

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

ПОГОДЖЕНО
Декан агробіологічного
факультету, д-р. с.-г. наук, проф.
Віталій Коваленко
" _____ " _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
землеробства та гербології
д-р. с.-г. наук, проф.
Семен Танчик
" _____ " _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «УРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ
СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ В ФГ «ЧЕРНЕНЬКИЙ О. А.
ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ»**

Спеціальність 201 «Агрономія»

Освітня програма Агрономія

Орієнтація освітньої програми професійна Освітньо-

Гарант освітньої програми д-р. с.-г. н., проф. Світлана Каленська

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи д-р. с.-г. н., проф. _____ Олексій Цюк

Виконав _____ Валентин Черненко

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ ТА
ПРИРОДОКОРИСТАННЯ УКРАЇНИ
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри землеробства та гербології

Д-р с.-г. наук, професор С.П. Танчик
« ___ » _____ 2024

**ЗАВДАННЯ
ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ
ЧЕРНЕНЬКИЙ ВАЛЕНТИН ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

Спеціальність 201
Освітня програма
Спрямованість освітньої програми

Агрономія
Агрономія
Освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Урожайність кукурудзи залежно від елементів системи удобрення в умовах «Черненко О. А.» Чернігівської області»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «11 жовтня 2024 року № 1807 «С» з частковими змінами до наказу № 18 «С» від 08.01.2024.

Кінцевий термін подання виконаної роботи на кафедру 15.11.2025.

Вхідні дані для магістерської кваліфікаційної роботи: ґрунтово-кліматичні умови дослідної ділянки, опідзолений чорнозем, урожайність кукурудзи за різних елементів системи удобрення.

1. Перелік питань, що підлягають вивченню:

- дослідити особливості росту та розвитку, залежність фотосинтетичної активності та показників структури рослин кукурудзи при використанні різних норм мінеральних добрив та позакореневого підживлення мікроелементами;
- встановити особливості формування якісних показників від удобрення та підживлення;
- проаналізувати вплив використання різних норм добрив, мікроелементів у підживленні на рівень врожайності кукурудзи;
- обґрунтувати економічну та енергетичну ефективність технологічних заходів, що досліджуються.

3. Перелік графічних матеріалів (за необхідності) таблиці, графіки.

Дата видачі завдання « ___ » _____ 2024

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ **Цюк О. А.**

ЗМІСТ

Завдання до виконання роботи	3
Зміст	4
Реферат	5
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ ДОБРИВ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ (Огляд наукової літератури)	9
1.1 Вплив добрив на рівень врожайності кукурудзи	9
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	20
2.1 Ґрунт дослідної ділянки	20
2.2 Кліматичні умови	23
2.3. Методика проведення досліджень	26
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ УДОБРЕННЯ І ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН КУКУРУДЗИ	30
3.1 Вплив добрив на висоту рослин кукурудзи	30
3.2. Площа листової поверхні	34
3.3. Нагромадження сухих речовин	37
3.4 Вплив удобрення на фотосинтетичний потенціал кукурудзи	39
РОЗДІЛ 4 ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	44
4.1 Урожайність та його структура	44
РОЗДІЛ 5 ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ	49
5.1 Економічна оцінка	49
5.2 Енергетична оцінка технології вирощування кукурудзи на зерно	52
ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ДЖЕРЕЛ	56

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота містить 65 аркушів друкованого тексту, включає зміст, завдання до роботи, анотацію, вступ, має 5 розділів, огляд літератури, місце проведення, умови, програму та методологію дослідження, експериментальну частину, економіко-енергетичну оцінку результатів наукового дослідження, висновки, список використаних джерел, а також 6 таблиць та 10 рисунків. Усі розглянуті питання та таблиці базуються на реальних даних, мають детальне пояснення та обґрунтування. Список використаних літературних джерел становить 78 джерел.

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Залежність урожайності кукурудзи від елементів системи удобрення в умовах «Черненький О. А.» Чернігівської області».

Метою дослідження є обґрунтування особливостей формування врожайності кукурудзи залежно від застосування елементів системи удобрення для умов північного Лісостепу.

Для досягнення мети було вирішено такі завдання:

–дослідити особливості росту та розвитку, залежність фотосинтетичної активності та показників структури рослин кукурудзи при використанні різних норм мінеральних добрив та позакореневого підживлення мікроелементами;

–встановити особливості формування якісних показників від удобрення та підживлення;

–проаналізувати вплив використання різних норм добрив, мікроелементів у підживленні на рівень врожайності кукурудзи;

–обґрунтувати економічну та енергетичну ефективність досліджуваних технологічних заходів.

Об'єктом дослідження є процеси росту та розвитку рослин, формування врожаю та якості зерна кукурудзи залежно від удобрення в умовах північного Лісостепу.

Предметом дослідження є кукурудза, макро- та мікроелементи.

Методи дослідження. Польовий – для визначення взаємодії об'єкта дослідження з елементами технології та погодними умовами; вимірювальний та зважувальний – для визначення біометричних показників росту та продуктивності; лабораторний – для аналізу вмісту поживних речовин у ґрунті, визначення якості та вологості зерна; розрахунково-порівняльний – визначення економічної та енергетичної ефективності елементів технології;

Ключові слова: система удобрення, економічна та енергетична ефективність, площа листя, макро- та мікрокультури.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Для досягнення високих врожаїв кукурудзи важливо шукати та впроваджувати сучасні ефективні елементи технології вирощування, що забезпечують оптимальний ріст і розвиток культури. Продуктивність можна підвищити завдяки комплексу умов, до яких належать використання макро- та мікродобрив і засобів захисту рослин.

Вивчення ефективності норм добрив, позакореневого підживлення та фунгіцидних обробок є актуальним в контексті зміни клімату та високої вартості цих елементів технології.

Вологість зерна кукурудзи впливає на організаційні рішення та економічний ефект. Тому зниження дозбиральної вологості кукурудзи є важливим для виробництва, що зумовлює необхідність проведення досліджень.

Метою дослідження було теоретично обґрунтувати особливості формування врожаю кукурудзи залежно від внесення добрив у північному Лісостепу.

Для досягнення мети було вирішено такі завдання:

– дослідити особливості росту та розвитку, залежність фотосинтетичної активності та показників структури рослин кукурудзи при використанні різних норм мінеральних добрив та позакореневого підживлення мікроелементами;

– встановити особливості формування якісних показників від удобрення та підживлення;

– проаналізувати вплив використання різних норм добрив, мікроелементів у підживленні на рівень врожайності кукурудзи;

– обґрунтувати економічну та енергетичну ефективність досліджуваних технологічних заходів.

Об'єктом дослідження є процеси росту та розвитку рослин, формування врожаю та якості зерна кукурудзи залежно від удобрення в умовах північного Лісостепу.

Предметом дослідження є кукурудза, макро- та мікроелементи.

Методи дослідження. Польовий – для визначення взаємодії об'єкта дослідження з елементами технології та погодними умовами; вимірювально-зважовий – для визначення біометричних показників росту та продуктивності; лабораторний – для аналізу вмісту поживних речовин у ґрунті, визначення якості та вологості зерна; розрахунково-порівняльний – для визначення економічної та енергетичної ефективності елементів технології; методи математичної статистики – дисперсійний, кореляційний та регресійний – для визначення ймовірності відмінностей між факторами.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше, на основі теоретичного узагальнення та експериментального дослідження особливостей формування врожайності та якості зерна кукурудзи в ґрунтово-кліматичних умовах північного Лісостепу:

– виявлено зміни фотосинтетичних показників, структури врожаю від застосування макро- (NPK) та мікродобрих (Рексолін АБК + Кукурудзяний буст) досліджуваного гібрида РЖТ Ліпекакс;

– встановлено високу ефективність удобрення на врожайність зерна кукурудзи;

– обґрунтовано економічну та енергетичну ефективність досліджуваних факторів.

РОЗДІЛ 1
ВПЛИВ ДОБРИВ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ КУКУРУДЗИ
(Огляд наукової літератури)

1.1 Вплив добрив на рівень врожайності кукурудзи

Одним з найважливіших аспектів отримання високих врожаїв сільськогосподарських рослин є забезпечення оптимальної кількості поживних речовин. Кукурудза потребує високого рівня мінеральних добрив, що зумовлено тривалим вегетаційним періодом та здатністю рослин засвоювати поживні речовини майже до кінця вегетаційного періоду. Однак слід враховувати, що потреба в поживних речовинах суттєво залежить від фази росту та розвитку культури. У період інтенсивного росту культури – від викидання волоті до початку цвітіння, рослини кукурудзи споживають близько половини поживних речовин, а до фази молочної стиглості зерна – до 90% від загального врожаю [1, 2].

Для формування 1 тонни зерна з такою ж кількістю вегетативної маси потрібно 15–30 кг азоту, 10–14 кг фосфору, 25–35 кг калію, 6–10 кг магнію та кальцію, 3–4 кг сірки, 11 г бору, 14 г міді, 110 г марганцю, 0,9 г молібдену, 85 г цинку, 200 г заліза [3].

Збалансована система удобрення, з доступною кількістю поживних речовин у певні періоди, є одним з головних аспектів формування стійкості рослин до несприятливих умов навколишнього середовища та отримання високих врожаїв. Важливо забезпечити поживні речовини в так звані критичні фази росту рослин кукурудзи. У фазі 3–5 листків формуються

генеративні органи – кількість качанів на рослині та кількість рядів зерен. У цей період кукурудза росте дуже повільно, а її коренева система розвинена слабо, тому для оптимального росту необхідно забезпечувати її такими елементами, як фосфор, цинк, бор та марганець, у достатній кількості. Період 7-8 листків кукурудзи характеризується інтенсивним ростом, тому підживлення в цей період збільшує зернистість качанів та покращує якість зерна. Також зростає потреба в мікроелементах, таких як цинк, марганець, бор, мідь [4, 5].

Найбільший вплив на врожайність кукурудзи має азот, який входить до складу білкових речовин та інших важливих органічних сполук. Регулювання азотного живлення дозволяє підвищити продуктивність рослин та якість зерна. При достатньому рівні азоту збільшується засвоєння рослинами інших елементів - фосфору, калію, кальцію, магнію, сірки, міді, заліза, марганцю та цинку. Необхідна кількість азоту інтенсифікує утворення білкових речовин, стимулює ріст та затримує старіння рослин [6, 7].

При нестачі азоту ріст рослин гальмується, стебла стають тонкими, погано гілкуються, листя дрібне, світло-зелене, а формування репродуктивних органів порушується. Ознаки азотного голодування легко розпізнати у молодих рослин. Азотне живлення рослин можна покращити за допомогою підживлення [8].

На початку вегетації поглинання азоту досить низьке (3–5%), воно починається інтенсивніше з фази 6–8 листків і доки квіткові стовпчики на колосках не засохнуть. У цей період поглинається до 85% азоту, а у фазі дозрівання зерна ще 10–13%. Рослини кукурудзи добре реагують на підживлення сечовиною, або сумішшю аміачної селітри та сечовини у співвідношенні 1:1. Це дозволяє їм ефективніше використовувати поживні речовини з них. Нітратний азот найбільш доступний для рослин – він поглинається першим. Амонійний азот накопичується в орному шарі та використовується пізніше, оскільки він повинен пройти процес перетворення

в нітратну форму. Амідна форма спочатку перетворюється в амонійну форму, потім у нітратну, тому використовується рослинами останньою [9].

У роботі Маткевича В. Т., Коровіної М. О., Коломійця Л. В. та ін. [10], в умовах північного Степу України рекомендується вносити азотні добрива в норму N60 – N120 для отримання 5,20–5,35 т/га зерна кукурудзи.

Дослідження Броннікової Л. [11] та Логінової І. [12] встановили, що тривале систематичне удобрення кукурудзи сприяє забезпеченню ґрунту рухомими формами азоту, переважно амонієм, рухомим фосфором та обмінним калієм, що пояснюється непрямим впливом аміачної селітри на кислотність, обмінні та мікробіологічні процеси в ґрунті.

Дослідження Котельникової Д. [13] свідчать про те, що в умовах півдня України збільшення дози азотних добрив з N₁₂₀ до N сприяло збільшенню врожаю зерна кукурудзи на 19,5%.

За даними Молдован В. Г. з автором [14], також ефективним є базальне азотне удобрення, розділене на 2 дози N45, яке збільшило врожайність на 34,0–35,3% залежно від гібрида.

Фосфор входить до складу органел та ядер клітин, бере участь у ключових функціях рослинного організму. Він впливає на енергетичний обмін, фотосинтез, дихання, біосинтез білків, жирів, крохмалю, сахарози, амінокислот та інших речовин [15].

На відміну від азоту та калію, рослини кукурудзи засвоюють значно менше фосфору. Цей елемент має особливий ефект на початку вегетації. Його оптимальний вміст дозволяє сформувати розвинену кореневу систему та генеративні органи. При нестачі фосфору ріст рослин затримується, холодна погода посилює ознаки фосфорного голодування. Коренева система розвивається поверхнево, недостатньо гілкується, листя набуває інтенсивного пурпурно-фіолетового кольору. Оскільки фосфор у рослині досить рухливий, він мігрує до молодих органів рослини, внаслідок чого симптоми дефіциту з'являються на старому листі. Через дефіцит фосфору

колоски залишаються недорозвиненими, з дрібним зерном та вигнутими рядами. Слід зазначити, що наслідки дефіциту фосфору не можуть бути повністю компенсовані його внесенням у пізніші терміни [16]. Калій, поряд з фосфором, відповідає за формування та розвиток кореневої системи, яка забезпечує рослину іншими поживними речовинами. При його дефіциті коренева система розвивається погано, а рослини мають знижену стійкість до вилягання [17]. Дефіцит калію призводить до уповільнення росту рослин, зниження продуктивності (зернистість качанів), зменшення інтенсивності та пригнічення фотосинтезу, що спричиняє зменшення вмісту амінокислот, цукрів, крохмалю [18]. Цей елемент підвищує стійкість до хвороб та шкідників, регулює водний режим та підвищує посухостійкість. При нестачі калію в ґрунті знижується засвоєння азоту та деяких мікроелементів – Cu, Mn, Zn [19].

Симптомами дефіциту калію є пожовтіння або всихання листя по верхівках та краях. Недостатній вміст калію спричиняє зниження врожайності в меншій мірі, ніж дефіцит азоту, а внесення підвищених норм калію не сприяло збільшенню врожайності [20]. Однак дослідження показали, що високі дози калійних добрив позитивно впливають на продуктивність рослин кукурудзи в умовах посухи [21, 22, 23].

При врожайності 5,0 т/га зерна кукурудзи співвідношення N:P:K становить 1,0:0,4:0,7, а зі збільшенням врожайності до 8,0 т/га воно збільшується до 1,0:0,34:1,2 [24].

Рослини кукурудзи чутливі до дефіциту кальцію, який нейтралізує органічні кислоти, що утворюються в тканинах. Кукурудза росте при рН від 5,6 до рН –7,5. Вже при рН 5,0–5,5 вона реагує незначним зниженням врожайності, яке при рН нижче 5,0 може досягати 30% [25].

За даними досліджень Яворова [26], підвищення рівня рН від 5,0 до 5,5 сприяло збільшенню врожайності кукурудзи до 2,5 т/га. Кальцій має більший

вплив на врожайність кукурудзи на кислих ґрунтах та при високих дозах мінеральних добрив [27, 28].

Магній входить до складу хлорофілу, фітину та пектинових речовин. Цей елемент відіграє важливу фізіологічну роль у процесі фотосинтезу, впливає на окисно-відновні реакції та є активатором багатьох ферментативних процесів.

Дефіцит магнію пригнічує синтез азотовмісних сполук.

Симптомом дефіциту магнію є наявність поздовжніх світло-жовтих ліній вздовж жилок кукурудзяного листка, які часто супроводжуються світло-фіолетовим забарвленням нижньої сторони листка на нижніх листках рослини. Застосування магнієвих добрив у рослинництві сприяло середньому збільшенню врожайності на 8,5% [29].

Сірка є незамінним елементом амінокислоти метіоніну, яка входить до складу білкової структури. При її дефіциті молоде листя кукурудзи стає світлішим, а іноді навіть жовтіє через розпад хлорофілу. Водночас ріст рослин затримується, міжвузля коротшають. Качан може рідше наповнюватися зерном. Достатня кількість сірки впливає на використання азоту [28, 29]. Поглинання сірки кукурудзою відбувається майже рівномірно протягом усього вегетаційного періоду. Понад 50% сірки, поглиненої рослинами, накопичується в зерні кукурудзи [30].

У роботах Присташа І. [31], Господаренка Г. [32] доведено, що мінеральні добрива впливають на врожайність кукурудзи в різних ґрунтово-кліматичних зонах.

Ефективність внесення добрив залежить від низки умов, зокрема: погоди, рівня родючості ґрунту, біологічних особливостей сорту чи гібрида, виду, способу внесення та норми внесення добрив, обробітку ґрунту, співвідношення поживних речовин [33, 34].

Норму добрив для планованого врожаю встановлюють залежно від родючості ґрунту. Для отримання врожайності 5,0–7,0 т/га в зоні Лісостепу

рекомендована норма добрив для кукурудзи становить N90–120P60–90K90–100 [35].

Досліджень, що вивчають специфіку удобрення кукурудзи в зоні Лісостепу, небагато. За даними Рудавської Н., Гливи В. [36], удобрення кукурудзи в нормі N120P90K90 збільшило врожайність на 30–38% порівняно з неудобреними культурами.

Згідно з результатами досліджень Волощука О. П., Стасівої О. Ф. та ін. [37], збільшення норми добрив з N120P60K60 до N150P90K90 при вирощуванні кукурудзи збільшило врожайність на 17,2–22,6%.

У дослідженнях Гена С. [38] внесення добрив у нормі N120P90K120 сприяло отриманню 8,18–8,70 т/га зерна кукурудзи.

У роботах Танчика С., Центири Л. [39] використання добрив у нормі N90P90K90 збільшило врожайність на 24,7%, а N120P120K120 – на 30,6%.

Згідно з дослідженнями Свидинюк І. [40], продуктивність гібридів кукурудзи в північному Лісостепу з удобренням N₁₃₅P₁₃₅K₁₈₀ становить 8,13–8,99 т/га залежно від гібрида та способу боротьби з бур'янами.

В умовах правобережного Лісостепу під впливом добрив, густоти та гібрида врожайність коливалася від 5,08 до 13,4 т/га за даними Каленської та ін. [41].

Дослідженнями Асанішвілі Н. М. [42] встановлено, що в умовах Лівобережного Лісостепу найефективнішою була технологія вирощування з внесенням мінеральних добрив у нормі N₁₈₀P₁₂₀K₁₈₀.

Незважаючи на дуже малі кількості, що поглинаються рослинами, порівняно з основними поживними речовинами, мікроелементи мають велике значення, оскільки вони беруть участь у процесах фотосинтезу, дихання, вуглеводного, жирового та білкового обміну, утворенні органічних кислот та ферментів. Більшість мікроелементів є каталізаторами хімічних реакцій (Fe, Mn, Mo, Cu, Zn тощо). За оптимального забезпечення

мікроелементами прискорюється розвиток рослин та дозрівання насіння, підвищується стійкість до посухи та холоду [43].

Мікроелементи неможливо замінити іншими речовинами, а їх дефіцит необхідно компенсувати. Рослини засвоюють мікроелементи в рухомій, водорозчинній формі, тоді як нерухома форма може бути використана після низки біохімічних процесів, зазвичай тривалих. Надходження мікроелементів до рослини залежить від умов вирощування та значення рН ґрунту, тому вони часто недоступні для рослин.

Нестача мікроелементів у ґрунті не викликає загибелі рослин, але призводить до порушень обміну речовин, поширення хвороб рослин та погіршення якості рослинної продукції [44].

При використанні органічних добрив потреба рослин у мікроелементах частково задовольняється, оскільки 1 кг сухого гною містить 201 мг марганцю, 96 мг цинку, 20 мг бору, 16 мг міді, 1 мг кобальту, 2 мг молібдену. Для порівняння, 100 кг простого суперфосфату містять близько 4,5 мг міді, до 1,5 мг цинку, 1 мг марганцю, до 0,2 мг молібдену. Також необхідно враховувати, що зі збором урожаю сільськогосподарських культур щороку вноситься значна кількість мікроелементів, і їх вміст у ґрунті постійно зменшується. Наразі у виробництві використовуються мінеральні макродобрива, які майже не містять мікроелементів, тому необхідно контролювати їх вміст у ґрунті та вносити мікродобрива за потреби [45].

Цинк є найважливішим мікроелементом у вирощуванні кукурудзи. Він бере участь у диханні, синтезі білка та ауксину, підвищує тепло-, посухостійкість та холодостійкість рослин. У фазі цвітіння цинк підвищує життєздатність пилку, що сприяє кращому запиленню. У кукурудзи, як рослини C4, покращується ефективність використання вуглекислого газу, що підвищує ефективність фотосинтезу [46]. Дефіцит цинку знижує поглинання азоту, ріст рослин гальмується через скорочення довжини міжвузля. При нестачі цинку проростки кукурудзи мають білувато-зелений колір. На

листяках молодих рослин між жилками утворюються світло-жовтуваті смужки, а самі жилки залишаються зеленими [47].

Згідно з дослідженнями Захарченко Е. А. [48], використання Моноцинку та мікродобрива Нутривант Плюс призвело до збільшення площі листя та висоти рослин, що сприяло збільшенню врожайності на 0,73–0,97 т/га.

На доступність цинку також впливає кислотність ґрунту. Найбільша його кількість у кислих ґрунтах, а підвищення рН до нейтрального значення знижує доступність цього елемента [49].

Не менш важливим мікроелементом у вирощуванні кукурудзи є бор, який відповідає за зав'язування колосів, позитивно впливає на цвітіння та наповнення колосків зерном. Ознаками дефіциту бору є дрібні, недорозвинені, часто вигнуті колоски, погане зав'язування колосів. Міжвузля потовщені та вкорочені, листя дрібніше. Ріст рослин пригнічується, врожайність знижується, а якісні характеристики зерна погіршуються. Чверть орних земель України має дефіцит бору, і при використанні рекомендованих норм НРК для вирощування більшості сільськогосподарських культур необхідне внесення бору [50].

Мідь є компонентом ферментів, які відіграють важливу роль в окисно-відновних реакціях. Цей елемент впливає на інтенсивність фотосинтезу, утворення хлорофілу та підвищує стійкість рослин до грибкових та бактеріальних захворювань. Достатній вміст міді збільшує вміст білка та цукру в зерні, а також сприяє підвищенню посухостійкості. Дефіцит міді може спричинити хлороз листя, особливо молодого, втрату тургору, в'янення, затримку росту стебла та утворення насіння [51].

Залізо є компонентом ферментативної системи рослин, бере участь в окислювальному та енергетичному обміні, утворенні хлорофілу. Кукурудза вимоглива до вмісту заліза в ґрунті. Симптомом дефіциту заліза у рослин є міжжилковий хлороз, переважно молодого листя. Дефіцит заліза поширений

у лужних ґрунтах [52]. Марганець входить до складу різних ферментів або активує їхню активність. Цей елемент зменшує транспірацію та прискорює загальний розвиток рослин. Зі збільшенням азотного живлення потреба в марганці зростає, оскільки він бере участь в окисненні аміаку та відновленні нітратів. Дефіцит марганцю проявляється насамперед на молодому листі, яке покривається жовто-зеленими плямами з коричневими та білими ділянками, на старому листі з'являється міжжилковий хлороз, на краях і верхівках листя виникає некроз, пригнічується ріст.

У рослинних тканинах порушується оптимальне співвідношення між основними поживними речовинами. Кукурудза чутлива до дефіциту марганцю, що в першу чергу спостерігається на ґрунтах з $pH > 6,5$.

Кобальт бере активну участь в окисно-відновних реакціях, енергетичному обміні, позитивно впливає на дихання, підвищує вміст хлорофілу. Завдяки своєму впливу на синтез білків і вуглеводів, кобальт є потужним стимулятором росту. Цей елемент впливає на накопичення цукрів і жирів у рослинах, зменшує розпад хлорофілу. Ознаки дефіциту кобальту у рослин схожі на азотне голодування.

Серед форм мікроелементів, рекомендованих для використання в сільському господарстві, виділяють такі: солі неорганічних кислот та їх розчини (також оксиди металів, промислові відходи), хелати (комплексати металів), фрити (сплави солей зі склом тощо) та нанопрепарати. При внесенні солей неорганічних кислот відсоток поглинання поживних речовин невеликий, оскільки в результаті реакції з компонентами ґрунту солі металів перетворюються у форму, недоступну для рослин. Нанопрепарати – це нова форма мікродобрив, ефективність яких доведена. Однак, можливий вплив на мікроорганізми та екологію вивчений недостатньо. Найбільш ефективною є хелатна форма, в якій мікроелемент входить до складу органічної молекули, що робить його доступним для рослин [53].

Безсумнівно, найефективнішим та найбазовішим методом удобрення сільськогосподарських рослин є внесення добрив у ґрунт. Відсоток та швидкість засвоєння поживних речовин з добрив під час позакореневого підживлення значно нижчі, ніж їх засвоєння через ґрунт. Рослини можуть засвоювати лише невелику кількість поживних речовин через листя. Також практикується передпосівна обробка насіння мікродобривами [54].

Позакореневе підживлення є економічно ефективним методом усунення дефіциту поживних речовин або нівелювання несприятливих умов навколишнього середовища. Наприклад, при значенні рН 7,5 доступність фосфору, бору, марганцю та цинку знижується, хоча їх вміст у ґрунті може бути високим. Низькі температури погіршують засвоєння азоту, фосфору, сірки, марганцю, цинку та заліза, тоді як високі температури та посушливі умови знижують доступність калію, кальцію, міді та бору. Високий вміст кальцію та магнію порушує засвоєння калію, а надлишок заліза та марганцю блокує засвоєння фосфору, міді та молібдену [55].

Позакореневе підживлення необхідне при порушенні функціонування кореневої системи, для подолання стресових умов (температура, волога або посуха), у критичні фази росту рослин, коли потреба в поживних речовинах максимальна, для стимуляції росту рослин, підвищення якісних та кількісних показників врожаю.

У дослідженнях Лавриненко Ю. [56] та ін. зазначено, що приріст від обробки насіння мікродобривом «Сизам-Нано» та підживлення рослин кукурудзи «Грайактив С» у фазі 7 листків становить 0,94–1,24 т/га залежно від гібрида.

Поліщук М.І. та Паламарчук О.Д. [57] відзначають значний вплив кліматичних умов на ефективність позакореневого підживлення. Найвищий урожай зерна кукурудзи отримано за дворазового підживлення препаратами Моноцинк + Біомаг + Вимпел у фазі 5–7 та 10–12 листків – 8,18 т/га у гібрида

ранньостиглої групи. Приріст врожайності, залежно від позакореневого підживлення та групи стиглості гібрида, становив 0,72–1,50 т/га.

За даними Сухомуда Г. М., Адаменка Д. М., Кравця І. С. та Суханової С. В. [58], використання мікродобрив протягом вегетаційного періоду ТМ «Актив-Харвест» збільшило врожайність зерна кукурудзи на 0,95–1,05 т/га в Лісостеповій зоні.

У дослідженнях Ласло О. О., Дяденко С. С. [59] позакореневе підживлення препаратом Мікро-Мінераліс у фазі 3–5 листків сприяло збільшенню врожайності на 0,41 т/га.

За даними Худякова О. І. [60], використання рідкого комплексного добрива «Оазис» у нормі 50 л/га забезпечує збільшення врожайності на 1,66–2,97 т/га та сприяє збільшенню вмісту білка в зерні кукурудзи. Згідно з дослідженнями Заболотного О. І. [61], використання позакореневого підживлення Рексоліном забезпечило збільшення врожайності на 7,8% порівняно з варіантом без застосування гербіцидів (контроль – ручна прополювання), а обробка рослин Рексоліном та гербіцидом Базис 75 (20 г/га) сприяла збільшенню врожайності на 35,8%.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунт дослідної ділянки

Господарство ФГ «Черненкоий О. А.» розташоване за адресою Чернігівська область, Бахмацький район, село Кропивне, вулиця Новосілля, 20. Відстань до районного центру м. Бахмач становить 50 км. Відстань до обласного центру м. Чернігів становить 220 км.

Ґрунти Чернігівської області представлені лучними чорноземами – 37,3%, темно-сірими та опідзоленими чорноземами – 36,3%, світло-сірими та сірими опідзоленими – 18,9%, лучними та болотними – 4,8%, дерновими, дерново-підзолистими та іншими – 2,7%. Переважна більшість (73,6%) вважаються найродючішими в Україні та світі.

Чорноземи – це родючі ґрунти, що утворилися під багаторічною трав'янистою рослинністю на лесі або лесоподібних суглинках. Вони характеризуються зернистою або грудкуватою структурою, відмінними фізико-хімічними властивостями та мають нейтральну або близьку до нейтральної кислотність, що є оптимальною для більшості сільськогосподарських культур [62].

Основну частину ґрунтів у господарстві займають потужні чорноземи 380,2 га та малогумусні чорноземи 200 га, опідзолені чорноземи 79,8 га, механічний склад важкий суглинок, рН 5,37, вміст гумусу 2–3% (табл. 2.1).

Чорноземи є найціннішими ґрунтами нашої країни. Вони мають високу родючість, використання якої є основним завданням сільськогосподарського

виробництва. Для підвищення родючості використовуються такі агротехнічні заходи: раціональні методи обробітку, накопичення вологи, покращення структури, вирощування високоврожайних культур і сортів, використання науково обґрунтованих сівозмін тощо. Агрохімічна характеристика ґрунтів наведена в таблицях 2.2-2.4.

Таблиця 2.1

Характеристика ґрунтового покриву господарства

№	Сільськогосподарські угіддя	Агровиробничі групи за типами ґрунтів	Основні групові відміни		Показник властивостей і їх оцінка	
			назва ґрунту	площа, га	середній вміст гумусу	гранулометричний склад
1	Рілля	типові	Чорноземи потужні	380,2	3.2 - низький	Важкий суглинок
2	Рілля	типові	Чорноземи малогумусові	200	2,7- низький	Важкий суглинок
3	Рілля	типові	Чорноземи опідзолені	79,8	2.1 - низький	Важкий суглинок

Першочергове значення має озима оранка плугами з передплужниками на глибину 23-25, а під соняшник – до 25-27 см, що проводиться після збирання врожаю. У посушливі роки, на полях, вільних від бур'янів, найкращі результати дає поверхневий обробіток дисковими культиваторами на глибину 10-12 см з подальшим боронуванням. Раціонально використовувати на цих ґрунтах такі способи обробітку, які б сприяли покращенню водного режиму ґрунту в передпосівний період для отримання своєчасних і дружних сходів, а також способи, що сприяють накопиченню та збереженню максимальних запасів вологи в глибоких горизонтах ґрунту (затримка талих вод навесні, снігозатримання, посадка лісосмуг тощо). Ці ґрунти позитивно реагують на внесення фосфорних та інших мінеральних добрив, незважаючи на їх високу природну родючість. На чорноземних

грунтах калійні добрива потрібні таким культурам, як цукровий буряк та соняшник.

Чорноземи є одними з найбільш структурних ґрунтів. Але при їх неправильному використанні руйнується структура орного шару. Впровадження сівозміни, правильний обробіток ґрунту та внесення добрив сприяють збереженню та відновленню структури. Посушливі землі в регіоні також негативно впливають на розвиток рослин. Водна ерозія завдає значної шкоди господарству. Необхідними заходами для запобігання ерозійним процесам є: створення полезахисних смуг, терасування схилів, застосування контурної оранки схилів, черв'ячний та щілинний дренаж.

Малагумусні чорноземи також є лісостеповими ґрунтами. За морфологічними характеристиками вони займають проміжне положення між опідзоленими та типовими. Елювіально-ілювіальна (Е-І) диференціація профілю відсутня, тобто не спостерігається припудрення та ознак ілювіальності, але карбонати глибоко змиваються (глибше 60 см), найчастіше в нижній перехідний горизонт.

Таблиця 2.2

Агрохімічна та фізико-хімічна характеристика чорнозему потужного

Глибина відбору проби, см	Гумус %	рН водний	Ємність поглинання, мг-екв на 100г ґрунту	Вміст легкодоступних поживних		
				Речовин, мг на 100 г ґрунту		
				NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O
0-30	3	6,8	40,5	17	5,4	7,3

Таблиця 2.3

Агрохімічна та фізико-хімічна характер малогумусових чорноземів

Глибина відбору проби, см	Гумус %	рН водний	Ємність поглинання, мг-екв на 100г ґрунту	Вміст легкодоступних поживних		
				Речовин, мг на 100 г ґрунту		
				NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O
0-30	2.9	5,37	45	21	7,1	9,3

Таблиця 2.4

Агрохімічна та фізико-хімічна характер опідзолених чорноземів

Глибина відбору проби, см	Гумус %	рН водний	Ємність поглинання, мг-екв на 100г ґрунту	Вміст легкодоступних поживних		
				Речовин, мг на 100 г ґрунту		
				NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O
0-30	2.7	5,37	45	14	6.1	5,3

Опідзолені чорноземи особливо поширені в західному лісостепу на високих, добре дренованих вододілах. Основною морфологічною ознакою є наявність білуватого порошку в нижній частині Н, де виділяється самостійний опідзолений горизонт Н(е), під яким залягає буруватий Нр(і) із зачатками горіхової структури, легким лакуванням граней структурних різновидів, гумусовими мазками, порошком SiO₂. Карбонати змиваються аж до материнської породи, де зустрічаються у вигляді журавлів, часто ґрунт взагалі не вирує через сильне вилуговування.

Ґрунт дослідної ділянки – опідзолений чорнозем з низьким вмістом гумусу, материнська порода – лесоподібний суглинок. Вони характеризуються наступними агрохімічними показниками, наведеними в таблиці 2.4. Гранулометричний склад – середньосуглинок з переважанням пилу та мулу. Структура ґрунту в гумусовому шарі горіхоподібна, нижче – призматична.

Ґрунт дослідної ділянки характеризується середньою забезпеченістю поживними речовинами, добрими агрофізичними властивостями та оптимальною кислотністю і придатний для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи.

2.1 Кліматичні умови

Метеостанція розташована за 95 км від ферми в місті Остер. Клімат зони помірно-континентальний, досить вологий з теплим літом та помірно

холодною зимою. Найбільша частина опадів випадає в західній частині. В середньому кількість опадів за рік становить 460-500 мм. Західна частина зони тепліша, а континентальність клімату проявляється на сході. Тут формується еріодично-змивний тип ґрунту. Сума активних температур (до вище 10о становить до 3000оС на рік, середньорічна температура (до становить 6,5-7,5оС. Останні весняні заморозки в окремі роки тривають до 24 травня. Осінній перехід середньодобової температури повітря через 50оС у бік зниження в Лісостепу спостерігається наприкінці жовтня. У Лісостеповій зоні спостерігаються посухи, які тривають 11-18 днів.

Тривалість теплового періоду в Лісостеповій зоні становить 230-275 днів; тривалість вегетаційного періоду – 190-210 днів; період активної вегетації – 150-180 днів.

Формування надземних органів, розвиток рослин дедалі більше залежить від температури повітря. Але в різні періоди життя рослини не однаково вимогливі до тепла. Крім того, одним культурам протягом вегетаційного періоду потрібно більше, іншим менше тепла. Так, від початку росту до дозрівання кукурудзи різних гібридів – 1500-2000°С.

Таблиця 2.5

Середньомісячні температури повітря у Бахмацькому районі. за 2024-2025 р.

Роки	Температура повітря, °С												Середня за рік
	Місяці												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2024	-2,4	-3,8	-1,9	13,1	18,1	20,6	21,4	22,5	17,3	10,7	0,3	-2,2	9,5
2025	-4,5	0,6	5,1	10,6	18,3	22,2	24	21,3	17	12,8	4,0	1,3	11,5
Середня багаторічна	-5,6	-4,2	0,7	8,7	15,2	18,2	19,3	18,6	13,9	8,1	2,1	-2,3	7,7

Виходячи з цих даних, ми бачимо, що температурні режими в цій місцевості задовольняють потреби рослин, що вирощуються на території.

Однак, порівняно з іншими роками, останні були значно спекотнішими, тому в деяких місцях посилюються посухи та пилові бурі (табл. 2.5).

В окремі роки температура може підвищуватися в липні - серпні до 32°C, що призводить до опіків і навіть загибелі посівів, особливо коли їм сприяють вітри. Період з добовою температурою вище 0°C починається 14 березня і закінчується 9 листопада.

Безморозний період становить 180 днів. Заморозки в середньому закінчуються у другій декаді квітня і починаються у третій декаді жовтня.

Середня річна кількість опадів становить 549 мм з коливаннями від 480 до 520 мм. Розподіл опадів за місяцями нерівномірний, основна їх кількість, майже 75%, випадає в період з квітня по жовтень. Найбільша кількість опадів випадає на весняні місяці - травень, червень, що має велике значення, оскільки в цей період рослини потребують найбільшої кількості води. Мінімальна кількість опадів випадає на березень місяць (21 мм). Відносно мало опадів випадає на осінній період. Високі літні температури іноді збігаються з низькою вологістю повітря, що призводить до значних втрат вологи з ґрунту. Сніговий покрив нестійкий, часті відлиги призводять до утворення крижаної кірки або зменшення снігового покриву. Це негативно впливає на зимівлю озимих та багаторічних трав. Середня висота снігового покриву в грудні становить 5 см, у січні - лютому - 11 см. Середня глибина промерзання ґрунту - 40 см, максимальна - 100 см. Середня тривалість періоду від зменшення снігового покриву до настання періоду стиглості ґрунту становить 20 днів, це відбувається в середньому 14 березня. Затримання снігу на полях фермерських господарств є важливим агротехнічним заходом для накопичення вологи та покращення умов зимівлі озимих культур. Кількість опадів за період спостережень наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6
Кількість опадів вегетаційного сезону 2024-2025 р.

Роки	Кількість опадів, мм												За рік
	Місяці												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2024	34	33	31	40	53	70	71	59	41	39	39	39	549
2025	35	34	32	43	47	69	156	65	61	31			573
Середня багатирічна	33	33	31	42	51	69	69	56	40	38	38	37	537

У березні та квітні 2024 року спостерігалася однакова кількість опадів порівняно із середньобагаторічним показником. У травні та червні спостерігалася перевищення місячної норми опадів порівняно із середньобагаторічним показником на 1-2 мм. Липень, серпень та вересень суттєво не відрізнялися від середньобагаторічного показника за кількістю опадів.

Навесні та на початку літа 2025 року кількість опадів була майже однаковою порівняно із середньобагаторічним показником. У липні випало 156 мм опадів, що у 2,2 рази перевищує середньобагаторічний показник. У серпні та вересні кількість опадів була вищою за середні значення, відхилення від норми становило 16,0 та 52,5% відповідно.

Загалом погодно-кліматичні умови Чернігівської області виявилися сприятливими для вирощування кукурудзи на зерно.

2.3 Методологія дослідження

У дослідах використовувався гібрид компанії РЖТ Ліпеккс ФАО 290, середньоранній, кременозубий, універсального призначення – на зерно та силос. Відмінне поєднання стійкості до несприятливих погодних умов та пластичності для вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах. • Стійкість до вилягання в поєднанні з високою толерантністю до фузаріозного в'янення стебла та качана є основою високих результатів за різних технологій сівби та вирощування. • Надзвичайно стабільний та високоврожайний гібрид,

перевірений роками вирощування у всіх регіонах кукурудзяного поясу. Тип зерна: зубчастий. Гібрид характеризується такими показниками (оцінка за шкалою від 1 до 9 балів): посухостійкість – 9 балів, вологоурожайність – 9 балів, початкові темпи росту – 8 балів, холодостійкість – 8 балів, стійкість до фузаріозного в'янення – 9 балів. Рекомендована густина на момент збирання врожаю в зоні достатнього зволоження становить 70–75 тис. рос./га, в зоні недостатнього зволоження 60–65 тис. рос./га, в зоні середнього зволоження – 65–70 тис. рос./га, в посушливій зоні – 45–55 тис. рос./га.

Вплив основного внесення добрив та позакореневого підживлення на врожайність та якість зерна кукурудзи. У досліді вивчали три норми мінеральних добрив. З азотних добрив використовували сечовину (вміст N46.2) та аміачну селітру (вміст N34.4) у співвідношенні 1:1, з фосфорних – амофос (вміст P52, вміст N12), з калійних – хлорид калію (вміст K60). Фосфорні та калійні добрива вносили під осінню оранку, азотні добрива вносили під передпосівну культивуацію (вміст азоту в амофосі враховували при внесенні азотних добрив навесні). Для позакореневого підживлення використовували суміш мікродобрив Rexolin ABC (2,0 л/га) + Maize boost (0,2 кг/га), 5% сечовини (вміст N46.2) та 5% розчину сульфату магнію – $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (вміст MgO16).

Rexolin ABC – це водорозчинна суміш хелатів заліза, марганцю, міді, цинку, молібдену та бору для позакореневого та ґрунтового підживлення. Використовується для корекції та запобігання дефіциту мікроелементів. Мікроелементи знаходяться в хелатній формі ЕДТА (етилендіамінтетраоцтової кислоти), за винятком магнію, бору та молібдену. Хімічний склад Rexolin ABC: 9% - MgO, 7% - SO_2 , 4% - Fe, 0,5% - B, 0,1% - Mo, 4,0% - Cu, 1,5% - Zn, 0,03% - Co. Норма витрати – 2,0 л/га. Продукт стабільний при рН 3,5–6,5. Використовується для широкого спектру польових та городніх культур.

«Maize boost» – це рідке добриво, що містить фосфор, калій, магній та цинк у високих концентраціях для позакореневого підживлення кукурудзи з метою запобігання або усунення дефіциту поживних речовин. Добриво містить 29,5% – P₂O₅, 5% – K₂O, 4,5% – MgO, 3,1% – Zn. Допускається змішування з багатьма агрохімікатами. Для підживлення кукурудзи в досліді використовували 0,2 кг/га добрива.

Протягом вегетаційного періоду вимірювали біометричні показники в основні фази розвитку рослин кукурудзи: висоту рослин, площу листової поверхні, чисту продуктивність фотосинтезу, фотосинтетичний потенціал посіву, приріст сухої надземної маси рослин кукурудзи.

Площу листової поверхні визначали методом зрізання за формулою 2.1: $P = (M * n * K) / m$, (2.1)

де P – загальна площа листя у вибірці, см²;

M – маса листя у вибірці, г; n – площа одного живця, см²; K – кількість живців, шт.; m – маса живців, г.

Фотосинтетичний потенціал (ФП) визначали за формулою 2.2:

$$\text{ФП} = (P_1 + P_2)T / (2 * 1000), \quad (2.2)$$

де P₁, P₂ – площа листового апарату в певних фазах розвитку, тис. м²/га; T – тривалість інтерфазного періоду, дні

Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПП) визначали за формулою Кріда 2.3:

$$\text{ЧПП} = (M_2 - M_1) / [0,5 * (P_1 + P_2) * D], \quad (2.3)$$

де ЧПП – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² день;

M₁, M₂ – маса рослин на одиницю площі на початку та в кінці певного періоду, г;

P₁, P₂ – площа листового апарату в ті ж періоди визначення, см²; D – тривалість періоду, дні.

Вміст сухої речовини визначали термостатично-гравіметричним методом, висушуючи в сушильній шафі за температури +105 °С до постійної маси, з перерахунком за формулою 2.4 на 1 га:

$$Cr = (100 * M2) / M1, (2.4)$$

де: Cr – вміст сухої речовини, %;

M2 – маса зразка після висушування, г; M1 – маса зразка до сушіння, г.

Позакореневе підживлення проводили за допомогою ранцевого обприскувача.

Збирання та облік врожаю та визначення вмісту вологи проводили у фазі повної стиглості зерна комбайном Haldor С-85 з кожної дослідної ділянки. Урожайність зерна кукурудзи перераховували на 14% вологість.

Економічну ефективність досліджуваних факторів розраховували за фактичними цінами станом на 1 січня 2020 року, ціна зерна кукурудзи становила 7,0 грн/кг.

Енергетичну оцінку технології вирощування проводили за методикою О. К. Медведовського та П. І. Іваненка [63].

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ УДОБРЕНЬ ТА ПОКОРОННЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН КУКУРУДЗИ

3.2 Вплив добрив на висоту рослин кукурудзи

Висота рослини – один із біометричних показників, що характеризують ріст рослин, відображаючи сукупність процесів, що відбуваються в організмі, та реакцію на фактори навколишнього середовища.

Висота стебла кукурудзи визначається кількістю та довжиною міжвузлів. На цей показник суттєво впливають характеристики сорту або гібрида [64], технологічні прийоми вирощування та метеорологічні умови [65], які, у свою чергу, впливають на формування врожаю кукурудзи. У дослідженнях з вивчення норм добрив та позакореневого підживлення було виявлено, що забезпечення поживними речовинами протягом вегетаційного періоду кукурудзи має значний вплив на висоту рослин кукурудзи.

За даними Н. М. Рудавської та В. В. Гливи [66], зазначено, що внесення добрив у нормі N120P90K90 у ранньостиглих гібридів сприяло збільшенню

висоти рослин на 16–19,5 см, або на 7,4–8,5%, у середньоранніх гібридів – на 17,0–25,5 см, або на 7,2–11,3%.

За даними досліджень В. Т. Маткевича та ін. [67], при внесенні добрив у нормі N60P60K60 висота рослин кукурудзи становила 212 см, при збільшенні норми азотних добрив до N240 висота збільшилася до 232 см, що на 26 см більше, ніж у контролі (без застосування добрив).

Я. В. Белов [68] вказує, що висота рослин збільшується зі збільшенням норми азотно-фосфорних добрив залежно від гібридного складу та густоти насадження. Найвищі значення отримані для норм добрив N90P90 та N120P120.

Застосування мікроелементів позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. Так, за даними В. А. Мазура, О. І. Циганської та Н. В. Шевченка [69], завдяки застосуванню позакореневого підживлення комплексним мікродобривом «Мікро-мінераліс» та стимулятором росту «Стимпо», висота рослин кукурудзи у фазі молочної стиглості збільшилася на 6 см порівняно з контролем.

Результати досліджень Л. М. Єрмакової, Р. Т. Івановської та О. П. Дем'янчука [70] свідчать про те, що позакореневе підживлення позитивно впливає на рослини кукурудзи, спричиняючи їх більш інтенсивний ріст. Використання комплексного мікродобрива Цеовіт Мікро з нормою 2 л/га сприяло збільшенню висоти рослин кукурудзи на 13–20 см, залежно від складу гібрида.

За даними О. А. Гожа, Т. Ю. Марченко та Б. С. Котова [71], при обробці комплексними мікродобривами рослини кукурудзи були вищими порівняно з контролем на 14–19 см у фазі цвітіння, залежно від мікродобрива та гібрида. Найбільший приріст висоти рослин кукурудзи отримано при підживленні мікродобривом Гумін Плюс – 19 см, висота становила 275 см.

У дослідженнях В. С. Цикова, М. І. Дудки, О. М. Шевченка та С. С. Носова [72] було зазначено, що використання позакореневого підживлення

кукурудзи препаратами мікроелементів у поєднанні з азотними добривами збільшує висоту рослин на 6,0–10,7 см, залежно від виду добрива.

Згідно з результатами досліджень, проведених протягом 2024–2025 років в умовах північного Лісостепу, було встановлено, що висота рослин кукурудзи залежить від рівня основного добрива та позакореневого підживлення (рис. 3.1).

Збільшення норми основного добрива збільшувало висоту рослин кукурудзи. Так, при внесенні добрив N80P40K60 висота рослин становила 244 см, при збільшенні норми до N120P60K100 вона збільшилася до 248 см, а при внесенні N₁₆₀P₈₀K₁₄₀ – 252 см в середньому за роки досліджень.

Позакореневе підживлення також вплинуло на висоту рослин. Найбільший вплив позакореневого підживлення на висоту відзначено для обробок на 10 листків, залежно від складу добрив та рівня основного удобрення шляхом покращення умов живлення рослин.

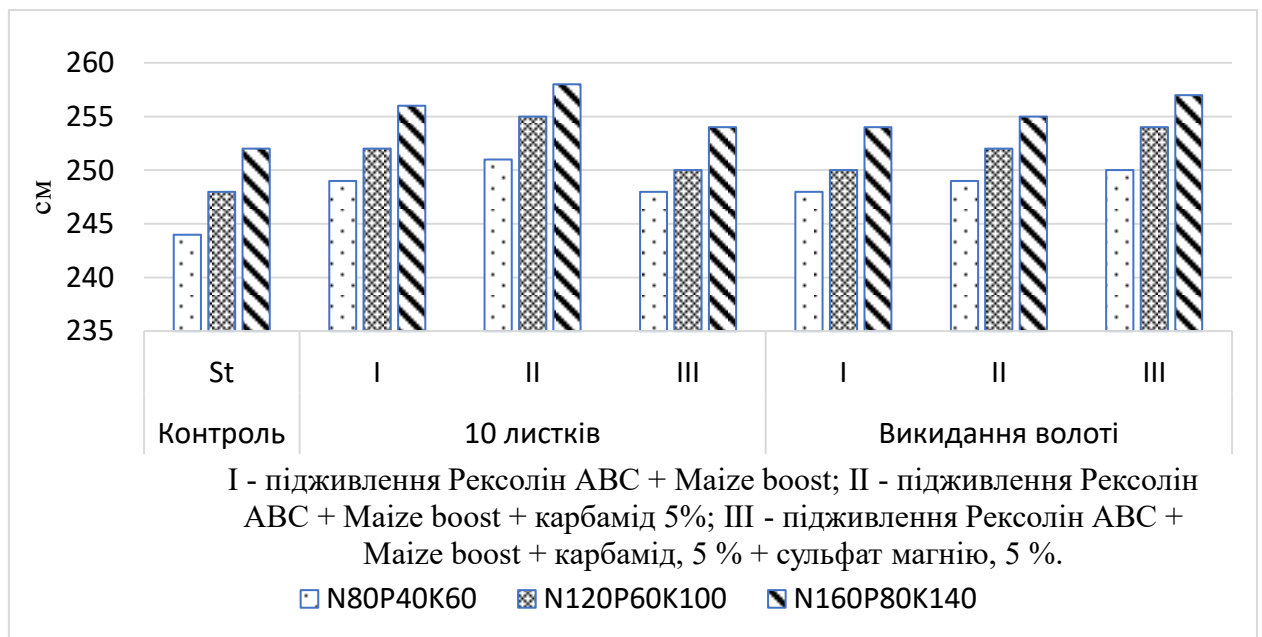


Рис. 3.1 Вплив застосування мінеральних добрив та мікродобрив на висоту рослин кукурудзи, см

На фоні добрив N80P40K60, при обробці мікродобривами у фазі 10 листків, рослини кукурудзи сформували висоту 249 см.

Застосування мікродобрив та 5% сечовини збільшило висоту рослин на 7 см порівняно з контролем, який становить 251 см.

Добриво мікродобривами, 5% сечовиною та 5% сульфатом магнію збільшило висоту рослин до 252 см, що на 8 см більше за контроль.

Проведення позакореневого підживлення у фазі викидання волоті також сприяло збільшенню висоти рослин кукурудзи на 4–6 см, і становить 248, 249 та 250 см залежно від складу добрив.

На рівні добрив N120P60K100, при обробці мікродобривами у фазі 10 листків, рослини кукурудзи сформували висоту 252 см, що на 4 см більше за контроль.

При підживленні мікродобривами та сечовиною у фазі 10 листків висота рослин становила 255 см, а при використанні мікродобрив, сечовини та сульфату магнію – 255 см, що на 7 см більше за контроль.

Найбільший вплив позакореневого підживлення на висоту рослин кукурудзи спостерігався у варіантах з рівнем удобрення N160P80K140. При проведенні позакореневого підживлення мікродобривами у фазі 10 листків висота рослин становила 256 см, а при підживленні мікродобривами та сечовиною – 258 см, що на 4 та 6 см більше за контроль відповідно.

Найвище значення висоти рослин кукурудзи спостерігалось при підживленні мікродобривами, сечовиною та сульфатом магнію у фазі 10 листків, яке становить 260 см.

У варіанті позакореневого підживлення мікродобривами у фазі викидання волоті висота рослин становила 254 см, з мікродобривами та сечовиною – 255 см, з мікродобривами, сечовиною та сульфатом магнію – 257 см.

Висота прикріплення початку є важливою ознакою, що характеризує придатність гібридів до механізованого збирання. Низьке прикріплення (нижче 40 см) призводить до значних втрат під час збирання. Для зменшення

цих втрат необхідно, щоб висота прикріплення нижнього початку була не менше 50 см від поверхні ґрунту. Занадто високе прикріплення – вище 130 см також небажане [28].

У дослідженнях Н. М. Рудавської та В. В. Гливи [73] удобрення впливало на висоту прикріплення нижнього качана. Залежно від гібрида, цей показник збільшувався на 1,6–6,3% при внесенні добрив N90P60K60, та на 7,9–13,5% при внесенні N120P90K90.

Застосування добрив та позакореневе підживлення вплинули на висоту прикріплення нижнього качана (рис. 3.2).

Зі збільшенням норми добрив висота прикріплення нижнього качана збільшувалася. При внесенні добрив N80P40K60 цей показник становив 108 см.

При внесенні добрив N120P60K100 висота прикріплення нижнього качана збільшувалася на 6–11 см. Збільшення рівня добрив до N₁₆₀P₈₀K₁₄₀ сприяло формуванню качанів на висоті 119 см від поверхні ґрунту. Позакореневе підживлення впливав на висоту прикріплення нижньої сім'ядолі при внесенні у фазу 10 листків кукурудзи. Внесення добрив на пізніших стадіях вегетації кукурудзи – у фазі викидання волоті – не мало суттєвого впливу на цей показник, оскільки на цій стадії розвитку рослини майже повністю сформовані.

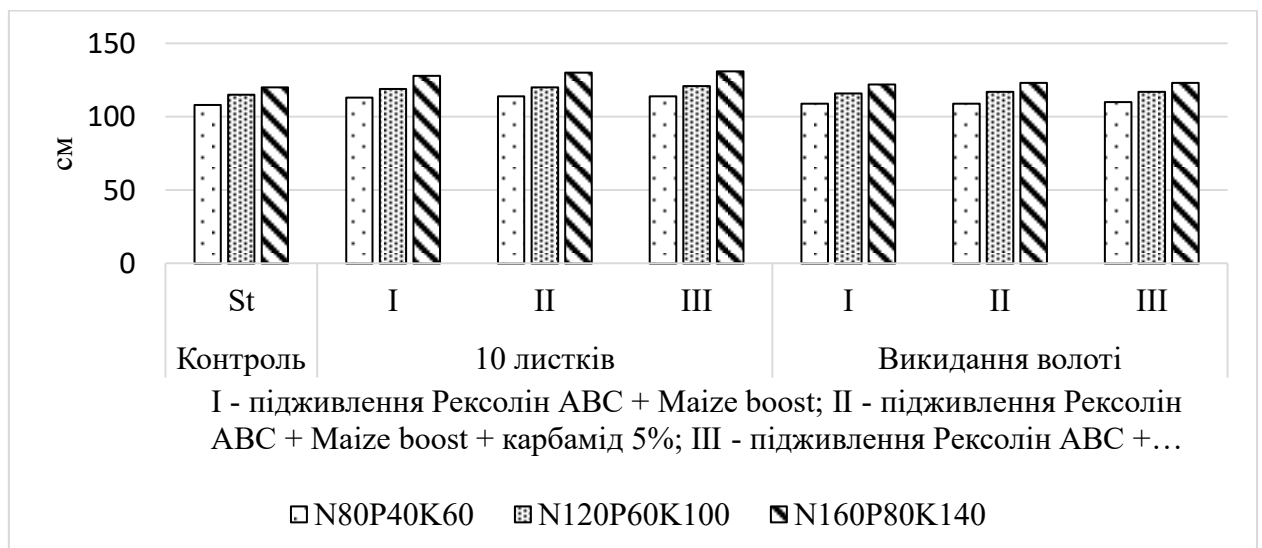


Рис. 3.2 Висота прикріплення початку кукурудзи, см

На фоні добрив N80P40K60, залежно від складу підживлення, висота нижнього початку прикріплення збільшувалася на 5-6 см при обробці у фазі 10 листків і становила 113–114 см.

З добривами N120P60K100 рослини кукурудзи формували головки на висоті 119–121 см від поверхні ґрунту, що на 5–7 см більше порівняно з ділянкою без підживлення.

З добривами N160P80K140 висота нижнього початку прикріплення становила 128–131 см. Приріст від позакореневого підживлення становив 8–10 см, або 6,9–9,7%.

3.3 Площа листкової поверхні

Основою формування врожаю сільськогосподарських культур є фотосинтетична активність. Найважливішими факторами, що впливають на продуктивність рослин, що визначають ефективність процесу фотосинтезу, є наявність сонячної енергії, температура навколишнього середовища, достатня кількість вологи та поживних речовин.

Кукурудза належить до рослин типу C4, що дозволяє ефективніше поглинати вуглекислий газ, порівняно з більшістю сільськогосподарських рослин з фіксацією CO₂ за типом C3. Кукурудза має ще одну особливість – відсутність фотодихання та, як наслідок, більш інтенсивний фотосинтез.

Підвищення продуктивності фотосинтезу є важливою умовою формування високих врожаїв кукурудзи. Формування посівів з оптимальною площею листкової поверхні є одним із завдань у досягненні цієї мети. Листовий апарат рослин акумулює сонячну енергію в процесі фотосинтезу та забезпечує створення органічної речовини, що впливає на накопичення

біомаси. Розмір листкового апарату залежить від розміру врожаю кукурудзи. Про це свідчить ряд досліджень [74].

Нами встановлено, що на площу листкової поверхні впливає рівень основного добрива та позакореневого підживлення (рис. 3.3).

У фазі 12 листків, за умови внесення добрив N80P40K60, площа листкової поверхні становила 25,8 тис. м²/га без підживлення. Збільшення норми добрив до N120P60K100 сприяло формуванню більшої площі листкової поверхні кукурудзи – 28,3 тис. м²/га, що на 3,5 тис. м²/га більше, ніж під N80P40K60. Під добривом N160P80K140 площа листкової поверхні становила 30,9 тис. м²/га, що на 5,1 тис. м²/га більше, ніж площа листкової поверхні під добривом N80P40K60.

Застосування мікродобрив з добривом N80P40K60 сприяло збільшенню площі листкової поверхні до 27,1 тис. м²/га, мікродобрив та сечовини – 27,3, мікродобрив, сечовини та сульфату магнію – 27,6 тис. м²/га.

Підживлення у фазі викидання волоті мало менший вплив на формування площі листкової поверхні. При підживленні мікродобривами площа асиміляційної поверхні становила 40,4 тис. м²/га, з мікродобривами та сечовиною – 40,5, а з мікродобривами, сечовиною та сульфатом магнію – 40,8 тис. м²/га.

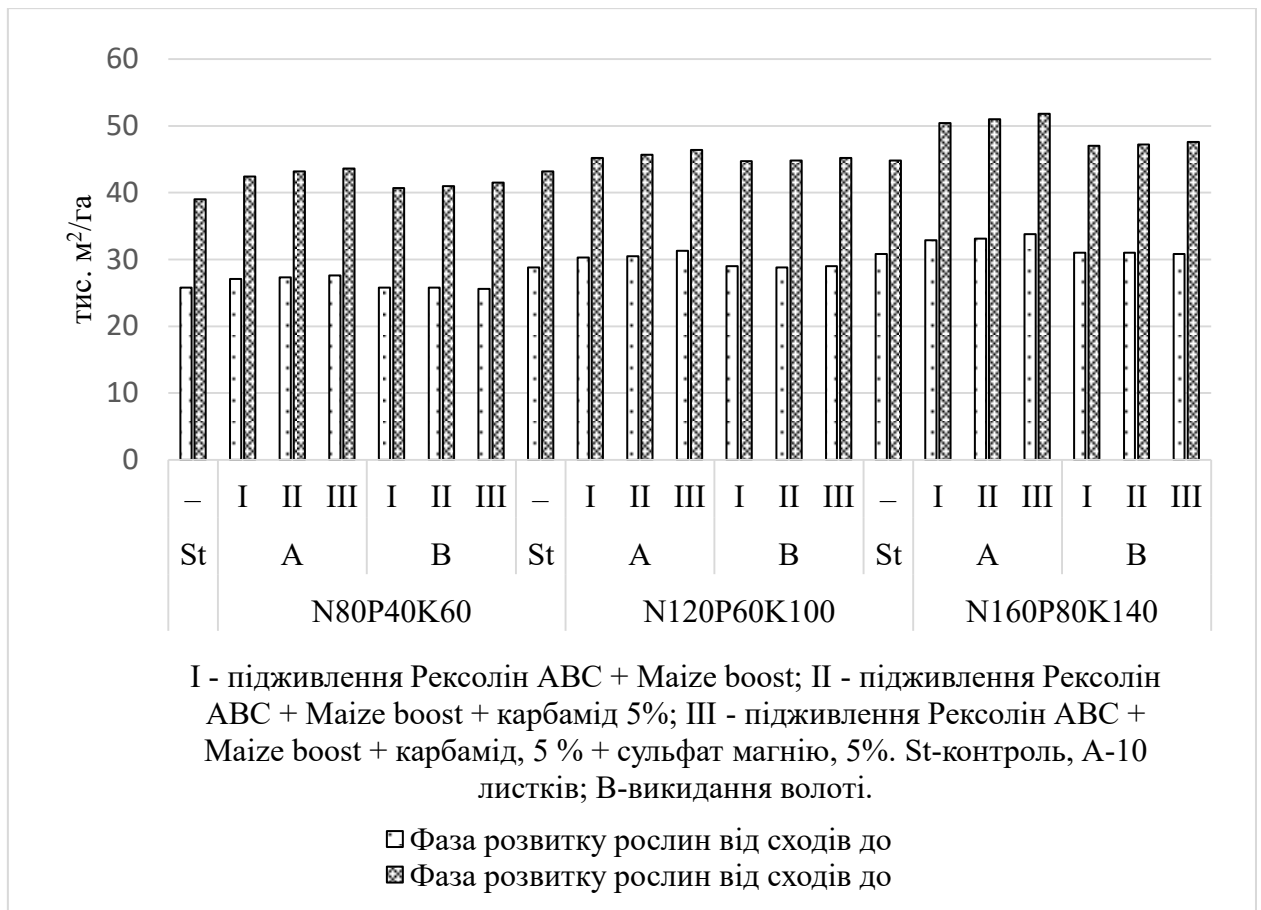


Рис. 3.3 Площа листкової поверхні, тис. м²/га

У варіанті використання мікродобрив, сечовини та сульфату магнію – 41,8 тис. м²/га, дещо менше при використанні мікродобрив та сечовини – 41,1, та при підживленні мікродобривами – 40,6 тис. м²/га.

Позакореневе підживлення мікродобривами у фазі 10 листків збільшило площу листя у фазі цвітіння до 45,1 порівняно з контролем (43,1 тис. м²/га у фазі цвітіння). Позакореневе підживлення мікродобривами та сечовиною збільшило цей показник до 45,8, а мікродобривами, сечовиною та сульфатом магнію – до 46,5 тис. м²/га.

Позакореневе підживлення мікродобривами у фазі волоті дозволило рослинам кукурудзи сформувати площу листя 44,8 тис. м²/га,

мікродобривами та сечовиною – 44,8, мікродобривами, сечовиною та сульфатом магнію – 45,0 тис. м²/га у фазі цвітіння.

Позакореневе підживлення у фазі волоті також сприяло збільшенню площі листя. Цей показник становив 47,1–47,8 тис. м²/га. Внесення добрив у фазі появи волоті збільшило площу листя до 46,2–46,6 тис. м²/га, а після цвітіння – до 44,4 тис. м²/га.

3.3 Накопичення сухої речовини

Процес накопичення сухої речовини у кукурудзи значною мірою визначається кінетикою її росту, розміром листкової поверхні, фотосинтетичною здатністю та спадковими ознаками. Зі збільшенням темпів вегетації спостерігається збільшення площі асиміляційних органів, підвищення інтенсивності фотосинтезу та, як наслідок, збільшення фактичної врожайності.

Для забезпечення ефективного фотосинтезу та подальшого спрямування його метаболітів на процеси росту, розвитку та накопичення запасних речовин, які мають вирішальне значення для формування врожаю, рослині потрібне гарне мінеральне живлення. Вивчення динаміки накопичення сухої речовини служить одним із методів оцінки фізіологічної реакції рослин на внесення макро- та мікроелементів. Використання мікродобрив сприяє збільшенню врожаю сухої речовини, що безпосередньо залежить від рівня врожайності [75].

Загальні тенденції накопичення сухої речовини зберігалися незалежно від рівня удобрення (рис. 3.4).

У контрольному варіанті, де кукурудзу удобрювали N120P60K100, у фазі 10 листків вихід сухої речовини у фазі воскової стиглості становив 20,11 т/га. Удобрення мікродобривами збільшило цей показник до 22,65 т/га, а додавання сечовини до мікродобрив – до 23,0 т/га.

Найбільше збільшення сухої речовини (3,43 т/га) було досягнуто при використанні мікродобрів, сечовини та сульфату магнію, що дало загальну врожайність 23,44 т/га.

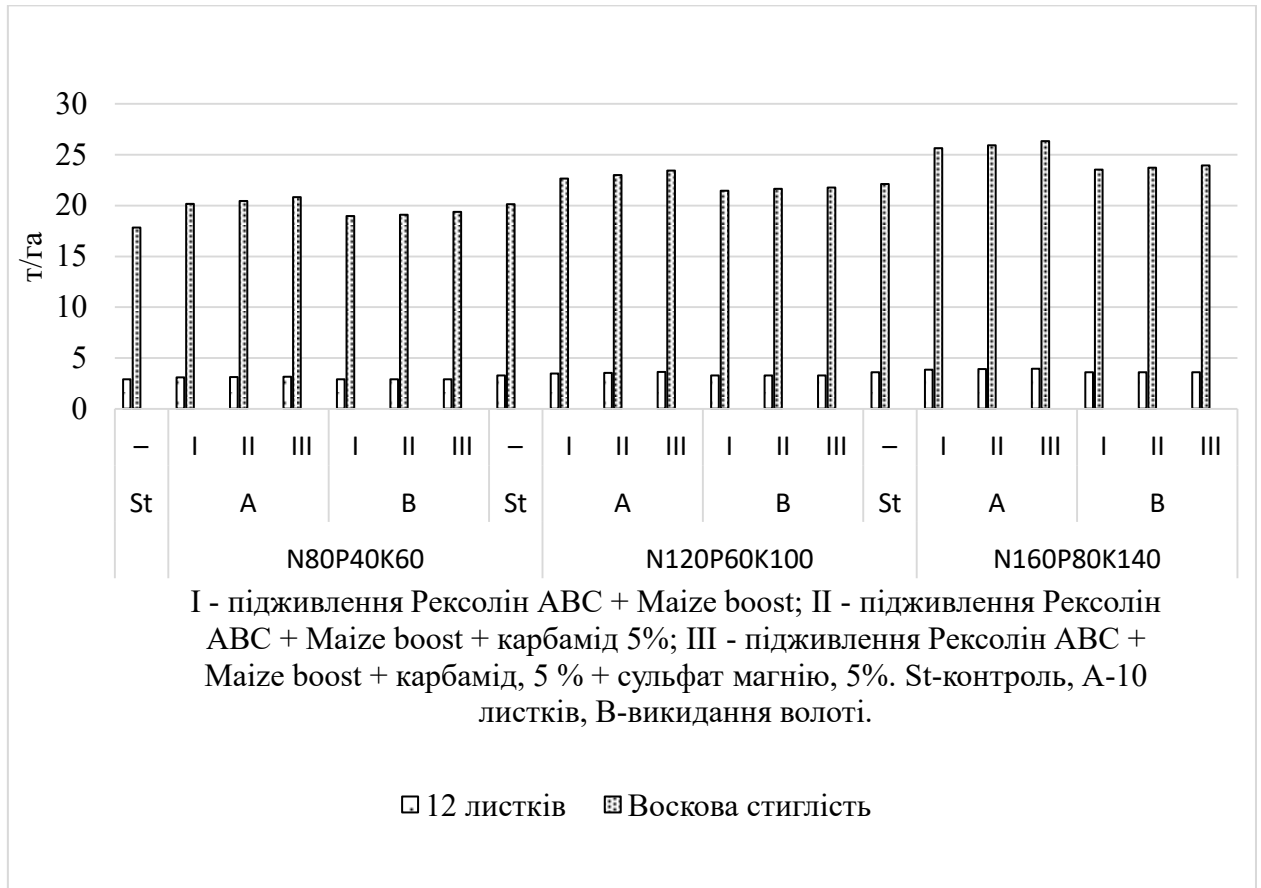


Рис. 3.4 Суха маса рослин кукурудзи залежно від удобрення

Підживлення у фазі викидання волоті було менш ефективним, забезпечуючи вихід сухої речовини в межах 21,43–21,76 т/га.

Однак підживлення мікроелементами у фазі викидання волоті дало врожай 23,54 т/га, мікроелементами з сечовиною – 23,71 т/га, а мікроелементами, сечовиною та сульфатом магнію – 23,94 т/га, що на 1,85 т/га більше, ніж у контрольному варіанті.

Загалом, позакореневе підживлення у фазі 10 листків сприяє кращому засвоєнню поживних речовин і, як наслідок, утворенню більшої кількості сухої речовини порівняно з підживленням на пізніших стадіях розвитку.

Так, максимальний вихід сухої речовини кукурудзи було отримано при внесенні основного добрива N160P80K140 та позакореновому підживленні мікроелементами, сечовиною (5%) та сульфатом магнію (5%).

3.4 Вплив добрив на фотосинтетичний потенціал кукурудзи

Фотосинтез – це основний процес створення органічних продуктів у природі шляхом перетворення сонячної енергії в енергію хімічних зв'язків органічних сполук. На частку органічних сполук, що створюються під час фотосинтезу, припадає близько 85% від загальної біомаси рослинного організму. Тому зміна сухої речовини може цілком об'єктивно проявлятися в асиміляційній активності рослин.

Для оптимального фотосинтезу культура повинна мати певну площу листової поверхні. Однак, необхідно розрізняти листову поверхню як засіб накопичення пластичних речовин для формування врожаю зерна та листову масу культур, що вирощуються на корм. У першому випадку надлишкова листова поверхня не сприятиме високому врожаю культури, оскільки частина листя буде затінена її верхніми ярусами. Крім того, затінена частина листя не тільки не дає продуктивної віддачі, але й є по суті зайвою, оскільки значна частина поживних речовин використовується на її формування [76].

Одним з основних факторів, що визначає рівень продуктивності та відображає фотосинтетичну активність рослин кукурудзи, як в окремі періоди росту та розвитку, так і протягом усього вегетаційного періоду, є фотосинтетичний потенціал. Визначення оптимального типу рослин, здатних стабільно реалізувати свій генетичний потенціал і водночас адекватно реагувати на зміну умов вирощування, постійно привертає увагу багатьох вчених [77].

Застосування позакореневого підживлення сприяло покращенню здатності рослин кукурудзи до фотосинтезу протягом вегетаційного періоду. Найбільш значне збільшення фотосинтетичного потенціалу спостерігалось при використанні суміші мікроелементів, сечовини та сульфату магнію.

Зокрема, при внесенні добрив N80P40K60 фотосинтетичний потенціал становив 2652,0 тис. м² днів/га в контролі. Додавання мікродобрив збільшило цей показник до 2876,1 тис. м² днів/га, поєднання мікродобрив із сечовиною – до 2912,0 тис. м² днів/га, а повний комплекс (мікродобрива, сечовина та сульфат магнію) – до 2955,4 тис. м² днів/га.

Крім того, позакоренеve підживлення у фазу викидання волоті також позитивно вплинуло на фотосинтетичний потенціал. При використанні лише мікродобрив цей показник досяг 2746,6 тис. м² днів/га, з додаванням сечовини – 2744,8 тис. м² днів/га, а з повним комплексом – 2777,3 тис. м² днів/га.

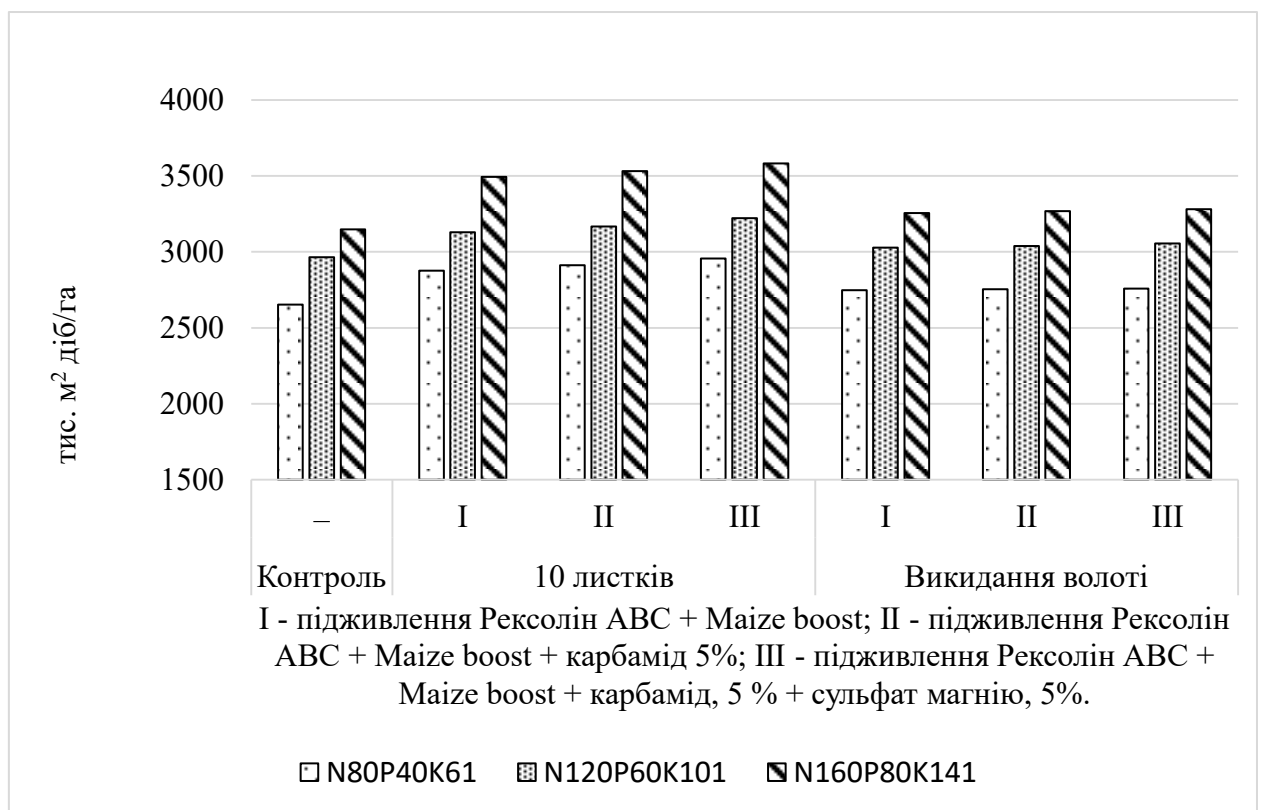


Рис. 3.5 Фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи, тис.м² діб/га

Збільшення норми добрив до N120P60K100 збільшило фотосинтетичний потенціал, який у контрольному варіанті становив 2964,4 тис. м² день/га. Використання мікродобрив сприяло збільшенню фотосинтетичного потенціалу до 3128,8 тис. м² день/га, мікродобрив та сечовини – 3167,3, а мікродобрив, сечовини та сульфату магнію – до 3222,6 тис. м² день/га.

При внесенні підживлення у фазі викидання волоті мікродобривами фотосинтетичний потенціал становив 3027,8 тис. м² день/га, мікродобрив та сечовини – 3037,6, мікродобрив, сечовини та сульфату магнію – 3055,3 тис. м² день/га.

Найвищий фотосинтетичний потенціал було отримано при внесенні добрив у нормі N160P80K140. У контрольному варіанті цей показник становив 3147,1 тис. м² день/га, при підживленні мікродобривами – 3493,1, мікродобривами та сечовиною – 3531,0, а мікродобривами, сечовиною та сульфатом магнію – 3582,7 тис. м² день/га, що на 14,2% більше, ніж у контролі.

Позакореневе підживлення у фазі викидання волоті збільшило фотосинтетичний потенціал до 3254,8–3281,3 тис. м² день/га, а підживлення після цвітіння – 3153,1–3156,3 тис. м² день/га.

Встановлено, що найвищий фотосинтетичний потенціал забезпечується вирощуванням кукурудзи з удобренням у нормі N160P80K140 та позакореневим підживленням мікродобривами, сечовиною та сульфатом магнію у фазі 10 листків, що оптимізує живлення рослин.

Ще одним важливим показником є чиста продуктивність фотосинтезу, яка відображає роботу асиміляційного апарату. Цей показник характеризує кількість накопиченої біомаси, що утворюється на одиниці площі листка за

одиницю часу. Чиста продуктивність фотосинтезу характеризує добову різницю між фотосинтезом та диханням рослин.

При внесенні добрив з розрахунку N80P40K60 у період розсади – 12 листків на контрольному варіанті чиста продуктивність фотосинтезу становила 4,77 г/м², а при підживленні на 10 листків – 10,83–10,85 г/м² (рис. 3.6).

Чиста фотосинтетична продуктивність зростала від 12 листків до цвітіння. В контрольних умовах цей показник становив 7,74 г/м², при підживленні у фазі 10 листків – 8,28–8,39 г/м², при підживленні у фазі волоті – 8,03–8,28 г/м².

Найвищі показники чистої фотосинтетичної продуктивності зафіксовано в період цвітіння–молочна стиглість. У контрольних умовах цей показник становив 9,04 г/м², при підживленні у фазі 10 листків – 9,40–9,43 г/м², у фазі волоті – 9,20–9,22 г/м², а після цвітіння – 9,04–9,10 г/м² на добу.

У молочно-воскову фазу стиглості кукурудзи чиста фотосинтетична продуктивність знижувалася, оскільки рослини перерозподіляли пластичні речовини та висушували нижнє листя. Чиста фотосинтетична продуктивність у контрольних умовах становила 6,13 г/м², при підживленні до 10 листків – 6,30–6,31 г/м², у фазі розкриття волоті – 6,31–6,32 г/м², а після цвітіння – 6,29–6,34 г/м².

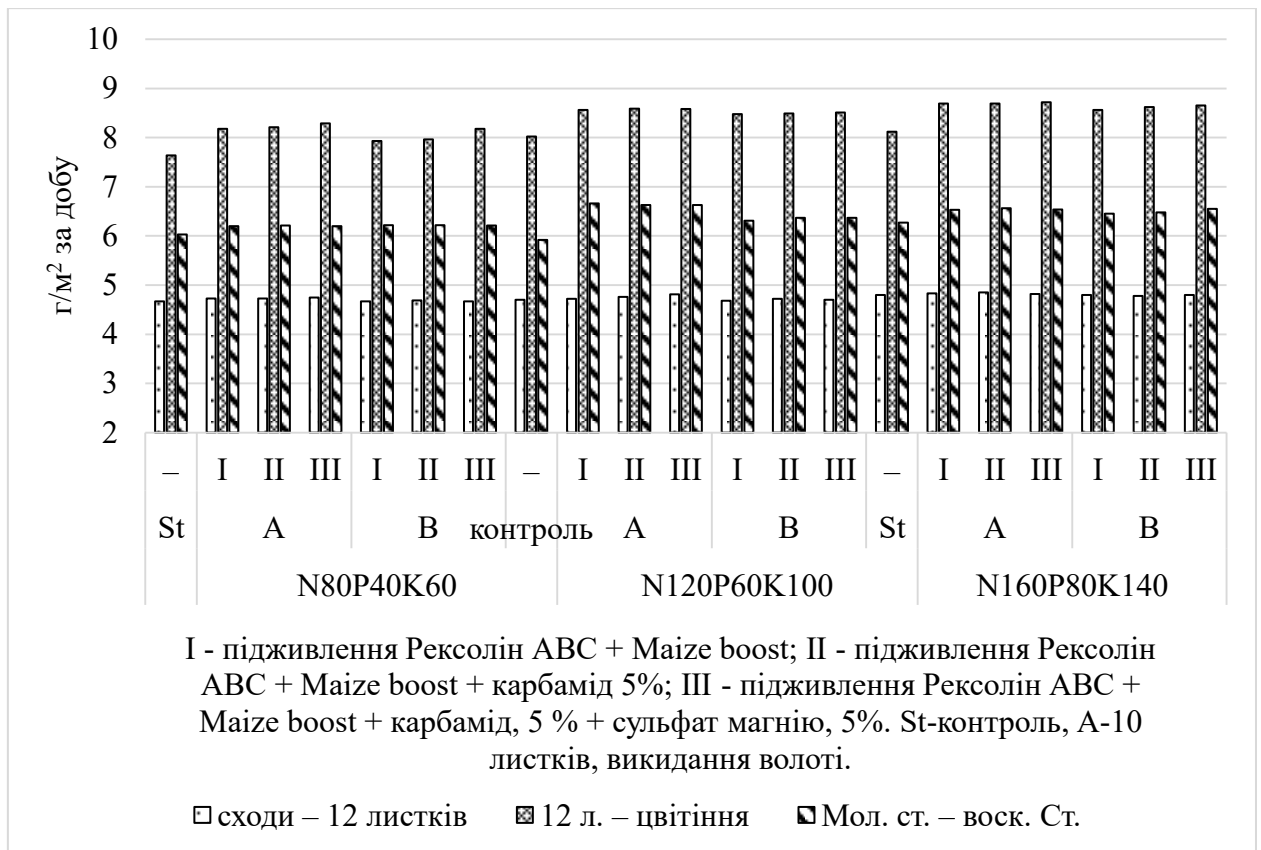


Рис. 3.6 Чиста продуктивність фотосинтезу кукурудзи залежно від удобрення, г/м² за добу

Збільшення дози добрив до N₁₂₀P₆₀K₁₀₀ сприяло збільшенню чистої продуктивності фотосинтезу, яка в контрольних умовах у період проростання (12 листків) становила 4,80 г/м² на добу. При підживленні до 10 листків чиста продуктивність фотосинтезу становила 4,82–4,91 г/м².

Від 12 листків до цвітіння чиста продуктивність фотосинтезу в контрольних умовах становила 8,12 г/м². Позакореневе підживлення у фазі 10 листків збільшило цей показник до 8,66–8,69 г/м², а підживлення у фазі розпускання волоті – до 8,58–8,61 г/м².

Чиста продуктивність фотосинтезу у стадії молочно-воскового цвіту знизилася і в контрольних умовах досягла 6,02 г/м². Підживлення у фазі 10 листків збільшило цей показник до 6,73–6,76 г/м², у фазі волоті – до 6,41–6,47 г/м², а після цвітіння – до 6,35–6,44 г/м².

При внесенні добрива N160P80K140 чиста продуктивність фотосинтезу у фазі 12 листків за контрольних умов становила 4,90 г/м². Підживлення у фазі 10 листків збільшило цей показник до 4,92–4,95 г/м².

У період молочно-воскової стиглості продуктивність кон'югованого фотосинтезу знизилася. У контролі цей показник становив 36,37 г/м², а при підживленні у фазі 10 листків – 6,63–6,66, у фазі викидання волоті – 6,55–6,65 г/м².

Збільшення норми добрив сприяло підвищенню справжньої продуктивності фотосинтезу. Найбільш позитивний вплив на показники справжньої продуктивності фотосинтезу мало проведення позакореневого підживлення мікродобривами, сечовиною та сульфатом магнію у фазі 10 листків.

РОЗДІЛ 4

ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖИТЬ ВІД УДБРЕННЯ

4.1 Врожайність та її структура

Структура врожайності є дзеркалом впливу технології вирощування. Аналіз її показників є критично важливим, оскільки саме ці елементи безпосередньо визначають загальну врожайність. Дослідження показують, що деякі структурні ознаки, такі як кількість рядів зерна, менш чутливі до зовнішніх умов, тоді як інші краще реагують на зміни в технології вирощування [58].

Результати досліджень впливу норм добрив на структурні показники врожайності кукурудзи наведено на рис. 4.1.

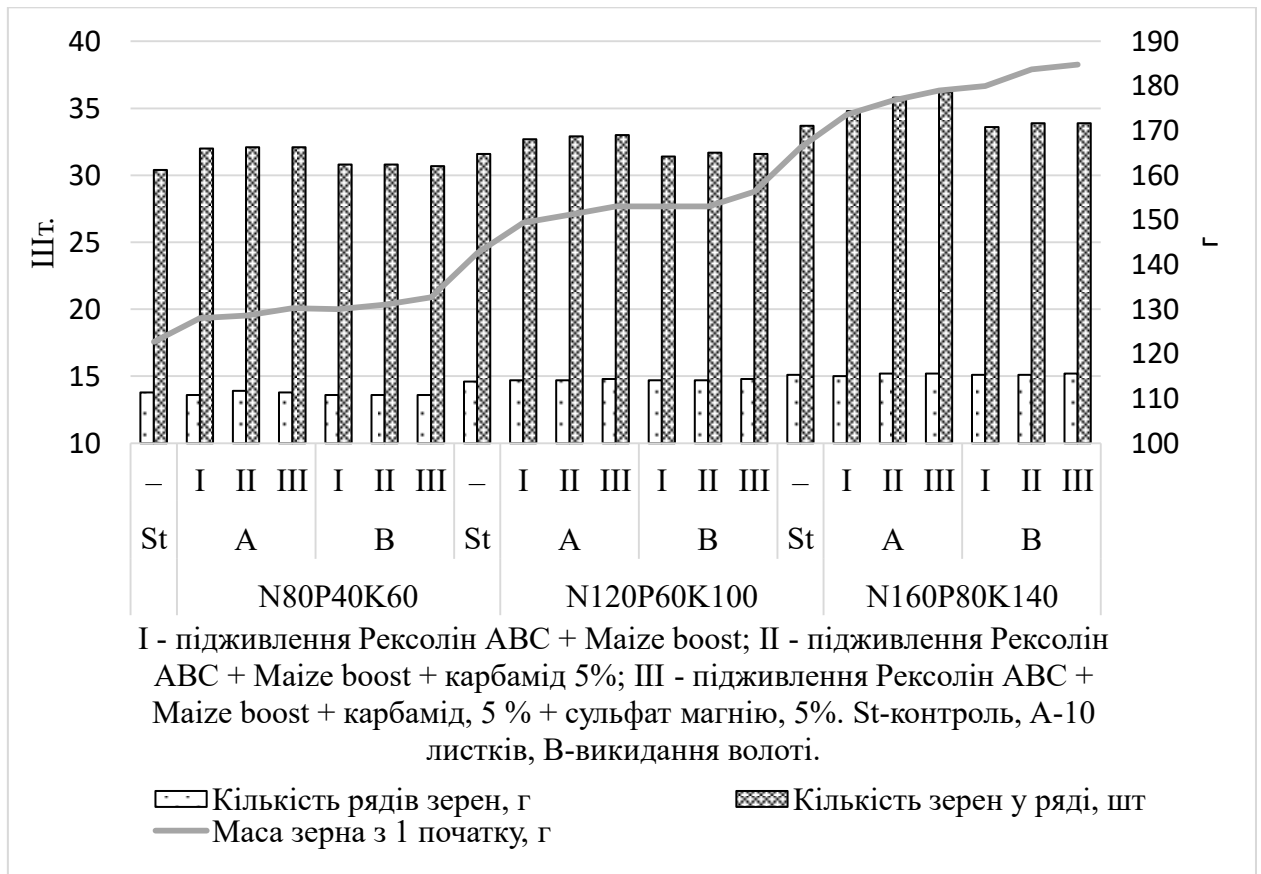


Рис. 4.1 Структурні показники зерна кукурудзи

При внесенні добрив у нормі N80P40K60 кількість рядів зерен становила 13,6–13,9. Збільшення норми добрив до N120P80K90 сприяло збільшенню кількості рядів зерен до 14,6–14,8. А при внесенні добрив у

нормі N160P80K140 отримано найменшу кількість рядів зерен, яка становить 15,0–15,2.

Кількість зерен у рядку також змінювалася під впливом удобрення. На фоні добрив N80P40K60 на контрольному зразку цей показник становив 30,4. Позакореневе підживлення у фазі 10 листків збільшило цей показник до 32,0–32,1, що на 5,2–5,5% більше, ніж у контролі. Склад позакореневого підживлення суттєвого впливу не мав. Застосування позакореневого підживлення у фазі викидання волоті не вплинуло на кількість рядків у зерні, оскільки вони вже сформовані. У цих варіантах показник становив 30,8.

Застосування підвищеної норми мінеральних добрив (N120P60K100) призвело до збільшення кількості рядків зерен у колосі до 31,6 у контрольному варіанті. Позакореневе підживлення мікроелементами, сечовиною та сульфатом магнію у фазі 10-го листка сприяло збільшенню цього показника до 33,0, що на 4,4% вище за контроль.

Проведення позакореневого підживлення у фазі викидання волоті забезпечило кількість рядків зерен у діапазоні 31,4–31,6.

Максимальний вплив на кількість зерен у рядку спостерігався при внесенні добрив у нормі N160P80K140, де цей показник досяг 33,7 порівняно з контролем.

Результати дослідження позакореневого підживлення у фазі 10 листків показали, що застосування мікродобрив призвело до збільшення кількості рядів зерна на 4,0% порівняно з контролем, досягнувши показника 34,8.

Спільне застосування мікродобрив із сечовиною сприяло збільшенню цього показника до 35,8, що на 6,3% вище контрольних значень.

Найбільша ефективність спостерігалася при обробці рослин комплексом, що включав мікродобрива, сечовину та сульфат магнію: кількість рядів зерна досягла 36,2, що на 7,4% вище контролю.

Таким чином, спільне застосування мікроелементів, азотних та

магнієвих добрив забезпечує найбільш виражений стимулюючий вплив на формування продуктивних елементів колоса.

За результатами дослідження встановлено, що застосування добрив N80P40K60 сприяло формуванню маси зерна з одного колоса на рівні 122,7 г у контрольному варіанті. Позакореневе підживлення мікродобривами призвело до збільшення цього показника до 128,0 г, що на 5,3 г (4,3%) вище за контроль. Спільне застосування мікродобрив та сечовини забезпечило збільшення маси зерна до 128,6 г, а включення до складу підживлення сульфату магнію – до 130,2 г, що свідчить про збільшення на 7,5 г (6,1%) порівняно з контролем.

Отримані дані дозволяють зробити висновок, що позакореневе підживлення у фазі 10 листків сприяє збільшенню маси зерна на качан за рахунок збільшення кількості зерен, тоді як обробка у фазі викидання волоті позитивно впливає на формування маси зерна з початку.

Внесення підживлення у фазі викидання волоті призвело до збільшення маси зерна з початку на 10,6–14,4 г відносно контролю, досягнувши показників 153,0–156,3 г.

Максимальне збільшення маси зерна з початку зафіксовано при внесенні добрив у дозі N160P80K140. У контрольному варіанті цей показник становив 166,2 г, тоді як підживлення у фазі 10 листків забезпечило приріст на 7,0–12,8 г (4,2–7,6 %), збільшивши масу зерна до 173,6–179,0 г.

При проведенні підживлення у фазі викидання волоті спостерігалось збільшення маси зерна до 180,0–184,8 г, що перевищувало контрольні значення на 13,8–18,6 г (8,3–11,1 %).

Результати проведених досліджень демонструють значний вплив гідротермічних умов вегетаційного періоду, а також агротехнічних факторів, зокрема норм внесення мінеральних добрив, термінів позакореневого підживлення та їх хімічного складу, на формування врожаю кукурудзи (рис. 4.2).

від норми внесення. На фоні основного добрива $N_{80}P_{40}K_{60}$ позакореневе підживлення мікродобривами у фазі 10 листків забезпечило збільшення врожайності в середньому до 10,1 т/га, що на 0,5 т/га вище за контрольний варіант. Поєднання мікродобрив із сечовиною сприяло збільшенню врожайності до 10,3 т/га (+0,7 т/га порівняно з контролем), тоді як комплексне внесення мікродобрив, сечовини та сульфату магнію забезпечило максимальне збільшення врожайності – 0,9 т/га, що відповідало показнику 10,5 т/га. Використання мікродобрив забезпечило збільшення врожайності до 9,97 т/га, поєднання мікродобрив із сечовиною – до 10,03 т/га, а включення сульфату магнію до складу підживлення дозволило досягти 10,11 т/га, що на 0,51 т/га вище за контрольний варіант.

Застосування основного добрива в дозі $N120P60K100$ у поєднанні з позакореневим підживленням мікродобривами у фазі 10 листків сприяло збільшенню врожайності до 11,30 т/га, що на 0,50 т/га вище за контрольний варіант.

Спільне використання мікродобрив із сечовиною забезпечило збільшення продуктивності до 11,5 т/га (+0,7 т/га порівняно з контролем).

Найефективнішим варіантом було додаткове внесення сульфату магнію разом з мікроелементами та сечовиною, що призвело до збільшення врожайності до 11,7 т/га, що на 0,9 т/га вище за контрольні значення. Таким чином, оптимальна продуктивність досягається шляхом поєднання підвищених норм основного добрива з комплексним позакореневим підживленням у ранні фенологічні фази, зокрема з використанням мікроелементів, азоту у вигляді сечовини та магнієвого підживлення.

РОЗДІЛ 5

ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

5.1 Економічна оцінка

Кукурудза є однією з найпродуктивніших культур універсального призначення. В останні роки Україна стабільно посідає 3–4 позиції у світовому рейтингу експортерів зерна кукурудзи, при цьому близько 80% валового збору реалізується на зовнішніх ринках, що суттєво впливає на економічний стан держави [78].

Підвищення конкурентоспроможності у сфері виробництва кукурудзи може бути досягнуто шляхом оптимізації агротехнологічних процесів, раціонального ресурсозабезпечення та підвищення рівня сільського господарства. Ключовим фактором ефективності сільськогосподарського виробництва є максимізація продуктивності при мінімізації витрат.

У сучасних умовах ринкової економіки економічний аналіз має особливе значення, оскільки зростання цін на мінеральні добрива, пестициди, паливно-мастильні матеріали та трудові ресурси призводить до збільшення собівартості виробництва кукурудзи. Економічна ефективність технології її вирощування визначається кореляційним аналізом між обсягом використаних матеріально-технічних ресурсів та отриманою врожайністю.

Економічну ефективність досліджуваних елементів технології вирощування кукурудзи оцінювали комплексно, розраховуючи відповідні показники (табл. 5.1).

Результати дослідження впливу позакореневого підживлення на економічну ефективність вирощування сільськогосподарських культур показали наступне:

Застосування мікродобрив у фазі розвитку 10 листків призвело до збільшення умовного чистого прибутку до 43 211 грн.

Спільне застосування мікродобрив та сечовини забезпечило подальше

збільшення умовного чистого прибутку – до 44 516 грн.

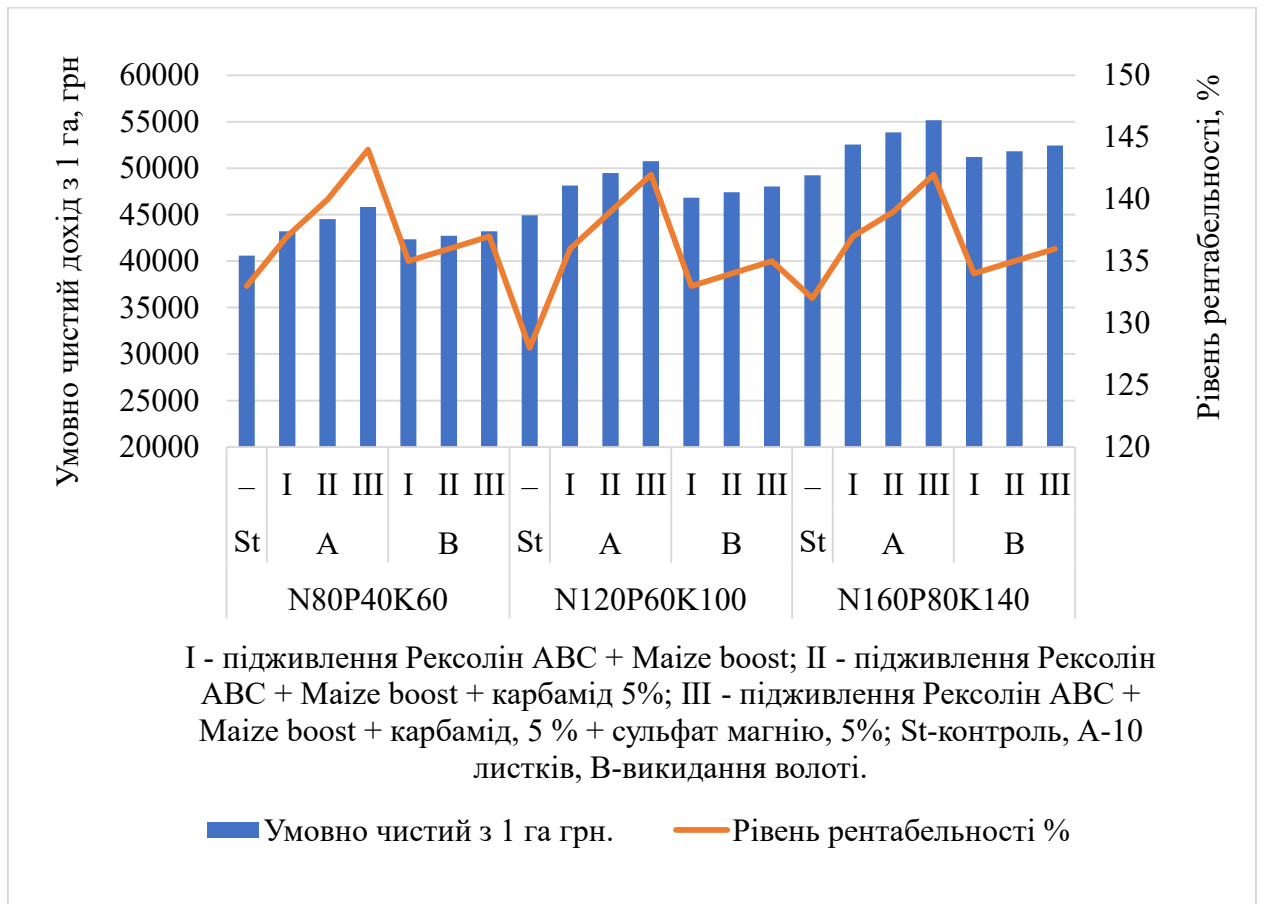


Рис. 5.1 Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно

Найвища економічна ефективність зафіксована при комплексному внесенні мікродобрив, сечовини та сульфату магнію, що дозволило досягти умовного чистого прибутку у розмірі 45 846 грн. Таким чином, позакореневі підживлення значно підвищили рентабельність виробництва.

Проведені дослідження показали значний позитивний вплив підживлення на прибуток від вирощування кукурудзи.

Під час підживлення у фазі викидання волоті умовний чистий прибуток становив 42 353–43 267 грн, що свідчить про високу ефективність цього методу. Рівень рентабельності в цьому випадку був на рівні 135–137%, що є надзвичайно привабливим показником.

Збільшення норми добрив до N120P60K100 призвело до збільшення умовного чистого прибутку в цьому варіанті до 44 938 грн, а рівень

рентабельності склав 128%, що підтверджує економічну доцільність використання підвищених норм добрив.

Внесення мікродобрив у фазі 10 листків сприяло збільшенню умовного чистого прибутку до 48 158 грн, поєднання мікродобрив із сечовиною – до 49 483 грн, а комплексне внесення мікродобрив, сечовини та сульфату магнію – до 50 750 грн. Відповідні рівні рентабельності склали 133%, 139% та 142%.

Доповнення мікродобривами у фазі викидання волоті забезпечило збільшення умовного чистого прибутку до 46 820 грн, комбіноване внесення мікродобрив та сечовини – до 47 410 грн, а включення до схеми сульфату магнію – до 48 040 грн. Рентабельність у цих варіантах коливалася в межах 133–135%. Найбільш ефективним є внесення мікродобрив із сечовиною та сульфатом магнію у фазі 10 листків, що забезпечує максимальну економічну ефективність.

Використання мікродобрив у фазі 10 листків культури за нормою добрив N160P80K140 призвело до збільшення умовного чистого прибутку до 52 556 грн, а рівень рентабельності досяг 137%. Спільне використання мікродобрив із сечовиною спричинило збільшення умовного чистого прибутку до 53 858 грн та збільшення рентабельності до 139%.

Найефективнішим варіантом виявилось комплексне підживлення мікродобривами, сечовиною та сульфатом магнію, яке забезпечило максимальний умовний чистий прибуток – 55 180 грн та рівень рентабельності 142%.

Таким чином, використання мікроелементів у поєднанні з азотними та магнієвими добривами демонструє найвищу економічну ефективність порівняно з іншими досліджуваними варіантами.

Використання мікродобрив у фазі викидання волоті забезпечило умовний чистий прибуток у розмірі 51 230 грн, поєднання мікродобрив із сечовиною – 51 850 грн, а включення сульфату магнію до схеми підживлення дозволило досягти 52 470 грн, при рівні рентабельності 134–136%.

Збільшення норм внесення добрив та використання позакореневого підживлення призвели до зростання витрат на вирощування кукурудзи та собівартості 1 тонни зерна. Однак ці заходи забезпечили збільшення врожайності, що компенсувало зростання витрат та сприяло збільшенню умовного чистого прибутку та підтримці високого рівня рентабельності виробництва.

5.2 Енергетична оцінка технології вирощування кукурудзи

Підвищення врожайності сільськогосподарських культур досягається за рахунок збільшення енергетичних витрат, які матеріалізуються у використанні техніки, палива, мінеральних добрив, пестицидів та інших елементів технологічного процесу, спрямованих на оптимізацію використання сонячної радіації.

Ефективність технології вирощування можна об'єктивно визначити за допомогою порівняльного аналізу енергетичних витрат на виробництво з енергетичним еквівалентом отриманого врожаю. На відміну від економічного аналізу, енергетична оцінка є інваріантною до ринкових умов і точніше відображає продуктивність сільськогосподарського виробництва.

Дані досліджень показали, що внесення добрив та позакореневе підживлення змінили енергетичні показники технології вирощування кукурудзи (рис. 5.2).

Збільшення норм внесення мінеральних добрив спричинило збільшення енергетичних витрат на вирощування кукурудзи. Так, при внесенні добрив у дозі $N_{80}P_{40}K_{60}$ споживання енергії становило 42,0 ГДж/га, тоді як використання підживлень збільшило цей показник до 44,0–45,7 ГДж/га.

При збільшенні норми добрив до $N_{120}P_{60}K_{100}$ спостерігалось збільшення витрат енергії до 51,7 ГДж/га у контрольному варіанті та 53,7–55,4 ГДж/га

при підживленні. На фоні N₁₆₀P₈₀K₁₄₀ витрати енергії досягли 61,4 ГДж/га (контроль) та 63,4–65,1 ГДж/га у варіантах з підживленням.

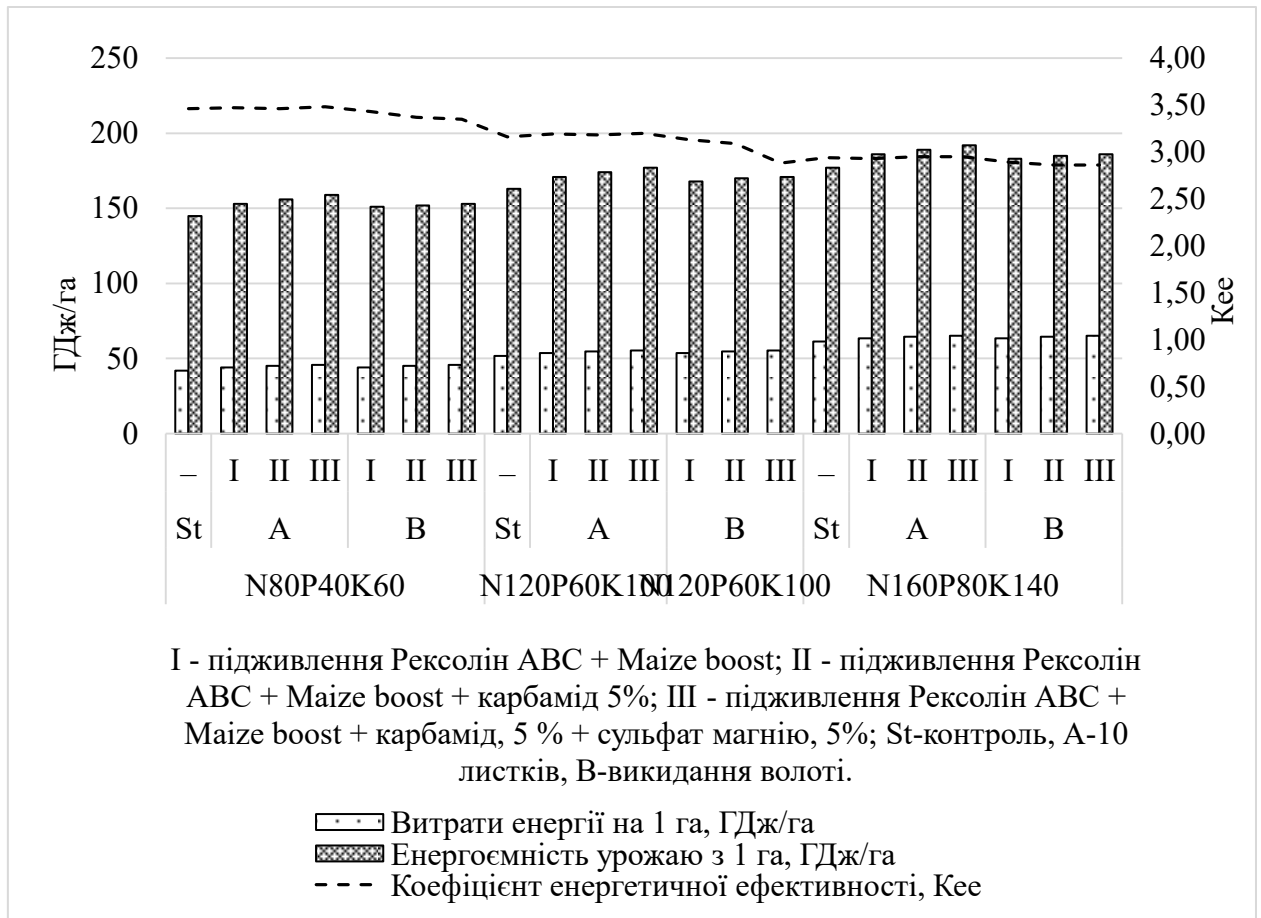


Рис. 5.2 Енергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно залежно від застосування добрив

Найнижчий коефіцієнт енергетичної ефективності (Kee) зафіксовано при використанні добрив у нормі N₁₆₀P₈₀K₁₄₀ та підживленні Rexolin ABC+ Maize boost + сечовина + сульфат магнію – 2,86.

Застосування мінеральних добрив у нормі N₈₀P₄₀K₆₀ та підживлення Rexolin ABC+ Maize boost + сечовина + сульфат магнію у фазі 10 листків забезпечило збільшення коефіцієнта енергетичної ефективності до 3,48. Застосування цих добрив у фазі викидання волоті сприяло зниженню коефіцієнта енергетичної ефективності до 3,35–3,43.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що внесення мінеральних добрив у дозі N160P80K140 у поєднанні з позакореневим підживленням препаратами мікроелементів, сечовиною та сульфатом магнію на стадії ВВСН 20 (фаза 10 листків) сприяло досягненню максимальних морфологічних показників: висота рослин (258 см) та накопичення сухої біомаси – 26,32 т/га.

2. Встановлено, що оптимальні фізіологічні параметри фотосинтетичної продуктивності, зокрема максимальний індекс площі листя (33,8 тис. м²/га) та чиста продуктивність фотосинтезу (8,72 г/м² добового приросту сухої речовини), були досягнуті при поєднанні основного добрива (N160P80K140) з позакореневими обробками у фазі 12 листків кукурудзи комплексом мікроелементів (Рексолін АБЦ, 2,0 л/га + Кукурудзяний буст, 0,2 кг/га) та розчинами сечовини (5%) та сульфату магнію (5%).

3. Дослідження показали, що використання мінеральних добрив суттєво впливає на формування структури врожаю кукурудзи. Максимальні показники кількості рядів зерен – 15,2 шт., кількості зерен у ряду – 33,9 шт. та маси зерна з качана – 184,8 г спостерігалися при внесенні добрив у дозі N₁₆₀P₈₀K₁₄₀ у поєднанні з позакореневим підживленням мікроелементами (Рексолін АБЦ, 2,0 л/га + Маїз Буст, 0,2 кг/га) та обробкою 5% розчином сечовини та 5% розчином сульфату магнію у фазі викидання волоті. 4. Найвищу масу зерна з початку – 184,8 г, за період викидання волоті було зареєстровано у варіанті N160P80K140 з використанням позакореневого підживлення мікродобривами (Рексолін АБЦ 2,0 л/га + Maize boost 0,2 кг/га), сечовиною 5% та сульфатом магнію 5% розчином після цвітіння.

5. Найвищий урожай зерна кукурудзи – 12,3 т/га (що на 2,7 т/га або 28,1% вище за контрольний варіант із внесенням N160P80K140) забезпечив варіант позакореневого підживлення 5% розчином сечовини з сульфат магнію та комплекс мікродобрив (Рексолін АБЦ, 2,0 л/га + Кукурудзяний буст, 0,2 кг/га) у фазі 10 листків.

6. За результатами економічного аналізу, максимальний чистий прибуток у розмірі 53 858 грн/га було досягнуто за умови внесення мінеральних добрив у дозі $N_{160}P_{80}K_{140}$ та проведення позакореневого підживлення 5% розчином сечовини із сульфатом магнію в поєднанні з мікродобривами (Рексолін АБЦ, 2,0 л/га + Кукурудзяний буст, 0,2 кг/га) у фазі 10 листків кукурудзи.

Агрохімічні заходи супроводжувалися збільшенням енергоспоживання, проте, через збільшення енергоємності культури, коефіцієнт енергоефективності (КЕЕ) знаходився в діапазоні 2,86–3,48, що свідчить про доцільність інтенсифікації технології вирощування.

7. При вирощуванні цієї культури на опідзолених чорноземах вносити мінеральні добрива в нормі $N_{160}P_{80}K_{140}$ та проводити позакореневе підживлення рослин мікродобривами: Маїз буст, 0,2 кг/га + Рексолін АБЦ, 2,0 л/га, сечовина, 5% та сульфат магнію, 5% у фазі 10 листків (ВВСН 20).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Бойко В.П. Засвоєння кукурудзою поживних речовин з ґрунту та мінеральних добрив. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2019. Випуск 95, частина 1, с. 128–138.
2. Барлог П., Фракков'як-Павляк К. Вплив мінеральних добрив на врожайність сортів кукурудзи, що відрізняються за шкалою стиглості. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*. 2008. Том 7. № 4. С. 5–17
3. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-й, перероблений, доповнений. Львів: Український науковий фонд «Українські технології», 2020. 806 с. 4. Альмодарес А., Джафарініа М., Хаді М.Р. Вплив азотних добрив на хімічний склад кукурудзи та цукрового сорго. *Американо-Євразійський журнал сільськогосподарських та екологічних наук*. 2009. Том 6. № 4. С. 441–446.
5. Капітанська О. Збалансоване живлення – ключ до формування стресостійкості рослин. Пропозиція. 2017. № 3. URL: <https://propozitsiya.com/ua/sbalansirovannoe-pitanie-i-podkormka-rastenyi-mineralnymi-udobreniyami-zalog-formirovaniya> (дата доступу: 18.06.2018).
6. Ксенжак Я., Боярщук Я., Станяк М. Продуктивність кукурудзи та сорго залежно від рівня азотних добрив. *Польський журнал агрономії*. 2012. Том 8. С. 20–28.
7. Шульц П., Краукліс Д., Балдіс В., Кобус-Цісовська Й. Надлишок азоту в ґрунті та формування компонентів врожаю зерна кукурудзи. *Журнал досліджень та застосувань у сільськогосподарській техніці*. 2020. Том 65. № 1. С. 39–43.
8. Ван Х., Лю С., Інх Х., Беллалуї Н., Вінінгс Дж. Х., Аг'ін-Бірікоранг С., Сінгх У., Санабрія Дж., Менгісту, Склад зерна кукурудзи з додаванням

брикету NPK та органічно збагаченого азотного добрива. *Агрономія*. 2020. Том 10. № 6. С. 852.

9. Лихочвор В. Система удобрення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 8 (279). URL: <http://agro-госпobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/435-systema-udobrennia-kukurudzy.html> (дата доступу: 13.08.2018).

10. Маткевич В.Т., Коровіна М.О., Коломієць Л.В., Рудак Ю.О., Резніченко В.П., Нікіфоров Д.О., Глазкова М.С., Савранчук В.В., Андрощук С.Т., Семеняка І.М., Смаліус В.М. Вплив різних доз мінеральних азотних добрив на формування екологічно чистої продукції при вирощуванні кукурудзи на зерно. *Корми та кормовиробництво*, 2005. № 55. С. 73–79.

11. Броннікова Л.Ф. Формування азотного поживного режиму ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно. *Агрохімія та сучасні напрямки застосування добрив та біологічно активних речовин*. 2018. № 8. С. 53–61

12. Логінова І. В., Білера Н. М. Ефективність різних форм та методів внесення мікроелементів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. *Науковий вісник Національного університету життєвих ресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2014. № 195 (1). С. 71–78.

13. Котельников Д. Ефективність методів обробітку ґрунту та живлення посівів кукурудзи на півдні України: автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю: 06.01.02. «Сільське господарство» Херсон, 2015. 23 с.

14. Молдован В. Г., Молдован Ж. А. Ефективність використання азотних добрив у кореновому підживленні кукурудзи. *Зернові культури*. 2021. Т. 5. № 2. С. 329–335. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0192>

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

16. Логінова І. Успішне управління фосфором. *Агроном*. 2016. № 3. С. 32–38.

17. Прогресивні технології вирощування кормових культур / за редакцією Д.І. Мазоренка та Г.Є. Мазнева. 2008. Харків: «Майдан». 333 с.

18. Шевченко Н. В. Вплив технологічних методів вирощування на продуктивність гібридів кукурудзи для виробництва біоетанолу в умовах Правобережного Лісостепу: автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю: 06.01.09. «Рослини», Кам'янець-Подільський, 2018, 209 с.

19. Армстронг Д. Л., Гріффін К. П., Даннер М. Взаємодія калію з іншими поживними речовинами. Кращі врожаї з рослинним харчуванням. 1998. Міжнародний інститут харчування рослин, LXXXII (82). № 3. С. 12–13.

20. Сінгх С., Савой Х. Дж., Інх Х., Шнайдер Л., Джагадамма С. Перевірка норми фосфорних та калійних добрив для сівозміни кукурудза-пшениця-соя в Теннессі. Агрономічний журнал. 2019. Т. 111. № 4. С. 2060–2068.

21. Ебрагімі С. Т., Ярнія М., Бенам М. К., Табрізі Е. Ф. М. Вплив калійних добрив на врожайність кукурудзи (сорт Jeta) в умовах стресу від посухи. Американсько-євразійський журнал сільськогосподарських та екологічних наук. 2011. Том 10. № 2. С. 257–263.

22. Ікбал А., Хідаят З. Управління калієм для покращення росту та врожайності зерна кукурудзи (*Zea mays* L.) в умовах стресу від вологи. Наукові звіти. 2016. Том 6. № 1. С. 1–12.

23. Малекі А., Фазель С., Насері Р., Резаї К., Гейдарі М. Вплив застосування сульфату калію та цинку на врожайність зерна кукурудзи в умовах стресу від посухи. Досягнення в екологічній біології. 2014. С. 890–894.

24. Цехмейструк М., Муфазаров Н., Манько К. Аспекти вирощування кукурудзи. Агрономія сьогодні. 2014. № 8 (279). С. 28–33. URL: <http://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/436-aspekty-vyroshchuvannia-kukurudzy.html>

25. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Вплив технологічних методів обробітку на формування якісних показників зерна кукурудзи. Сільське та лісове господарство. 2017. № 6 (Т. 1). С. 7–13.

26. Яворов В. М. Вплив хімічних меліорантів та мінеральних добрив на врожайність зерна кукурудзи та фізико-хімічні властивості ґрунту. Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. 2016. Т. 1. № 24. С. 237–244.

27. Веремеєнко С. І., Фурманець О. А., Піддубняк В. А., Кондратюк М. Ю. Ефективність використання вапнякового шламу як меліоранту на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті західного Полісся, Україна. Актуальні проблеми наукового та інноваційного забезпечення виробництва зерна в контексті сучасних ринкових умов: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та спеціалістів, Державна установа Інститут зернових культур, Дніпро, 2019. С. 109–110.

28. Лихочвор В. Система удобрення кукурудзи. Агробізнес сьогодні. 2014. № 8 (279). URL: <http://agro-госпobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/435-systema-udobrennia-kukurudzy.html> (дата доступу: 13.08.2018).

29. Різке зростання врожайності магнію. Зерно. 2020. № 1 (166). С. 48–49.

30. Черкас В. Без сірки? Ніяк! Агрономія сьогодні. 2020. № 23 (438). С. 60–61.

31. Присташ І. В. Агрохімічна оцінка використання добрив під кукурудзу на зерно в сівозміні на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті Лісостепу України: автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю: 06.01. 04. «Агрохімія». Київ, 2005. 23 с. 32. Господаренко Г. Живлення та удобрення кукурудзи. Агробізнес сьогодні. 2015. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia->

sohodni/item/547-zhyvlennia-ta-udobrennia-kukurudzy.html (дата доступу: 12.06.2018).

33. Гладких Ю.Г., Антонєць О.А. Вплив мінерального живлення на врожайність гібридів кукурудзи. Сучасні технології виробництва та переробки продукції рослинництва. Матеріали IV науково-практичної онлайн-конференції. Полтавська державна аграрна академія, 2016. С. 36–41. URL: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/3705>

34. Румбах М. Ю. Продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти рослин та фону мінерального живлення. Вісник Інституту зернового господарства. 2011. № 40. С. 110–113.

35. Девіс Дж. Г., Вестфол Д. Г. Ґрунт. Серія культур. Університет штату Колорадо. Бібліотеки. 2014. URL: <https://erams.com/agnutrient/wp-content/uploads/2017/04/00538.pdf> (дата доступу: 25.10.2018).

36. Рудавська Н. М., Глива В. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Західного Лісостепу. Передгірне та гірське землеробство та тваринництво. 2018. № 64. С. 120–132. 37. Волощук О. П., Стасів О. Ф., Глива В. В., Герешко Г. С., Пащак М. О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від різних норм внесення мінеральних добрив у західному Лісостепу України. Передгірне та гірське землеробство та тваринництво. 2020. Випуск 68 (I). С. 51–66. DOI: 10.32636/01308521

38. Гень С. П. Урожайність зерна кукурудзи залежно від систем удобрення та обробітку ґрунту. Вісник Інституту сільського господарства Степової зони. 2011. № 1. С. 117–121.

39. Танчик С. П., Центи́ло Л. В. Особливості удобрення кукурудзи при вирощуванні її на типовому чорноземі в Лісостепу України. Науковий вісник Національного університету біоресурсів та природокористування України. 2017. № 269. С. 74–83.

40. Свидинюк І. М., Асанішвілі Н. М., Величко В. П. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від технологічних факторів у північному Лісостепу. Сільське господарство. 2006. № 78. С. 40–46.

41. Камінська О. В. Токсигенні мікроміцети роду *Fusarium*, біологічне обґрунтування заходів щодо обмеження накопичення їх вторинних метаболітів в озимій пшениці та кукурудзі в правобережному Лісостепу України: автореферат дисертації, кандидат сільськогосподарських наук: 06.01.11. Київ, 2020. 146 с.

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

43. Господаренко Г. М. Агрохімія : навч. К.: Аграрна освіта, 2013. 406 с.

44. Полянчиков С., Капітанська О. Фізіологічна роль елементів живлення в підвищенні стресостійкості рослин. Агроном. 2018. № 1 (59). С. 36–37. URL:<https://infoindustria.com.ua/fiziologichna-rol-elementiv-zhivlennya-u-pidvishhenni-stresostiykosti-roslin/>

45. Марчук І. У., Савчук А. В., Філонов Є. А. Добрива та їх застосування: Довідник К.: Арістей, 2010. 254 с.

46. Полянчиков С., Логінова І., Капітанська О. Управління цинком та його значення для рослин. Агроном. 2020. № 3. С. 26–30. URL:<https://www.agronom.com.ua/menedzhment-tsynku-ta-jogo-znachennya-dlya-roslyn/>

47. Полянчиков С., Капітанська О., Ковбель А. Цинк. Системний підхід до мінерального живлення рослин. Агроном. 2019. № 4 (58). С. 26–27. URL:<https://www.agronom.com.ua/tsynk-systemnyj-pidhid-u-mineralnomu-zhyvlenni-roslyn/>

48. Захарченко Є. А. Ефективність цинку у вирощуванні кукурудзи на зерно. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2019. Випуск 4. С. 8–14. 49. Chudziński B. Niedobór cynku ozerząć plonowanie kukurydzy! Wiadomości Rolnicze Polska. 2017. URL: <https://www.wrp.pl/niedobor-cynku-ozerząć-plonowanie-kukurydzy/> (дата звернення: 18.10.2018).

50. Мирошник І. Бор – потрібний рослинам, вигідний фермерам. Агроном. 2018. № 2 (60). С. 26–27.

51. Пінчук Н.В., Вергелес П.М., Коваленко Т.М., Окрушко С.Є. Загальна фітопатологія: навчально-методичний посібник / за ред. Н.В. Пінчук: Вінниця, 2018. 272 с.

52. Господаренко Г. Живлення та удобрення кукурудзи. Агробізнес сьогодні. 2015. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/547-zhyvlennia-ta-udobrennia-kukurudzy.html> (дата звернення: 12.06.2018).

53. Полянчиков С., Логінова І. Що приховується за етикеткою мікродобрив? Агроном, 2019. URL: <https://www.agronom.com.ua/shho-pryhovano-za-etyketkoju-mikrodobryv/> (дата звернення: 25.10.2019).

54. Молдован Ж. А. Собчук С. І. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення посівів кукурудзи на продуктивність окремих рослин та врожайність зерна. Зернові культури. 2020. Вип. 4. № 1. С. 130–138. Doi: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0116>

55. Полянчиков С., Капітанська О. Основи ефективності позакореневого підживлення. Пропозиція. 2019. № 2. С. 74–75.

56. Лавриненко Ю. О., Гож О. А., Марченко Т. Ю., Сова Р. С., Глушко Т. В., Михаленко І. В., Шепель А. В. Продуктивність нових гібридів кукурудзи ФАО 310-430 під впливом регуляторів росту та мікродобрив в умовах зрошення на півдні України. Зрошуване землеробство. 2016. № 66. С. 27–30.

57. Поліщук М. І., Паламарчук О. Д. Вплив позакореневого підживлення на продуктивність гібридів кукурудзи. Сільське та лісове господарство. 2016. № 4. С. 102–109.

58. Сухомуд, О. Г., Адаменко, Д. М., Кравець, І. С., Суханов, С. В. Вплив використання мікродобрив ТМ «Актив-Урожай» на ріст, розвиток та врожайність рослин кукурудзи. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2019. Випуск 94, частина 1. С. 156–164.

59. Ласло О. О., Дяденко С. С. Використання мікродобрив у технології вирощування кукурудзи та їх вплив на врожайність. Збалансований розвиток агроєкосистем України: сучасний погляд та інновації: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції. 16 листопада 2017 р. Полтава, 2017. С. 12–15

60. Худяков О.І. Ефективність позакореневого підживлення кукурудзи. Сільське господарство. Випуск 83, 2011. С. 67–71.

61. Заболотний О.І. Біологічні процеси в рослинах і ґрунті та продуктивність кукурудзи при використанні гербіциду Базис 75, Зеастимуліну та Рексоліну в умовах Правобережного Лісостепу України: автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю: 03.00.12. «Фізіологія рослин» Умань, 2007. 24 с.

62. Назаренко І.І., Полчина С.М., Нікорич В.А. Ґрунтознавство: підручник. Чернівці: Книги XXI, 2004. 400 с.

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

64. Петрина Г. І., Рудавська Н. М., Глива В. В., Гавриляк Я. Я., Федак В. В. Особливості росту та розвитку нових гібридів кукурудзи в умовах Західного Лісостепу. Передгірне та гірське землеробство та тваринництво. 2013. № 55 (2). С. 93–98.

65. Сіроха О. Л. Вплив удобрення на біометричні показники та показники вирівнювання рослин кукурудзи різних груп стиглості. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки. 2014. Вип. 5(82). С. 37–47. 66. Рудавська Н. М., Глива В. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Західного Лісостепу. Передгірне та гірське землеробство та тваринництво. 2018. № 64. С. 120–132. 67. Маткевич В.Т., Коровіна М.О., Коломієць Л.В., Рудак Ю.О., Резніченко В.П., Нікіфоров Д.О., Глазкова М.С., Савранчук В.В., Андрощук С.Т., Семеняка І.М., Смаліус В.М. Вплив різних доз мінеральних азотних добрив на формування екологічно чистої продукції при вирощуванні кукурудзи на зерно. Корми та кормовиробництво, 2005. № 55. С. 73–79.

68. Белов Я. В. Удосконалення технології вирощування гібридів кукурудзи в умовах південного Степу України: автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю: 06.01.09 «Рослинництво». Миколаїв, 2020. 24 с.

69. 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.

70. Єрмакова Л. М., Івановська Р. Т., Дем'янчук О. П. Вплив позакореневого підживлення гібридів кукурудзи на їхню продуктивність. Сільське господарство. 2006. № 78. С. 47–53. 71. Гож О. А., Марченко Т. Ю., Котов Б. С. Вплив комплексних мікродобрив на основні біометричні параметри гібридів кукурудзи. «Біологічні дослідження – 2014»: збірник наукових праць V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів, Житомир, 4-5 березня 2014 р. Житомир, 2014. с. 28–31.

72. Циков В. С., Дудка М. І., Шевченко О. М., Носов С. С. Ефективність позакореневого підживлення кукурудзи мікроелементними препаратами у поєднанні з азотними мінеральними добривами. Вісник Інституту землеробства Степової зони НААН України. 2016. № 11. с. 23–27.

73. Рудавська Н. М., Глива В. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Західного Лісостепу. Передгірне та гірське землеробство та тваринництво. 2018. № 64. С. 120–132.

74. Сонько Р. С., Марченко О. А., Стародуб М. Ф., Коломієць В. М. Вплив технології вирощування на показники індукції флуоресценції хлорофілу під час вирощування рослин кукурудзи. Науковий вісник Національного університету життєвих ресурсів та природокористування України. 2012. № 178. С. 127–132.

75. Князюк О. В., Липовий В. Г., Підпалій І. Ф. Вплив технологічних методів вирощування на фотосинтетичну продуктивність гібридів кукурудзи. Агробіологія. 2012. № 9. С. 116–120

76. Лавриненко Ю. О., Коковіхін С. В., Найдьонов В. Г. та ін. Наукові основи насінництва кукурудзи на зрошуваних землях півдня України. Херсон: Айлант, 2007. 256 с.

77. Кальвіно П. А., Андрадеб Ф. А., Садрасб В. О. Врожайність кукурудзи залежно від наявності води, глибини ґрунту та методів ведення сільського господарства. Агрономічний журнал. 2003. № 95. С. 275–281.

78. Семенда О. В. Сучасний стан та шляхи підвищення економічної ефективності виробництва кукурудзи на зерно. Агросвіт. 2020. № 3. С. 43–49.