідній роботі кафедри агротехнологій та ґрунтознавства за темою «Оцінка ефективності агротехнологічних заходів щодо оптимізації та екологізації основних ресурсів в органічному та інтенсивному землеробстві», керівник Захарченко Е.А.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження – оцінити ефективність застосування карбаміду з добривом Унікумбакт та Спектрум Zn при вирощуванні кукурудзи в умовах ТОВ «АВІС УКРАГРОГРУПП».

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

- Визначити біометричні параметри рослини;
- Проаналізувати структурні елементи врожаю кукурудзи;
- Надати пропозиції виробництву.

Об'єкт дослідження – біометричні параметри рослин кукурудзи.

Предмет дослідження – урожайність кукурудзи.

Методи досліджень. В роботі використані декілька методів. Насамперед роботи проводилися у полі – це польовий метод та експериментальний метод, але перед цим застосовувалися методи гіпотез. При аналізі структурних компонентів врожаю використано лабораторне обладнання, наприклад, для визначення ваги зерна, то це є лабораторний метод. Порівняти різні варіанти добрива дозволив порівняльно-аналітичний метод разом із статичним.

Науково-практичне значення одержаних результатів. Базу даних по урожайності в господарствах поповнили нові дані за впливу застосування бактеріального добрива, карбаміду та цинкмісткого добрива. Подальший розвиток вивчення проблематики удобрення в умовах Північно-Східного Лісостепу України дістав розвитку.

Апробація результатів роботи. Основні положення та результати роботи оприлюднені на міжнародній та всеукраїнській конференціях, у результаті яких були опубліковані дві тези.

Барканов М.О., Мусієнко С.С. Чи рентабельно вирощувати кукурудзу у воєнний час? VI Міжнародна студентська конференція Теоретичне та практичне застосування результатів сучасної науки м. Кременчук, Україна 22 березня 2024 року. С. 92-94. DOI 10.36074/liga-inter-22.03.2024

Барканов М.О. Які вимоги у аграріїв до гібридів кукурудзи у воєнний час? Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (14-16 травня 2024 р.). Суми, 2024. С. 5.

Структура та обсяг роботи. Дипломну роботу викладено на _____ сторінках, що складається зі вступу, трьох розділів, висновків та додатків.

Містить ____ рисунків та ____ таблиці. Список використаних джерел містить ____ джерел.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ

1.1. Значення добрив при вирощуванні кукурудзи

Органічні добрива, так і як гній та курячий послід, компости, сапрпель використовуються локально, навколо ферм, так як їх транспортування є значними затратами наразі. Добре, коли в агрохолдингу, великих господарствах є повністю замкнений цикл – тваринництво і рослинництво, органічна речовина ґрунту поступово поповнюється і родючість ґрунту стабілізується, не відбувається деградації хоч з цієї позиції [16].

Кукурудза є дуже поширеною споживчою культурою у всьому світі. Хоч у цієї рослини й мичкувата коренева система, але вона може глибоко проникати у пошуках води та поживних елементів [44]. І порівняно із іншими культурами, наприклад пшеницею, вона має вишу швидкість транспірації та фотосинтетичну активність [25]. У той час як це регулює втрату води через відкриття або закриття продихів, це збільшує використання світла для фотосинтезу та підвищує здатність синтезувати вуглеводи та швидкість росту [34]. Це робить кукурудзу більш стійкою до водного стресу в умовах посухи та здатною краще адаптуватися до поганих ґрунтових умов. У поєднанні з тривалою історією одомашнення кукурудзи та власними адаптаціями до навколишнього середовища кукурудза продемонструвала чудову адаптивність до навколишнього середовища [36]. Китай, світовий лідер у виробництві кукурудзи, зараз є другою за величиною країною з виробництва кукурудзи після вдосконалення технологій [31]. Кукурудза є не тільки харчовим продуктом, але й сировиною, яка використовується для розвитку промисловості, тваринництва та багатьох інших сфер. Таким чином, Китай також є другим за величиною світовим споживачем кукурудзи. Це призвело до швидкого зростання галузі кукурудзи, що викликає занепокоєння щодо впливу довгострокового вирощування кукурудзи на поживні речовини та вологість

грунту. Чи можна спостерігати непрямий вплив на врожайність? Чи є якісь позитивні наслідки від удобрення?

Внесення добрив є важливим штучним заходом, і підтримка високої врожайності та забезпечення глобальної продовольчої безпеки залежить від забезпечення сільськогосподарським культурам достатніх поживних речовин через удобрення. Сучасне сільськогосподарське виробництво може забезпечити до п'ятдесяти відсотків загального збільшення врожайності сільськогосподарських культур за допомогою використання добрив [37]. Внесення добрив гарантує, що кукурудза поглинає достатню кількість поживних речовин із ґрунту під час росту, щоб підтримувати зростання власної біомаси та зростання фотосинтетичних органів [22]. На даний момент більшість досліджень показали, що внесення азотних, фосфорних і калійних добрив значно впливає на родючість ґрунту. Можна ще більше покращити поживність ґрунту та вміст органічної речовини за допомогою поєднання хімічних і органічних добрив. Тим не менш, деякі дослідження показали, що удобрення ґрунту NPK, порівняно з відсутністю добрива, може зменшити наявність у ґрунті калію та фосфору.

Комбіноване внесення органічних добрив і хімічних добрив або лише хімічних добрив зменшило загальний вміст азоту в ґрунті. Крім того, внесення добрив може змінити хімічні властивості ґрунту та вплинути на вологість ґрунту. Під час 3-річного польового експерименту Ван та ін. виявили, що накопичення води в ґрунті в шарі 0–120 см було нижчим у неудобреному ґрунті порівняно з удобреним; однак Zhang et al. виявили [43], що здатність до зберігання води в ґрунті в шарі 0–200 см поступово зменшується зі збільшенням внесення добрив, і це явище було особливо очевидним у глибокому ґрунті. Вчені вважали, що тривале застосування неорганічних добрив поступово перенесе проблему втрати води з поверхні ґрунту на більш глибокий ґрунт. Доведено, що тривале внесення органічних добрив значно збільшило накопичення води в ґрунті, і швидкість збільшення позитивно корелювала з кількістю та часом внесення. Zhang et al. виявили [43], що

поєднання органічних добрив з неорганічними зменшує випаровування та збільшує вміст води в ґрунті. З іншого боку, деякі дослідження показали, що покращення врожайності кукурудзи відрізнялося залежно від регіону. Наприклад, довгострокові випробування показали, що в посушливому регіоні Лесового плато Північно-Західного Китаю застосування лише азотних добрив підвищувало врожайність кукурудзи на 10–40% порівняно з контролем; а додавання органічних добрив підвищувало врожайність кукурудзи в один - три рази. На Північно-Китайській рівнині поєднання органічних добрив і хімічних добрив збільшило врожайність кукурудзи приблизно в шість разів порівняно з відсутністю обробки.

Хімічні добрива можуть бути температурозалежними. Було багато розмов про вплив температури на використання добрив, але не було досягнуто консенсусу. По-перше, дихання та цикл органічних речовин у ґрунті прискорюються з підвищенням температури ґрунту. Таким чином, потрібно більше добрив, щоб зберегти родючість ґрунту. По-друге, високий температурний стрес може пом'якшити гальмівний ефект на накопичення сухої речовини в рослинах і запобігти спалюванню рослин. Згубні наслідки теплового стресу можуть включати денітрифікацію, поглинання азоту та потік оксиду азоту. По-третє, на внесення добрив впливає зміна сезону вегетації [13]. Зміни клімату сповільнюють процеси посіву та дозрівання кукурудзи.

Відповідна норма внесення добрив може змінюватися залежно від періоду вегетації. Крім того, зміна внесення добрив повинна бути економічно вигідною для фермерів. Якщо має місце або прогнозується незвичайна погода під час внесення азотних добрив, то негайна реакція фермера, ймовірно, збільшити кількість азоту, щоб компенсувати можливі втрати продукції через несприятливу погоду, або зменшити кількість азотних добрив, щоб зменшити втрати. Загалом вплив зміни температури на використання добрив є складним і вимагає ретельного вивчення.

Виробництво кукурудзи перевищує один мільярд тонн на рік, і це найпоширеніша зернова культура у всьому світі. На кукурудзу та пшеницу

припадає приблизно тридцять відсотків усіх синтетичних азотних добрив, що використовуються в рослинництві по всьому світу [27]. Погані практики управління добривами часто призводять до низької ефективності використання азоту та очевидного відновлення добрив. Прикладами таких проблем є неадекватні норми внесення з неправильним співвідношенням поживних елементів, або надмірно високі норми на погано дренованих ґрунтах. Надмірне використання добрив та інших органічних і неорганічних змінних має негативний вплив на світову якість води та ґрунту [42]. З цієї причини надмірне використання азотних добрив спричинило численні екологічні проблеми, такі як евтрофікація води, підкислення ґрунту та зниження біорізноманіття через збільшення рівня втрат азоту.

Виробництво рослинництва має збільшитися на сімдесят відсотків до 2050 року, щоб забезпечити прогнозовані потреби в продуктах харчування [23]. Щоб вирішити цю важливу проблему, необхідні спільні та координовані зусилля щодо збереження природних ресурсів, одночасно збільшуючи сільськогосподарські практики. Мета полягає в збільшенні врожайності без негативного впливу на навколишнє середовище [3]. Стале та стратегічне управління ресурсами є необхідним для вирішення цієї важливої проблеми. Для того, щоб максимізувати врожайність зерна, необхідно застосовувати передові агротехнології, які оптимізують використання землі, води та поживних речовин. Можна задовольнити зростаючий попит на продовольство в усьому світі та запобігти потенційній продовольчій безпеці в наступні десятиліття, покращуючи фізіологічні процеси та продуктивність рослин за допомогою розумних ресурсів розподілу.

1.2. Вплив цинкмістких та бактеріальних добрив на ріст рослин кукурудзи

Доведено, що бактерії, що стимулюють ріст рослин, що мають багато корисних властивостей, володіють потенціалом для покращення різноманітних компонентів рослинництва. У багатьох дослідженнях показано, що

мікробіологічні препарати, що містять *Bacillus subtilis* та *Azospirillum brasilense*, можуть покращити ефективність використання поживних речовин з добрив і ґрунту, в цілому, ріст рослин, що може призвести до більшої врожайності зернових культур. Крім того, дослідження показали, що азоспіріллум збільшує виробництво різних фітогормонів, наприклад, гіберелінів, цитокінінів у рослинах [24].

Таким штам мікроорганізмів як *Bacillus subtilis* сприяє росту рослин за допомогою регуляції гормонів рослин, стимуляції системної резистентності, індукованої рослинами, антагонізму патогенів і розвитку мікробіому рослин. Інокуляція цим штамом може запобігати захворюванню рослин шляхом зменшення втрат азоту через випаровування аміаку, стоку та вимивання, а також підвищення ефективності використання поживних речовин з добрив. Наразі адитивна гіпотеза є найкращим способом пояснити, як азоспіріллум та бацилус стимулюють ріст рослин. Згідно з цією теорією, опосередковані бактеріями численні механізми стимулювання росту рослин підвищують загальний ріст і продуктивність рослин, коли вони працюють разом або послідовно. Тим не менш, більшість досліджень з регуляторами росту з речовинами мікробіологічного характеру зосереджено на окремих ефектах деяких бактерій, а не на перевагах мікробних консорціумів. Крім того, дослідження, що оцінюють механічний вплив таких препаратів – добрив на фізіологічні та біохімічні параметри, пов'язані з харчовими та біометричними аналізами, які мають на меті пояснити зміни в рівні ефективності споживання поживних речовин з добрив та ґрунту.

Висновки досліджень Galindo et al. [23] показали, що збільшення рівня ефективності добрив, підвищення накопичення азоту, індекс хлорофілу листя, пагони та коренева поросль, а також підвищення врожайності зерна кукурудзи були важливими результатами комбінації впливу мікробних штамів і достатніх норм внесення азоту. Інтеграція інокуляції та достатніх норм азоту збільшує поглинання та асиміляцію діоксиду вуглецю, транспірацію та ефективність використання води, одночасно знижуючи окислювальний стрес. Результати

показали, що при збільшенні врожайності кукурудзи на п'ять відсотків оптимальна норма внесення азоту може бути зменшена з двохсот сорока до сто сімдесят п'ять кг азоту на гектар. Крім того, висновки вчених показують, що заміна двісті сорок кілограм азоту на гектар на сто сімдесят п'ять кілограм з мікробними консорціумами зменшить викиди діоксиду вуглецю на майже шість сотень кілограм. Надмірне застосування, особливо за наявності корисних бактерій, може порушити баланс азоту у рослині, змінити рівень бактерій і ґрунту та, у кінцевому підсумку, вплинути на ріст і врожайність рослин. Таким чином, підкреслюємо наскільки важливо ефективне управління азотом для максимізації переваг інокуляції в сільському господарстві та для запобігання втратам азоту з сільськогосподарських полів.

Kumar та ін. [26] проводили польове дослідження на фермі відділу агрономії в Індії і вивчали вплив сірки та цинку на ріст і врожайність кукурудзи. В їх схему досліду входили три рівні внесення сірки 15-30-45 і три рівня внесення цинку 10-20-30. Вчені встановили, що внесення найбільшої кількості сірки разом з найбільшою кількістю цинку надало найвищу висоту рослин, підвищило значно масу сушу, навіть кількість качанів на рослину і, відповідно, урожайність з качанів. Максимальний прибуток також отримано на цьому варіанті. Із застосуванням сірки та цинку морфологічні характеристики покращилися, що можна пояснити більш сильною роллю цинку в поділі клітин, розширенні та збільшенні клітин, що зрештою призводить до покращеного вегетативного росту. Вплив взаємодії між сіркою та цинком було виявлено значним щодо виходу зеленої та сухої речовини.

Nik-Khah et al. [32] стверджують, що поки що невідомо, як мікроелементи можуть впливати на ріст кукурудзи і виробництво врожаю на вапняних ґрунтах посушливих і напівпосушливих районів. Було перевірено одиничний і взаємодіючий вплив заліза, цинку і марганцю на ріст кукурудзи та виробництво врожаю на вапняних ґрунтах Кашана, провінція Ісфахан, Іран. Обробка саме залізом і цинком мала найбільший вплив на різні параметри кукурудзи, включаючи висоту рослини, довжину качана, кількість зерен у рядку, вагу

качана та врожайність зерна. Обробки залізом були найефективнішими, значно підвищивши врожайність кукурудзи та компоненти врожаю, за ними йшли обробки з цинком та манганом, що може бути пов'язано з високим дефіцитом заліза у вапняних ґрунтах.

Рання сівба робить кукурудзу більш сприйнятливою до холодних і дощових погодних умов, що може призвести до уповільнення росту культури, що означає, що позитивний ефект від цієї практики буде меншим. На першій стадії росту холод та дощі можуть зробити такі наслідки як спалах ураження шкідниками і розвиток бур'янів, що є більш небезпечними, особливо в кліматичних зонах з помірним кліматом. Крім того, несприятливі погодні умови на початку розвитку можуть підвищити ризик виникнення стресових ситуацій із випаданням, задухи коренів і кореневої гнилі. Крім того, низькі температури ґрунту перешкоджають кореневій системі поглинати фосфор, азот та інші макро- та мікроелементи, навіть у ґрунтах, багатих поживними речовинами. Це негативно впливає на ранній розвиток культур [18]. Низькі температури в ґрунті, окрім впливу на макроелементи, можуть впливати на поглинання мікроелементів, таких як цинк, і це може бути ще одним фактором, який може обмежувати ріст. На відміну від інших культур, кукурудза більше страждає від дефіциту цинку. Цинк є компонентом багатьох ферментів і виконує багато функцій рослин. Він впливає на багато процесів, включаючи фотосинтез і активність фітогормонів, утворення пилку, виробництво насіння, вуглеводний обмін, синтез білка, проникність мембран і передачу сигналу, а також на фізіологію та приживлення рослин.

Було виявлено, що половина ґрунтів (ріллі) у світі має низький рівень доступності цинку для рослин, особливо в ґрунтах, де використання тваринного гною не є поширеним. Цинк поглинається в основному з ґрунту у вигляді двовалентних катіонів, але структура ґрунту та його властивості, такі як рН, електропровідність, органічні речовини, карбонат кальцію і взаємодія поживних речовин (здебільшого через фосфорні добрива), можуть негативно вплинути на доступність цинку [18]. Слід підкреслити, що більш легкі піщані

грунти з низькою ємністю катіонного обміну мають нижчу поглинальну здатність. На концентрацію цинку у ґрунті також впливає вміст природній фосфор і штучний, який вноситься з добривами: висока норма або тривале використання фосфорних добрив може пригнічувати рухливість цинку, тим самим зменшуючи його поглинання рослинами. Також є повідомлення, що підживлення азотом покращує живлення культур цинком шляхом збільшення концентрації цинку та його поглинання. Однак, хоча повідомлялося про негативну взаємодію між доступністю фосфору та цинком, все ще бракує інформації про вплив стартового внесення азотно-фосфорних добрив у смуги, у ґрунти з різним вмістом фосфору, а також про ефективність постачання цинку у сприянні початкового розвитку культури. У літературі дослідження ролі добрив цинку переважно зосереджувалися на їхніх перевагах щодо врожайності зерна в районах вирощування з високим дефіцитом цинку в ґрунті або біозбагачення зерна злаків на вміст цього мікроелемента. Таким чином, не вистачає інформації про те, як різні методи удобрення цинком (насі́нневі, ґрунтові або позакореневі) впливають на ранній розвиток кукурудзи в польових умовах. Немає також прямого порівняння з відомою стратегією, такою як підживлення азотно-фосфорними стартовими добривами смугами при сівбі.

Лука Капо з колегами з Італії довели [18], що ранній посів кукурудзи в районах помірного клімату сприяє підвищенню врожайності та якості, хоча низька температура ґрунту може вплинути на раннє засвоєння поживних речовин і затримати розвиток рослин. Поглинання азоту і фосфору може бути обмежено, а також й цинку. Крім того, застосування азоту і фосфору на ранніх стадіях росту може призвести до посилення росту кукурудзи. Ефект застосування цинку порівнювали в обох експериментах із внесенням стартерних добрив азот-фосфор у смуги під час сівби відповідно до повного факторного плану. Добри́во з цинком значно підвищило ранню силу та врожайність кукурудзи, хоча ефекти були менш вираженими, ніж ефекти азотно-фосфорного добрива. Серед стратегій внесення цинкових добрив рі́ст кукурудзи був швидшим під час застосування насіння та ґрунту, ніж під час

позакореневого внесення чи необробленого контролю. Перше внесення суттєво збільшило висоту рослин при витягуванні стебла до тридцяти відсотків, скоротило період посіву-цвітіння на один день та збільшило врожайність зерна на чотири відсотки. Загалом застосування стартового добрива азот-фосфор скоротило період посадки-цвітіння на чотири з половиною дні та підвищило врожайність на десять відсотків порівняно з неудобреним контролем. У другому досліді виявлено вищі показники виживання рослин на всіх ґрунтах за внесення азотно-фосфорного стартового добрив – до двадцяти п’яти відсотків, та за обробки насіння цинком – від трьох до дев’яти відсотків, ніж у контролі. Внесення стартових добрив знизило вологість зерна під час збирання більше, ніж на два відсотки і збільшило врожайність зерна на чотирнадцять відсотків, тоді як обробка цинком значно збільшила вагу зерна, але не вплинула на врожайність зерна чи вміст вологи. Взаємодія між внесенням азоту, фосфору та обробкою цинком не була значною. Таким чином, позитивний вплив цинку на швидке проростання насіння був додатковою користю до ефекту, отриманого за допомогою стартового добрива. Дослідження продемонструвало, що застосування цинку під час посіву, як з протруюванням насіння, так і з обробкою ґрунту, значно посилило ранній ріст різних гібридів кукурудзи в різні періоди вегетації та ґрунти, хоча використання стартового добрива з азотом і фосфором призвело до більш узгоджених агрономічних переваг. Крім того, поєднання азотно-фосфорних та цинкових стартових добрив призвело до додаткової переваги для всіх розглянутих виробничих ситуацій.

Melo et al. [30] вказує, що карбоангідраза — надзвичайно важливий металофермент у метаболізмі рослин, тварин і мікроорганізмів, бере участь у фотосинтезі, метаболізмі вуглеводів, білків і ліпідів, має в структурі активного центру цинк. Цинк є мікроелементом, а також важким металом, який може бути корисним або токсичним для рослин залежно від кількості, яку він поглинає. Мело з колегами досліджували активність карбоангідрази в рослинах кукурудзи, вирощених у поживному розчині з різними концентраціями цинку. Рослини вирощували в теплиці в промитому піску, що містився в лізіметрах,

які отримували поживний розчин без цинку та із додаванням різних доз у вигляді сульфату цинку водного, концентрації від 5 до 80 мг на кілограм субстрату і контроль – без внесення цинку. Вчені довели, що активність карбоангідази суттєво зростала із збільшенням дози цинку, причому найбільша активність при концентрації в десять міліграм на кілограм субстрату. Концентрація цинку в рослині істотно зростала в кореневій і надземній частині, досягаючи максимального сумарного значення (корінь + пагін) при найбільшій дозі цинку, внесеної в субстрат. Найнижчий приріст сухої маси рослиною кукурудзи спостерігалось при найвищій дозі цинку – у вісімдесяти міліграм на кілограм субстрату як відповідь на можливу фітотоксичність, і не було істотної різниці між іншими обробками, що вказує на те, що цинк присутній у насінні було достатньо для початкової фази розвитку кукурудзи. Активність карбоангідази істотно не корелювала з цинком, накопиченим в рослині, і з виробництвом сухої маси.

Xin et al. [38] також зазначають, що в бідних ґрунтах у всьому світі переважає дефіцит мікроелементів, зокрема цинку, бору, заліза, марганцю, міді та молібдену. У Китаї та Індії не вистачає найбільшої кількості мікроелементів, дефіцит цинку у ґрунті Китаю становить близько п'ятдесяти відсотків. Основні причини ґрунтів з дефіцитом цинку на півночі Китаю полягають, головним чином, у вапняних ґрунтах, оскільки наявний у ґрунті цинк негативно корелює з реакцією ґрунтового середовища. При рівнях рН від шести до семи хімічна розчинність цинку знижується до однієї тридцятої від початкової, оскільки цинк випадає в осад у вигляді карбонату цинку. Крім того, інтенсивне землеробство потребує величезної кількості цинку, і мало хто з фермерів звертає увагу на його забезпечення, що призводить до дефіциту цинку у ґрунті. У Північному Китаї застосування сульфату цинку підвищило середню врожайність кукурудзи на чотирнадцять відсотків. Тим не менш, деякі фермери вважали, що підвищення врожайності після внесення цинкових добрив у кукурудзу не завжди було задовільним, що в основному залежало від того, чи була кукурудза чутлива до дефіциту цинку. Існують суттєві відмінності в

чутливості різних генотипів однієї культури до дефіциту цинку, які можна розділити на типи, чутливі до дефіциту цинку, і типи, нечутливі до дефіциту цинку. Зазвичай сорти з великою площею поглинання коренів і високою здатністю до поглинання цинку є ефективними сортами. Рівень ефективності використання цинку в рослинах залежить не тільки від необхідної кількості цинку, але головним чином від ефективності розподілу його у частинах підприємства з найбільшим попитом. Було ідентифіковано деякі гени, відповідальні за поглинання та транспортування цинку через мембрани, які утворюють складну мережу для регулювання поглинання, транслокації та перерозподілу цинку. Окрім генотипів, застосування цинку може впливати на поглинання та використання інших елементів, і повідомлялося про взаємодію цинку з азотом, фосфором та калієм у багатьох культурах.

Два польові експерименти на Сільськогосподарській дослідницькій станції Саха в Кафр-ель-Шейху, Єгипет були проведені вченими [15]. Основною метою досліджень було оптимізувати ростові характеристики та врожайність гібриду кукурудзи шляхом внесення норм азотних добрив та позакореневого підживлення. Експеримент проводився за моделлю розділеної ділянки з чотирма повторами. Результати показали, що в усі сезони виробництво зерна, відсоток білка, параметри росту та характеристики врожайності значно перевершували інші досліджувані рівні (вісімдесят та сто кілограм), коли азотні добрива вносили з дозою сто двадцять кілограм. У кукурудзі позакореневе внесення комбінації залізо-цинк-манган дало найвищі значення для відсотка білка в зерні та параметрів росту в обидва сезони. Проте в обидва сезони максимальні значення врожайності та її складових були отримані за позакореневого підживлення Амінокомплект. Загалом, на основі результатів, отриманих у результаті дослідження, це призвело до зменшення витрат на внесення азотних добрив при отриманні того самого значення врожайності/середніх витрат, й можна зробити висновок, що для максимізації росту та продуктивності кукурудзи це є досить ефективним в районі Північної дельти Єгипту.

Американські вчені говорять, що фермери Арканзасу мають перевагу над іншими штатами, тому що більшість гектарів зрошується [29]. Поточне виробництво і практика зрошення мінералізованими ґрунтовими водами підвищує реакцію ґрунтового середовища більше шести і таким чином обмежується доступність цинку для рослин. Були оцінені наступні варіанти із застосуванням сульфату цинку як без нього (контроль), внесення гранульованого сульфату цинку, внесення рідкого хелатованого добрива з цинком. Хелатована форма вносилися позакореневе, а гранулят при сівбі. Доведено було, що обробка цинкмісткими добривами не мала значного впливу на врожайність зерна, але на контрольній ділянці рослини дали чисельно нижчу врожайність, ніж інші обробки.

Попередні результати показують, що слід застосовувати гранульовані добрива для забезпечення рослин достатньою кількістю цинку і потрібно контролювати рівень цинку у ґрунті. Позакореневе внесення хелатований цинк допоможе прибрати дефіцит у рослин кукурудзи, але не матиме жодного впливу на сам ґрунт, порівняно з гранульованим сульфатом цинку, що вноситься у рекомендованих нормах.

Daryoush-Karimi [19] також за результатами дослідження встановив, що обприскування залізом і цинком істотно підвищувало врожайність зерна, хлорофільний індекс, концентрацію заліза і цинку. Крім того, посуховий стрес і суперабсорбент значною мірою впливали на врожайність зерна.

Взаємодія стресу від посухи та суперабсорбуючих елементів мала значний вплив на концентрацію цинку та заліза. Використання двісті кілограм суперабсорбуючого полімеру та внесення заліза та цинку при сорока відсотковому зрошенні після появи сходів може покращити врожайність зерна та біохімічні характеристики кукурудзи.

Нанотехнології стали однією з найбільш швидко прогресуючих технологій у світі. Це прогрес призвів до виробництва наноматеріалів різноманітних розмірів і конфігурацій, які знаходять застосування в різних областях, включаючи сільське господарство, медицину, екологію та

виробництво їжі. Дослідження показують, що зменшення розміру наноматеріалів збільшує співвідношення поверхні до маси частинок, що призводить до збільшення поглинання елементарних іонів. Отже, застосування нанодобрив сприяє збалансованому живленню культур протягом усього циклу росту, тим самим підвищуючи продуктивність сільського господарства. Понад дев'яносто відсотків агрохімікатів потрапляють у навколишнє середовище непрямым шляхом неконтрольованого способу застосування. Тому активізується використання нанодобрив, які відіграватимуть важливу роль у зменшенні забруднення навколишнього середовища і, таким чином, у зниженні ризиків для людини здоров'я.

Недостатня кількість цинку в ґрунті може призвести до зниження врожайності та якості зерна на дванадцять-п'ятнадцять відсотків [17]. Тому забезпечення доступності цинку має вирішальне значення для підвищення врожайності та покращення якості насіння. Наночастинки оксиду цинку виділяються серед оксидів металів своєю помітною здатністю посилювати певні особливості росту та врожайності кукурудзи. Визнано безпечним Департаментом харчових продуктів і медикаментів США застосування оксиду цинку. Нанодобрива, зокрема наноцинкові, мають високу площу поверхні, здатність до поглинання та контрольовану кінетику вивільнення на дослідних ділянках. Такі добрива є перспективними для сприяння росту врожаю та сприяння більш ефективно й економічно вигідно виробляти харчові продукти.

Цинк є важливим мікроелементом, який бере участь у багатьох метаболізмах рослин. Застосування цинку в ґрунт є ефективною стратегією підвищення продуктивності та концентрації цинку в зерні кукурудзи, але вплив цинкових добрив на поглинання поживних речовин і біозбагачення все ще потребує додаткових досліджень. У дослідженні Saad Elsayed [35] було проведено експеримент на ділянці, щоб оцінити вплив оптимальних доз цинкових добрив (контроль, п'ять, сім та одинадцять кілограм на гектар) на поглинання поживних речовин і біозбагачення цинком посівами кукурудзи. Було виявлено, що застосування цинку значно збільшує швидкість транспірації;

швидкість фотосинтезу, концентрацію цинку та фосфору у сходах кукурудзи, а також урожай зерна кукурудзи. Концентрація фосфору, магнію та фітинової кислоти у зерні також була збільшена при застосуванні цинку в одинадцять кілограм.

Щоб перевірити вплив позакореневого внесення елементів калію та цинку на врожайність зерна та концентрацію поживних речовин у насінні кукурудзи за умов дефіциту води, експеримент було проведено у формі повністю рандомізованого блоку на станції сільськогосподарських досліджень Ахвас [20]. Найвищі показники врожайності отримано при оптимальному зрошенні з двома етапами позакореневого підживлення калієм і цинком. Найвищі концентрації калію, цинку і протеїну накопичувалися в насінні, коли зрошення було припинено на стадії китиці разом із двома етапами позакореневого внесення калію та цинку. Фосфор при двох етапах позакореневого підживлення цинком значно збільшився.

Антагоністична взаємодія між фосфором і цинком у рослинах добре встановлена. Однак молекулярні механізми, що опосередковують цю взаємодію під впливом симбіозу арбускулярної мікоризи залишаються неясними. Yu et al. [39] досліджував концентрацію цинку, симбіоз кореня та профілі транскриптомів коренів кукурудзи, вирощених у польових умовах на різних рівнях фосфорного забезпечення. Підтверджено залежність від генотипу поглинання фосфору та цинку у вибраних генотипах із популяцією арбускулярної мікоризи. Підвищені рівні фосфорк призвели до значного зниження концентрації цинку в кукурудзі в популяції, що корелювало із помітним зниженням симбіозу мікоризи, таким чином з'ясовуючи антагонізм фосфор-цинк. Підтверджено, що антагоністичне поглинання фосфор-цинк залежить від симбіозу арбускулярної мікоризи. Крім того, виявлено, що високий фосфор пригнічує експресію грибкових генів, викликавши вплив на поглинання цинку гіфами. Тобто, високий рівень фосфору призводить до системної регуляції поглинання цинку, опосередкованого коренями та гіфами

арбускулярної мікоризи, у кукурудзі. Ці висновки мають значення для виведення стійких до дефіциту цинку сортів кукурудзи.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкт та предмет досліджень

Об'єкт дослідження – біометричні параметри рослин кукурудзи.

Предмет дослідження – урожайність кукурудзи.

У досліді використовували гібрид DKS 3972, опис якого представлено на рисунку 2.1.

У досліді використовувався гібрид кукурудзи ДКС - 3972 Monsanto (FAO - 300), Виробник - DEKALB® (Monsanto). Країна виробництва - Румунія, Угорщина



Потенційна урожайність: 141 - 148 ц/га
Особливості: підвищена посухостійкість

Високоврожайний гібрид кукурудзи з гарною стійкістю до стресових умов. Прекрасно адаптується до зовнішніх ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Характеризується стійкістю до низьких та високих температур. Має швидку вологовіддачу при дозріванні. Висока толерантність до найпоширеніших захворювань кукурудзи. Рекомендовані зони для вирощування - Полісся, Лісостеп України.

СТЕБЛО, ЛИСТЯ І КОРІНЬ

Висота - 220-250 см.
Ремонтантного типу
Потужне стебло
Потужна коренева система

КАЧАН

Висота кріплення – 100-110 см
Кількість рядів у качані - 14-18
Кількість зерен у ряду –38-44
Кількість зерен в качані – 610-710

ЗЕРНО

Зерно зубовидного типу
Маса 1000 зерен – 300-350 г

Стійкість

Початкова енергія росту: 8.0
Холодостійкість: 9.0

Рис. 2.1. Опис гібриду, що застосовувався у досліді

Добриво Унікумбакт, за словами виробника [Унікумбакт]:

- Збільшує генетичний потенціал культури;
- Володіє фунгіцидно-бактерицидними властивостями;
- Буде допомагати підвищувати імунітет у стресових умовах;
- Стримуватиме надходження важких металів, радіонуклідів і канцерогенів у рослину;
- Завдяки вмісту речовин, які приваблюють комах, сприятиме прискоренню процесу запилення рослин.

- Збільшуватиме врожайність за рахунок збільшення маси зерна і в цілому рослин, одночасно скорочуючи період повного дозрівання;
- Покращуватиме збереженість врожаю, його якість.

Ми використали біоорганічне добриво «UnicumBact universal», виробник (Сумський район, с. Будилка, ТОВ «Агро-Світ») рекомендує по кукурудзі використовувати у фазу 3-4 листків і 5-7 листків по 2-2,5 л на гектар (рис. 2.2).



Склад:

Елемент	Масова частка, г/л
Азот	N до 20
Фосфор	P ₂ O ₅ до 18
Калій	K ₂ O до 6
Гумінові кислоти	до 55
Фульвокислоти	до 30
Густина	1,1
pH	8,5

- Повний набір гумінових і фульвокислот;
- Макро і мікроелементи в легкозасвоюваній формі;
- Вітаміни та ферменти;
- Унікальна жива бактеріальна мікрофлора, яка розкриває генетичний потенціал рослини на 100%

Рис. 2.2. Коротка характеристика Унікумбакт

Також було використано Спектрум Цинк з сіркою, опис наведений у рисунку 2.3.



Спектрум Цинк + Сірка (Zn + S) - високоефективне комплексне мікродобриво з високим вмістом цинку та сірки з гуміновими кислотами для позакореневого підживлення кукурудзи.

Склад препарату: Zn 14% + S 17,2% + Гумінові кислоти 0,016%.

Виробник: Спектр-агро, ТОВ Хедленд Агрокемікалз Лтд.

Тара: Пластикові каністри 20 л.

Мінімальна кількість для замовлення — 1 каністра (20 літрів).

Переваги застосування:

- Спеціально розроблена суміш цинку та сірки в комплексі з Лігно-гуміновими кислотами й ад'ювантом для поліпшення сумісності під час приготування робочого розчину.
- Використання продукту підвищує поглинання та транслокацію іонів металів рослиною.

Рис. 2.3. Характеристика добрива Спектрум цинк+сірка

2.2. Умови проведення досліджень

На полі основним типом ґрунту є чорнозем типовий слабовилужений потужний легкосуглинковий на лесоподібному суглинку. Ґрунт є дуже добрим для оптимального проростання насіння та в цілому для розвитку рослини і отримання високих врожаїв за виконання вчасно всіх запланованих операцій згідно технологічної карти.

Так як поле розташовано близько Косівщинської птахофабрики, яка теж відноситься до Авіс груп, то на полі вносилися і органічні добрива (послід) восени.

Параметри родючості ґрунту наступні:

- % фізичної глини - 34%;
- Реакція ґрунтового середовища (рНвод.) – 6,5;
- Вміст легкогідролізованого азоту – 110 мг на 100 г ґрунту;
- Вміст рухомого фосфору – 100 мг на 100 г ґрунту;
- Вміст обмінного калію – 120 мг на 100 г ґрунту.
- Вміст органічної речовини – 5 %.

Господарство періодично відправляє зразки ґрунту на аналіз для того, щоб потім раціональніше спланувати внесення мінеральних добрив і для того, щоб розуміти стан поля, щоб не було перекосів в бік того чи іншого елемента. Періодично вноситься курячий послід на поля.

Локація поля, де проводилися спостереження, наступна: широта 50.899780, довгота 34.716146 (рис. 2.4). Бачимо, що поле практично поруч із птахофабрикою і, в принципі, достатньо близько до міста Суми. Тому логістика і доступність до поля тут одна з найкращих в «Авісі».



Рис. 2.2. Розміщення поля в просторі

Погодні умови вегетаційного сезону 2023 року були дещо складними і характеризувалися нерівномірним надходженням атмосферних опадів (рис. 2.5). Що стосується температури, то вона була близька до середньобагаторічної, з незначним відхиленням в 4-му місяці, було перевищення на один градус. Але це добре, ґрунт прогрівався до сівби насіння.

В цілому за 2023 рік випало 737,6 мм, середньобагаторічний показник при цьому 682 мм, тобто перевищення склало 55,6 мм. Як видно з діаграми, найбільш вологими місяцями за вегетаційний сезон був серпень, на деяких полях господарства в пониженнях та біля лісосмуг утворилися ділянки, де вода погано просочувалася через замулення і перенесення глинистого матеріалу з вищих позицій в нижні. Також бачимо, що у квітні випало у двічі більше опадів за середньобагаторічний показник, що дещо компенсувало нестачу опадів у січні та лютому. Тим не менш, найсухішим місяцем року виявився травень – тільки 16 мм опадів.

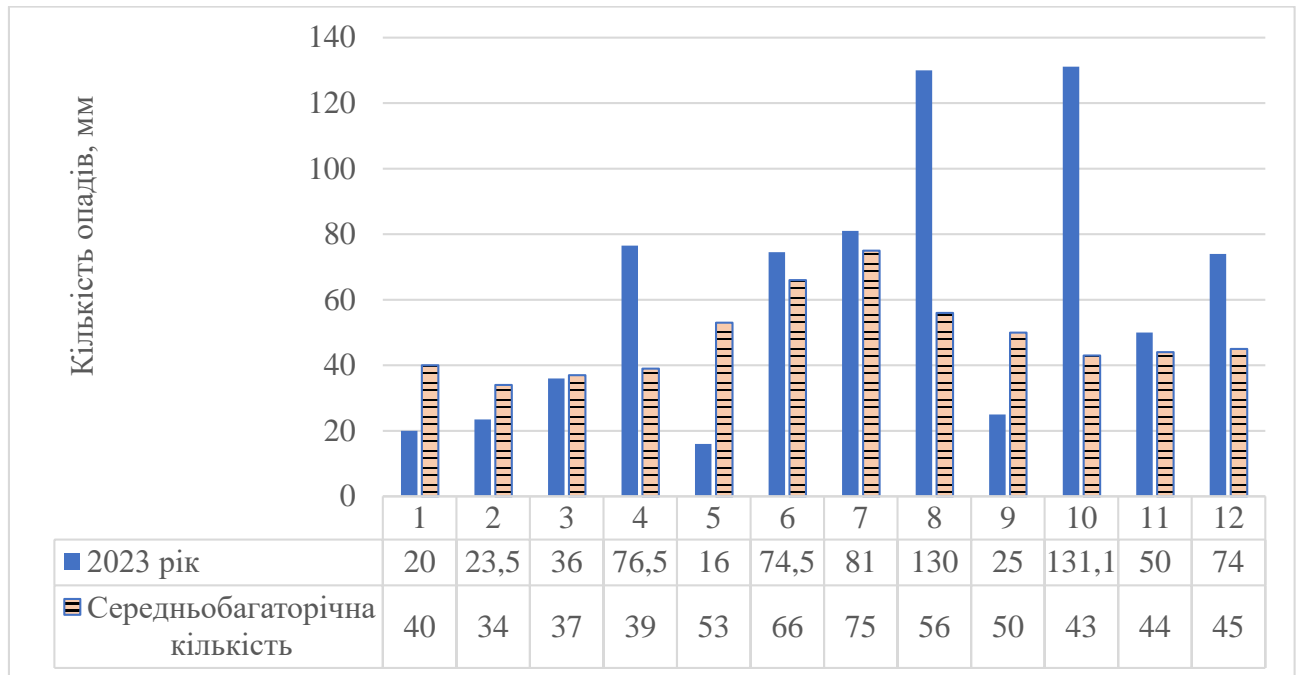


Рис. 2.5 . Кількість опадів, мм

2.3. Методика проведення досліджень

Облікова ділянка становила 50 м², 3-и кратна повторність.

У досліді було 4 варіанти:

1. Фон N₇₀P₇₀K₇₀.
2. Фон N₇₀P₆₀K₆₀ + карбамід в підживлення 5-7 листків.
3. Фон N₇₀P₇₀K₇₀ + карбамід + унікумбакт в підживлення 5-7 листків.
4. Фон N₇₀P₇₀K₇₀ + карбамід + унікумбакт + спектрум цинк в підживлення 5-7 листків.

Сечовину вносили п'ятнадцять кілограм і розчиняли у 200 л води, також на варіантах 3 і 4 додавали у розчин унікумбакт універсал 2 л на гектар і спектрум цинк з сіркою 1,5 л.

Ширина міжряддя 70 см, висівали 65 тисяч насінин на гектар. Сівба проведено Грейт Плейнс 17.05.2023.

Для визначення висоти рослин було використано рулетку довжиною 14,28 м з лінійкою для обмірювання під час молочно-воскової стиглості. Оцінка стану рослин проводилася за допомогою окоміру.

Відібрали десять рослин, поміряли довжину качанів, кількість зерна та масу 1000 зерен, щоб з'ясувати, чи впливають добрива на елементи врожаю під час воскової фази. Зразки насіння також досліджувалися в лабораторії на якісні характеристики.

Для визначення маси 1000 зернин використовується затверджена процедура: дві проби чистого насіння необхідно порахувати підряд, тобто кожна повинна містити 500 насінин. Ці дві проби зважують на технохімічних вагах до другого знаку після коми, складають разом отримані числа і це є маса 1000 зерен. В дослідях підрахунок робиться якнайменше три рази з варіанту, краще більше для статистичної вірогідності.

Соняшник був попередником кукурудзи. Восени його залишки були подрібнені, а в них було додано хлористий калій. Навесні агрегат Амаzone вніс діаміфос і сечовину (150 кг у фізичній вазі).

РОЗДІЛ 3

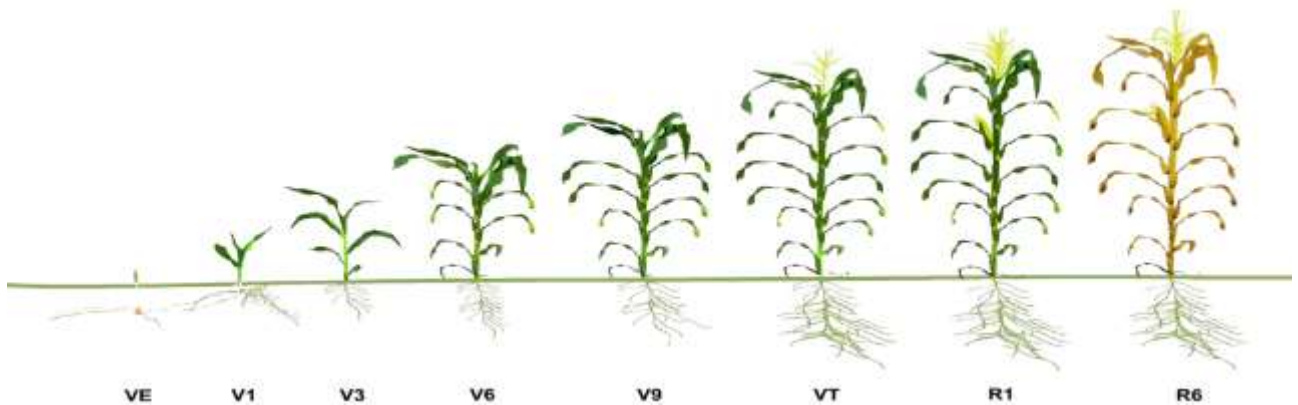
ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ

3.1. Біометричні параметри рослин

Рослини кукурудзи проходять різні стадії вегетації, у рослин свої періоди фенологічних фаз. Добре представлені стадії розвитку у матеріалах Андрущенка В. [1], який зробив у вигляді схеми та таблиці з піонерівських матеріалів.

Веgetативні стадії	Репродуктивні стадії
VE – сходи	R1 – вихід рилець
V1 – перший листок з комірцем	R2 – блистер
V2 – другий листок з комірцем	R3 – молочна
V3 – третій листок з комірцем	R4 – молочно-воскова
Vn – n-й листок з комірцем	R5 – воскова
VT – викидання волоті	R6 – фізіологічна стиглість

а



б

Рис. 3.1. Основні фази розвитку кукурудзи [1]

Але також є шкала ВВСН росту та розвитку кукурудзи, в якій ця культура має дев'яносто дев'ять фаз і там же ж виділено до дев'яти макростадій [28].

Біометричні показники кукурудзи включають в собі багато показників, але так як ми почали навчання пізніше і тему дипломної роботи затверджували вже протягом вегетаційного сезону, ми виміряли висоту вже сформованих

рослин у молочно-восковій стиглості на ділянках, де агрономи господарства проводять дослідження і було проходження практики.

Як видно з рисунку 3.1, висота рослин була більше двох метрів висотою, на фоні комплексного забезпечення рослин азотом, фосфором та калієм, підживлення карбамідом підвищує висоту рослин, але додавання бактеріймісткого добрива до карбаміду або ще додатковий мікс із цинкмістким добривом значно підвищував висоту рослин. Треба зазначити, що саме додавання у позакореневе живлення азоту більше стимулювало росту культури, і тим краще, коли вносилися штами бактерій, аніж додавання цинку до цих поєднань.

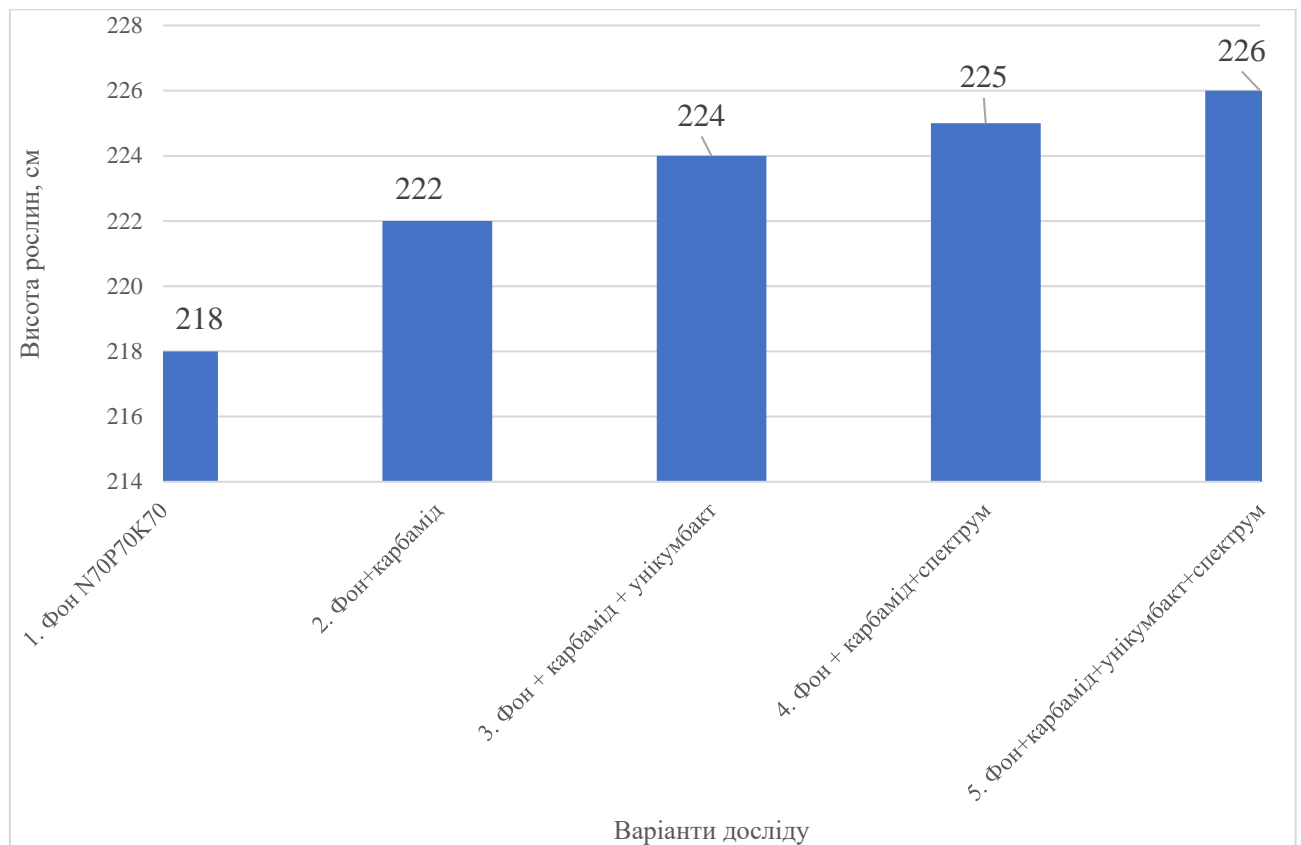


Рис. 3.1. Висота рослин у фазу молочно-воскової стиглості, см (2023 рік)

Найвищий показник рослин мали у висоті на 5 варіанті – 226 см, на фоні NPK + Карбамід + Унікумбакт + Спектрум Zn. Між удобреними варіантами сильно контрастної різниці немає. Саме внесення азотного добрива підвищує висоту рослин кукурудзи.

Треба зазначити, що сухий травень і подальші надмірні опади закалили рослини, надали їм вологу і вони достатньо добре розвивалися, як видно на рисунках 3.2 а,б та 3.3.



а



б

Рис. 3.2 а,б. Вегетація рослин кукурудзи



Рис. 3.3. Рослини у фазі молочно-воскової стиглості

Робота сумських науковців показує [12], що висота рослин кукурудзи чітко залежить від норми внесення азоту з мінеральними добривами. За використання найвищих доз азоту висоту рослини мали на варіантах найвищу. Серед різних азотмістких добрив, як карбамідно-аміачна суміш, безводний аміак, сечовина виявлено рослини найнижчі при використанні саме сечовини. Можливо відбувається така реакція через те, що містить добрива трохи біурету, який сповільнює розвиток рослин на початку.

На рисунку 3.4 зображено результати підрахунку маси тисячі зерен в качані кукурудзи. Видно, що додавання азоту значно підвищило масу. Причому, у варіанті з додаванням унікумбакту та цинку дещо менший ефект, аніж на другому варіанті. Основним етапом розвитку кукурудзи є створення найбільшої кількості рядів зерен. Якщо в качані кукурудзи є менше рядів, ніж зазвичай, це свідчить про більший чи менший рівень стресу на певній стадії розвитку. Так, рослина відчувала стрес приблизно на стадії V7, якщо качан

містив лише дванадцять рядів зерен замість стандартних шістнадцять. На основі цих даних можна визначити період часу, протягом якого слід досліджувати фактори, які негативно вплинули на формування качана [1].

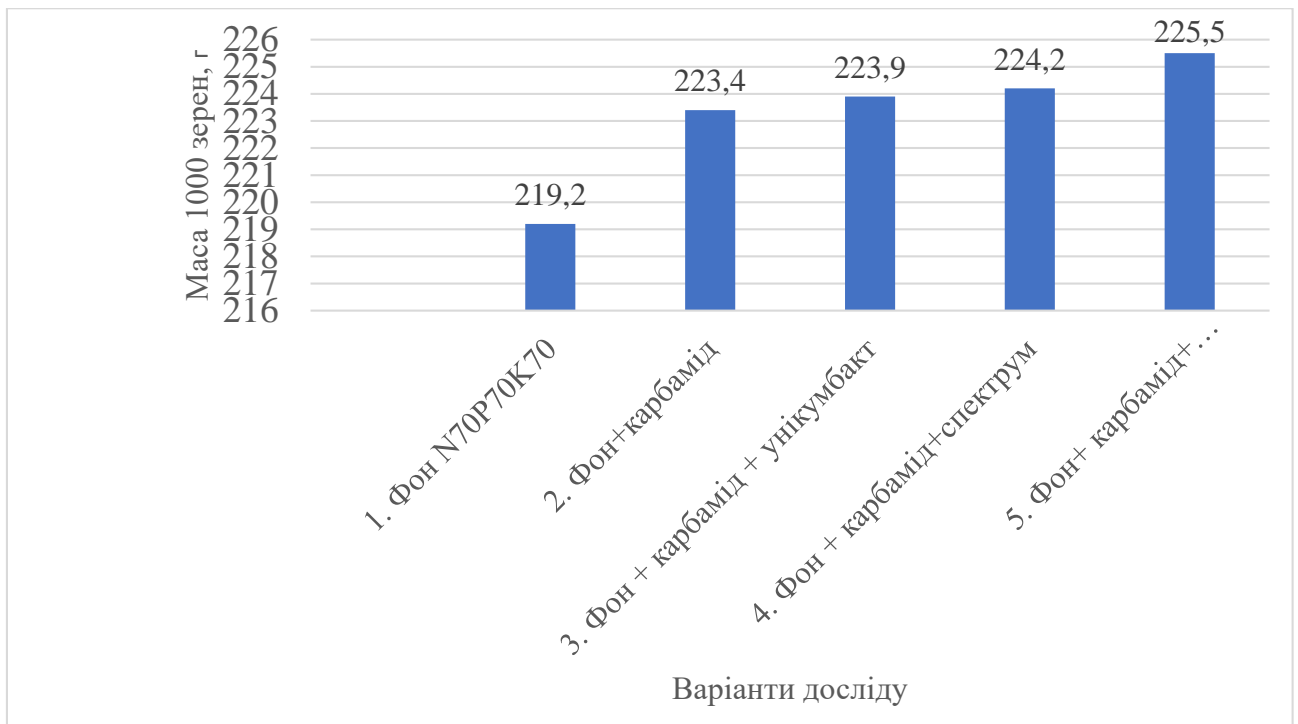


Рис. 3.5. Маса 1000 зерен, г

У статтях Паламарчука В.Д. [9, 10] наведено дані досліджень майже на тисячі гібридах різного ФАО. Вчений встановив, що у групі ранньостиглих гібридів з великим діаметром насіння, маса тисячі насінин становила 248-255 г при висіві у ґрунт на чотири сантиметри, а при посіві на глибину сім сантиметрів – 245 г та одинадцять – близько 250 г. Гібриди середньораннього дозрівання мали вагу тисячі насінин 223-295 г. У нашого гібрида маса 1000 насінин варіювала від 245 до 292 г.

Вожегова Р.А. та ін. [2] також підтверджують, що обробка рослин кукурудзи препаратами чи добривами, що містять корисні мікроорганізми, позитивно впливає на ріст та розвиток культури. Вчені досліджували ефективність таких препаратів як флуоресцин, біоспектр, трихопсин, які містять бактерії псевдомонас, триходерма та інші активні компоненти. Також накладалися варіанти з різними густотами і перевірено на чотирьох гібридах. Було встановлено вплив перелічених біопрепаратів на показник маси тисячі

зерен, причому найбільший приріст був у біоспектра, який містить псевдомонас у складі, підвищення відносно контролю склало майже три відсотки. Застосування трихопсину дало менший приріст ваги, до півтора відсотки, і до одного відсотка підвівся показник при застосуванні флуоресцину. Виявлено, що підвищення маси відбулося через те, що зерно було менш уражено грибковими хворобами й шкідниками і подіяли компоненти рістрегулюючі. Відповідно цей показник вплинув на урожайність, кореляцій між цими показниками дуже висока. За більшого ФАО отримано більшу урожайність під впливом застосованих бактеріймістких препаратів в умовах півдня України.

Скакун та Марченко відмічають, що такий показник як діаметр качана слабо залежав від густоти рослин, але за загущення все ж таки зменшувало цей показник. Середньостиглий гібрид в їх досліді мав найбільшу довжину качана – вісімнадцять і два сантиметри. Менше на 0,5-0,9 см виявилася довжина качана у гібридів середньоранніх.

Репелівський та Іванів та [11] зазначають, що такі характеристики як кількість зернових рядів, частку озерненого качана та довжину качана, мають значний, але непрямий вплив на врожайність зерна сучасних гібридів України. Часто використовують індекс озернености, що говорить про адаптогенність гібридів до умов навколишнього середовища. Вчені підтверджують високий показник кореляції між кількістю і вагою зерна з качану і довжиною качану. На довжину качану можуть впливати різні добрива, але більше всього впливає саме генотип.

На рисунку 3.6 зображено дані маси зерна з качану в нашому досліді. Як бачимо, цей показник знаходиться в межах 296,2-312,2 г, між варіантами є істотна різниця. Найбільшу довжину мали качани з сумісним внесенням по фону карбаміду, унікумбакту та спектруму Zn+S.

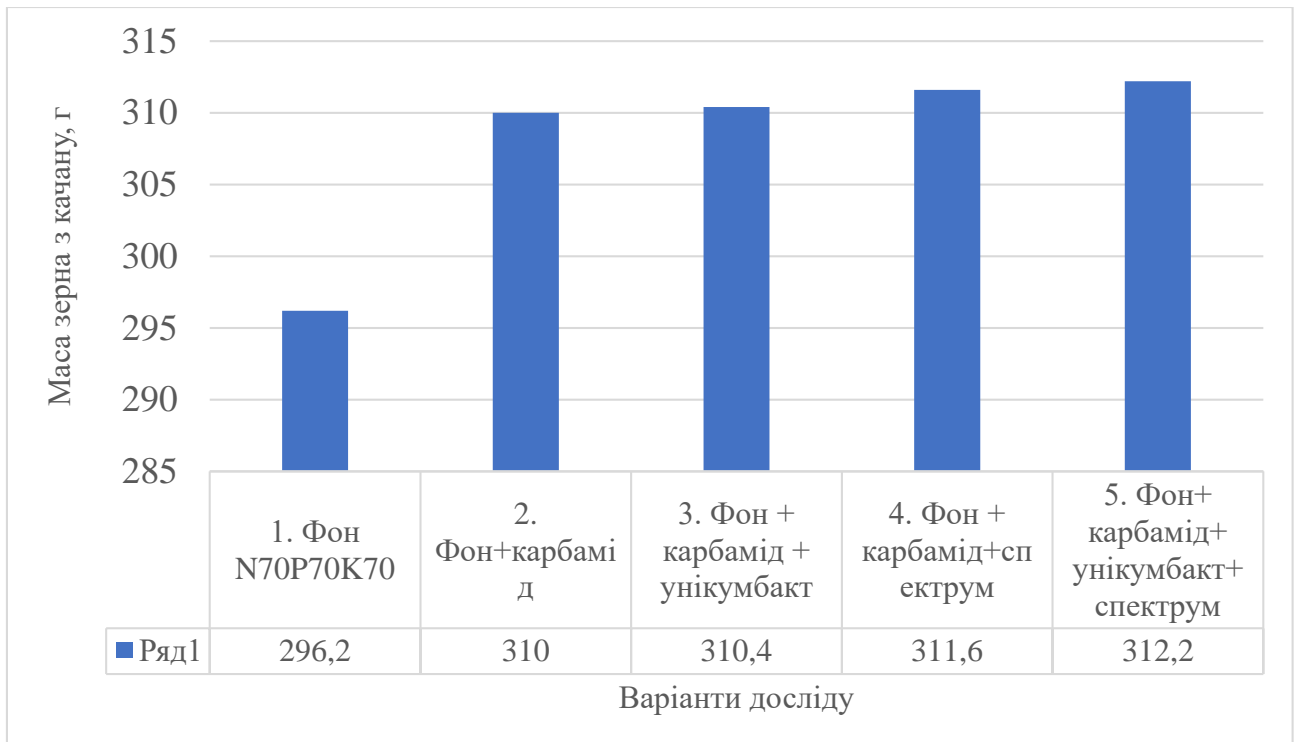


Рис. 3.6. Довжина качану, см

Треба відмітити, що за температурного стресу часто у кукурудзі відмічається череззерниця, зменшення довжини качану, але забезпечення вологи в достатній кількості сприяє долати стрес високої температури.

Вінницькі вчені [4] довели ефективність передпосівної обробки насінневого матеріалу кукурудзи Поліміксобактеріном та підживлення рідким добривом, що містить комплекс макро- і мікроелементів, включаючи й цинк, і манган в однакових кількостях та додавання комплексу біологічно активних сполук. Доведено вплив всіх варіантів на висоту рослин в умовах Правобережного Лісостепу окремі і сумісно. Найбільший приріст був у рослин з сумісним внесенням добрив і препаратів, що призвело до підвищення рослини майже на десять сантиметрів.

Подальші дослідження Паламарчука В.Д. [9] показали чітку залежність показника висоти рослин від ФАО та самого потенціалу гібриду. Використання Еколист моноцинк двічі до фази 12 листків сприяло підвищенню висоти рослин, причому максимальний приріст порівняно із контролем досягав 16 см, а

мінімальний 5 см. Живлення рослин може сприяти набуттю висоти рослин і до трьох метрів.

3.2. Урожайність та прибутковість вирощування кукурудзи

Урожайність рослин кукурудзи залежить від багатьох факторів. Це і якість самого посівного матеріалу, норми висіву, строки сівби, глибина сівби, наскільки якісно підготовлений ґрунт, яку стратегію обрали в господарстві щодо обробітку ґрунту, захисту рослин від шкідників, хвороб та бур'янів. Але значущим фактором є фактор погодних умов і гранулометричного складу ґрунту, забезпечення поживними речовинами. На піщаних ґрунтах, звісно, урожайність буде менше, аніж на суглинкових, глинистих чи глинисто-піщаних ґрунтах. Погано відчуває себе кукурудза на понижених ділянках, де за надмірного зволоження можна спостерігати посвітління кукурудзи і зменшення росту та розвитку, це там, де відбуваються процеси оглеєння і поживні речовини стають малодоступними. Також кукурудза не любить близького залягання мінералізованих ґрунтових вод, які насичені хлоридами, сульфатами, нітратами, карбонатами та гідрокарбонатами.

Важливий показник – це водоутримувальна здатність ґрунту, фізико-хімічна та хімічна вбирна здатність, які впливають на доступність для рослин макро- і мікроелементів. Внесені добрива можуть бути максимально ефективними, коли вноситься добрива у доступній формі для рослин, у раціональній нормі та у раціональній строк, а це в основному рекомендація іде вносити добрива у критичні фази для рослин і взагалом до посіву, як-то фосфорні та калійні рекомендують вносити восени або навесні під передпосівну культивуацію [40, 41]. Азот також в деяких районах вносять і восени у вигляді комплексних добрив, амофосів, також комплексні добрива використовують і при сівбі, а в разі позакореневого підживлення – в основному використовують сечовину, іноді азотну селітру, також карбамідно-аміачну суміш по фазах 5-7 чи 7-10 листках [8, 14].

На рисунку 3.7 зображено результати оцінки впливу добрив на урожайність кукурудзи. Дані приведені як біологічна врожайність.

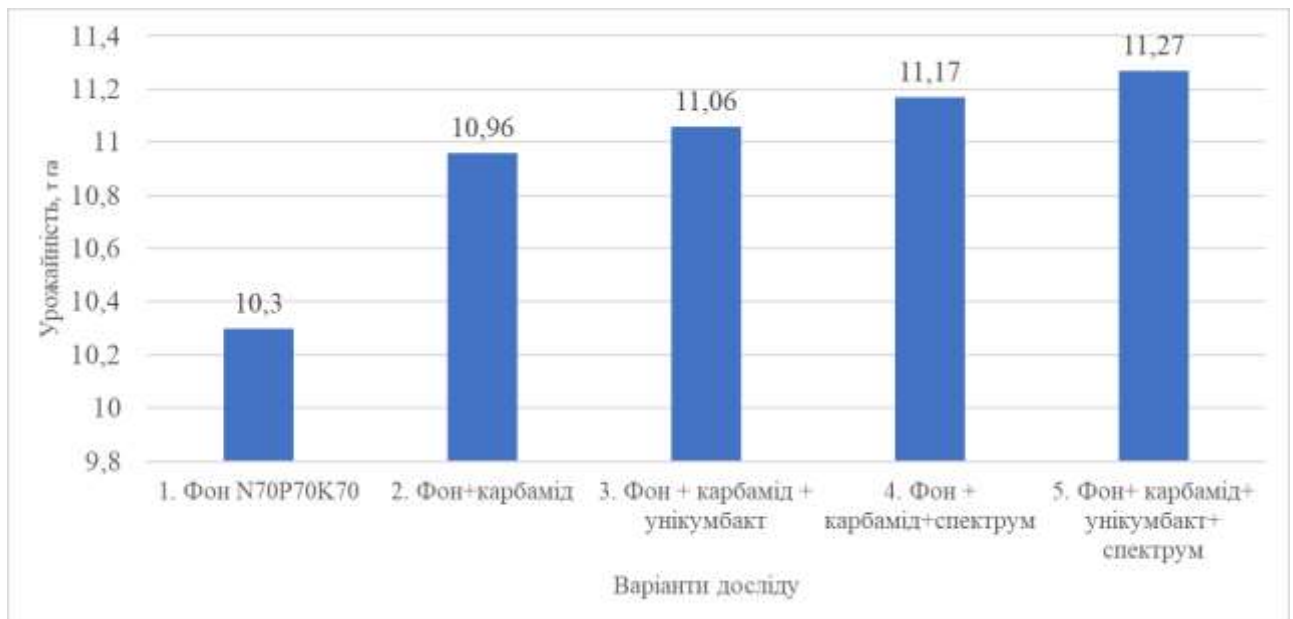


Рис. 3.7. Урожайність зерна кукурудзи (2023)

Бачимо, що на всіх варіантах урожайність зерна знаходиться в районі 10,3-11,27 т. На 0,6 т зросла врожайність при застосуванні карбаміду у позакореневе підживлення. Додавання унікубакта особливо не надало підвищення, але сумісне використання бактеріймісткого унікубакта, карбаміду та спектрума підвищило врожайність, і, наприклад, порівняно із другим варіантом – на 0,97 т на гектар.

Більшість господарств, що вирощували кукурудзу в 2023 році, зазнали збитків. Крім того, складні логістичні ланцюги викликають проблеми, такі як транспортування насіння та зерна через заборону закордонних фермерів і постійний ризик доставки зерна через порти Чорного моря. Навіть у травні деякі поля з кукурудзою не були зібрані через проблеми восени. Отже, господарства у 2024 році переглянули свої плани й вибрали культури, які на початку весни за світовими прогнозами принесли б більше грошей, зменшивши площу посіву кукурудзи.

Війна та проблеми з логістикою можуть перешкоджати вчасному збиранню врожаю, тому навесні був попит на гібриди, які можуть зберігатися

протягом тривалого періоду часу, оскільки наприкінці все ж таки залишиться сухе зерно на продаж. У результаті високих цін на мінеральні добрива можна використовувати більше природних джерел поживних речовин — землі та материнської породи. Прораховано те, щоб отримати прибуток, треба мати на полі урожай зерна не менше 5 тон.

2024 рік був екстремальним для більшості господарств через погодні умови, через обстріли прикордоння. Тривалий сухий період в червні-липні привів до того, що рослини втрачали тургор і навіть після випадіння опадів не змогли відновитися. Листя скручувалися, намагаючись запобігти температурному стресу. Деякі поля повністю «згоріли», особливо на півдні України.

На сайті Kurkul агрономи діляться своїми набірками, кращими практиками [5]. В умовах посушливого клімату і от такого температурного стресу рекомендують застосовувати ноу-тілну технологію, так як мульча регулює температурний, водний та повітряний режим ґрунту, поповнюючи його органікою і створюючи шар рослинних решток. Фермери з Полтавщини також підтверджують, що наразі вигідно залишати в полі кукурудзу до весни, бо дуже дорога сушка зерна, а зберігати у себе немає де, а восени 2023 року волога осінь була, швидко прийшли дощі і влізти в поля для збирання не завжди було можливо, вологість зерна була 22-24 відсотки.

Майя Муха [6] після аналізу логістичних ланцюжків та тенденції на світовому ринку зазначає, що ще важко спрогнозувати, що трапиться з цінами на кукурудзу, бо травневі заморозки і тривала посуха вразила не тільки Україну, а й окупанта, також великі площі у Франції були затоплені повинню. Тому фермери думають, що ціна підніметься. І наше зерно все одно на ринку буде конкурувати з іншими, країни на кшталт Сирії, Лівану, Єгипту будуть думати у кого ж купити зерно, у нас чи у Бразилії. Поки ціна на зерно з доставкою у порти є на рівні сто шістдесят – сто сімдесят доларів за тону. Азотні добрива дуже дорогими, але без ніяк, і говорять, що якщо покупати одну тону сечовини, то її окупність буде приблизно 3,73 тони зерна кукурудзи [5].

Якщо порівнювати ціни на добрива, вони дещо спали з весни на осінь. Ціна за тону сечовини коливається в межах 22 тисячі до 24 тисяч, це ціни весняні. Україна не може забезпечити себе повністю добривами, тому іде закупівля імпортованих добрив.

У таблиці 3.1 наведено коротко розрахунок умовного прибутку при вирощуванні кукурудзи за застосування добрив та біопрепарату. 1 літр унікумбакт коштує 294 грн за літр, було внесено 2 літри. 15 кг карбаміду обійшлося в 570 грн., а спектр – в 300 грн.

Таблиця 3.1

Прибуток від вирощування кукурудзи по варіантах

Урожайність, т га	Приріст врожаю, т га	Ціна реалізації	Умовний прибуток, грн.
1. Фон	К	4200 грн.	45512
2. Фон+карбамід	+0,66		46240
3. Фон+карбамід унікумбакт	+0,76		48082
4. Фон+карбамід+спектрум	+0,87		48000
5. Фон+карбамід+спектрум+унікумбакт	+0,97		48952

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

- Встановлено, що висота рослин значно залежала від внесення карбаміду. Найвищими рослини були на варіанті при використанні сумісно карбаміду, унікумбаку та Спектрум Zn на фоні повного мінерального добрива.
- Маса 1000 зерен була в межах 219,2-225,5 г з максимальним показником при сумісному внесенні всіх добрив, що вивчалися.
- Маса зерна в качані становила 236,2-312,2 см. Найбільший показник мав 4 варіант із сумісним застосуванням карбаміду, спектруму та унікумбаку.
- Найвищу врожайність зерна отримано на 5 варіанті при використанні карбаміду, Унікумбаку та спектрум Zn – 11,27 т/га, причому умовний прибуток був на рівні 48952 грн.

Пропозиції

З метою отримання найвищого врожаю зерна кукурудзи в умовах чорнозему типового Лівобережного Лісостепу України використовувати у позакореневе підживлення разом з Карбамідом Унікумбаку та Спектрум Zn у фазу 5-7 листків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрущенко В. Визначення фази розвитку кукурудзи. Режим доступу:
https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Ukraine_Intl/agronomy/staging-corn-growth.pdf
2. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Забара П. П., Сахацький Г. І. Морфологічні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від елементів технології за умов зрошення. 2022. Аграрні інновації. Вип. № 8. С. 91-99.
3. Дацько О. М., Захарченко Е.А. Активність целюлозоруйнівних бактерій за різних обробітків ґрунту та передпосівної інокуляції кукурудзи. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2023. Вип. 51(1). С. 28-36.
4. Мазур В. А., Циганська О. І., Шевченко Н. В. Висота рослин кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. Сільське господарство та лісівництво. 2018. №8. С. 5-13.
5. Маковей Ю. Ціни на добрива перед посівною — чи подешевшає КАС і селітра. 19 березня 2024. Режим доступу:
<https://kurkul.com/spetsproekty/1566-tsini-na-dobriva-pered-posivnoyu--chi-podeshevshaye-kas-i-selitra>
6. Маковей Ю. Антикризова економія: Кукурудза на ноутілі — особливості профілактичних обробок. 10 червня 2024. Режим доступу:
<https://kurkul.com/spetsproekty/1598-antikrizova-ekonomiya-kukurudza-na-noutili--osoblivosti-profilaktichnih-obrobok>
7. Муха М. Безперервний зерновий сезон — з якими ціновими тенденціями Україна входить в 2024/25 МР. 28 червня 2024. Режим доступу:
<https://elevatorist.com/spetsproekt/219-bezperervniy-zernoviy-sezon--z-yakimi-tsinovimi-tendentsiyami-ukrayina-vhodit-v-2024-25-mr>

8. Оничко В. І. Наумов Є. О. Сенік І. І. Урожайність кукурудзи на зерно залежно від форм і норм внесення азотних добрив в умовах Північного сходу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія». 2023. Вип. 2 (52). С. 72-77.
9. Паламарчук В. Д. Вплив позакореневих підживлень на лінійні розміри рослин кукурудзи. Рослинництво та ґрунтознавство. 2018. Вип. 286. С. 231-244.
10. Паламарчук В. Д., Демчук Б. С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. Сільське господарство та лісівництво. 2021. Вип. 20. С. 60-76.
11. Репілевський Д. Е., Іванів М. О. Структура врожаю гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів зрошення в умовах південного степу України. Таврійський науковий вісник. № 119. С. 99-111.
12. Сенік І. І., Оничко В. І., Наумов Є. О. Динаміка висоти рослин кукурудзи залежно від форм і норм внесення азотних добрив в умовах Північного сходу України. Аграрні інновації. 2023. № 20. С. 69-75.
13. Шевченко Л. А., Чмель О. П., Хоменко С. В. Вплив мікродобрив та рістрегуляторів на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах півночі України. Аграрні інновації. 2020. Вип. 4. С. 73-78.
14. Шульга А. Вплив листового підживлення карбамідом на урожайність кукурудзи. 2023. Режим доступу: <https://www.kws.com/ua/uk/produkty/kukurudza/novyny/vplyv-lystovogo-pidzhyvlennya-karbamidom-na-urozhajnist-kukurudzy/>
15. Abo-Marzoka E. A., Elkeky K. A., Meku F. M. H. Effect of foliar application with growth promoters and mixture of Fe, Zn and Mn on growth and yield of corn under different nitrogen levels. Journal of Plant Production. March 2024. Article 2. V.15. Issue 3. P. 81-89.
16. Aliyu K. T., Shehu B. M. & Adam A. M. Digital technology in maize nutrient management research in northern Nigeria amid COVID-19 pandemic. Sci Rep. 2024. V. 14. 8114.

17. Al-Rawi A. S. M., Shachai N. F., Cheyed S. H. Effect of spraying dates with concentrations of nano-zinc on some maize growth traits, yield quality traits and field emergence. Yield traits. 2024 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1371 052017.
18. Capo L., Battisti M., Blandino M. The role of zinc fertilization and its interaction with nitrogen and phosphorus starter fertilization on early maize development and grain yield. Field Crops Research. 2024. V. 307. 109245.
19. Daryoush-Karimi N., Mojaddam M., Lak S., Payandeh K., & Shokuhfar A. Effect of spraying iron, zinc and using superabsorbent on grain yield and some biochemical properties of maize under drought stress. Journal of Plant Nutrition. 2023. V. 47(5). P. 681–689.
20. Dezfouli M. K., Shokuhfar A., Lak S., Fazel M. A., & Mojaddam M. Effect of Foliar application of potassium and zinc elements on maize yield and grain nutrient content under water-deficit conditions. communications in soil science and plant analysis. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2023. V. 55(1). P. 1–20.
21. Elshamly A. M. S., Iqbal R., Ali B., Ahmed I., Akram M. I., Shehzad A., Ditta A., ÇIĞ F., Elshikh M. S., Mustafa Abd El-Zaher M.A., Hamed M. H. Zinc and amino acids improve the growth, physiological, and biochemical attributes of corn under different irrigation levels. Rhizosphere. 2024. V. 29. 100820.
22. Gaudin A. C. M., Janovicek K., Deen B. & Hooker D. C. Wheat improves nitrogen use efficiency of maize and soybean-based cropping systems. Agric. Ecosyst. Environ. 2015. V. 210. V. 1–10.
23. Galindo F. S., Pagliari P. H., da Silva E. C. et al. Impact of nitrogen fertilizer sustainability on corn crop yield: the role of beneficial microbial inoculation interactions. BMC Plant Biol. 2024. V. 24: 268.
24. Hungria M., Barbosa J.Z., Rondina A.B.L., Nogueira M.A. Improving maize sustainability with partial replacement of N fertilizers by inoculation with *Azospirillum brasilense*. Agron J. 2022. V. 114. P. 2969–80.

25. Jiang M., Dong C., Bian W. et al. Effects of different fertilization practices on maize yield, soil nutrients, soil moisture, and water use efficiency in northern China based on a meta-analysis. *Sci Rep.* 2024. V. 14. P. 6480.
26. Kumar A., Singh R., Babu S. et al. Integrated organic nutrient management: a sustainable approach for cleaner maize (*Zea mays* L.) production in the Indian Himalayas. *Org. Agr.* 2024. <https://doi.org/10.1007/s13165-024-00471-8>
27. Ladha J. K., Tirol-Padre A., Reddy C. K., Cassman K. G., Verma S., Powlson D. S., van Kessel C., de Richter B., Chakraborty D., Pathak D. Global nitrogen budgets in cereals: a 50-year assessment for maize, rice and wheat production systems. *Sci Rep.* 2016. V. 6. 19355.
28. Licht M. Визначення врожайності кукурудзи за факторами, що впливають на формування врожаю (американський досвід). 5 листопада 2018. Режим доступу: <https://superagronom.com/blog/422-viznachennya-vrojaynosti-kukurudzi-za-faktorami-scho-vplivayut-na-formuvannya-frojayu>
29. McLain T.D., Roberts T.L., Drescher G. L., Kelley J. P., Smith D. A., and Hoegenauer K. A. Corn response to zinc sources. *Soil fertility. AAES Research Series 704.* P. 51-53.
30. Melo W. J., Wig G. M. M, Bertipaglia L. M. A., Pereira L. A. M., Santos E. R. Carbonic anhydrase in maize plants submitted to different doses of zinc. *Harmony of Knowledge: Exploring Interdisciplinary Synergie.* <https://doi.org/10.56238/sevened2023.006-114>
31. Meng Q., Hou P., Wu L., Chen X., Cui Z., Zhang F. Understanding production potentials and yield gaps in intensive maize production in China. *Field Crops Res.* 2013. V. 143. P. 91–97.
32. Nik-Khah N., Mousavi M. A. A. & Sam D. M. Maize (*Zea mays* L.) growth and yield production affected by the single and interactive effects of iron, zinc and manganese in the arid and semi-arid areas. *J. Crop Sci. Biotechnol.* 2024. <https://doi.org/10.1007/s12892-024-00240-9>

33. Quan Q., Yi F., Liu H. Fertilizer response to climate change: Evidence from corn production in China. *Science of The Total Environment*. 2024. V. 928. 172226.
34. Ren W., Mi G. & Pan Q. Maize root system architecture improvement for high-density planting. *Nat. Plants*. 2022. V. 8. P. 1337–1338.
35. Saad E. N., Obaid H., Shi D., Lei P., Xie D., Ni J., Ni C. Response of nutrients uptake and bio fortification to the optimum zinc fertilizer doses for maize crop (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Nutrition*. 2024. V. 47(12). P. 2028–2037.
36. Wan W., Liu Z., Li J., Xu J., Wu H., Xu Z. Spatiotemporal patterns of maize drought stress and their effects on biomass in the Northeast and North China Plain from 2000 to 2019. *Agric. For. Meteorol.* 2022. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.108821>
37. Wang L.-Q., Yu X.-F., Gao J.-L., Ma D.-L., Liu H.-Y. and Hu S.-P. Regulation of tillage on grain matter accumulation in maize. *Front. Plant Sci.* 2024. V. 15. P. 1373624.
38. Xin J., Ren N., Hu X., Yang J. Variations in grain yield and nutrient status of different maize cultivars by application of zinc sulfate. *PLoS ONE*. 2024. V. 19(3): e0295391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295391>
39. Yu B., Zhou C., Wang Z., Bucher M., Schaaf G., Sawers R. J. H., Chen X., Hochholdinger F., Zou C., Yu P. Maize zinc uptake is influenced by arbuscular mycorrhizal symbiosis under various soil phosphorus availabilities. *New Phytologist*. V. 243, Issue 5. September 2024. P. 1936-1950.
40. Zakharchenko E., Datsko O., Mishchenko Y., Melnyk A., Kriuchko L., Rieznik S., Hotvianska A. Efficiency of biofertilizers when growing corn for grain. *Modern Phytomorphology*. 2023. V. 17. P. 50-56.
41. Zakharchenko E. A., Petrenko S. V., Berdin S. I., Podhaietskyi A. A., Kravchenko N. V., Hnitetskyi M. O., Hlupak Z. I., Bordun R. M., Tiutiunnyk O. S., Tryus V. O. Response of maize plants to seeding rates under conditions of typical black soil. 2023. *Modern Phytomorphology*. V. 17. P. 71-74.

42. Zhu X., Ros G. H., Xu M., Cai Z., Sun N., Duan Y., de Vries W. Long-term impacts of mineral and organic fertilizer inputs on nitrogen use efficiency for different cropping systems and site conditions in Southern China. *Eur J. Agron.* 2023. V.146. 126797.
43. Zhang F., Wang Z., Glidde S., Wu Y. P., Tang L., Liu Q. Y., Li C. S. & Frolking S. Changes in the soil organic carbon balance on China's cropland during the last two decades of the 20th century. *Sci. Rep.* 2017. V. 7. 7144.
44. Zhang Z., Zhang X., Lin Z., Wang J., Xu M., Lai J., Yu J., Zhongwei L. The genetic architecture of nodal root number in maize. *Plant J.* 2018. 93, 1032–1044.

ДОДАТКИ