

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Агробіологічний факультет

ПОГОДЖЕНО

Декан агробіологічного
факультету
д.с.-г.н., професор

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри агрохімії та якості
продукції рослинництва ім. О.І. Душечкіна
д.с.-г.н., професор

_____ Віталій КОВАЛЕНКО _____ Дмитро ЛІТВІНОВ

« ____ » _____ 2025 р.

« ____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Управління мінеральним живленням кукурудзи на зерно за
використання елементів прецизійного землеробства точного землеробства»**

Спеціальність 201 Агрономія

Освітня програма «Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві»

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми,
д. с.-г. наук, академік

_____ Анатолій БИКІН

Керівник магістерської роботи

к.с.-г.н., доцент

_____ Олена ЛІТВІНОВА

Виконала

_____ Ангеліна СКОРОХОД

КИЇВ 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет агробіологічний**

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри агрохімії та якості
продукції рослинництва ім. О.І. Душечкіна
д.с.-г.н. _____ Дмитро ЛІТВІНОВ
«__» _____ 20__ року**

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ
СКОРОХОД АНГЕЛІНА ЛЕОНІДІВНА**

Спеціальність 201 «Агрономія»

Освітня програма «Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві»

Орієнтація освітньої програми «Освітньо-професійна»

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Управління мінеральним живленням кукурудзи на зерно за використання елементів прецизійного землеробства точного землеробства»

затверджена наказом від «__» _____ 20__ р. № _____

Термін подання завершеної магістерської роботи на кафедру _____

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи _____

Перелік питань що підлягають дослідженню:

1. Моніторинг розвитку кукурудзи на зерно у різні фази розвитку
2. Визначити вплив позакореневого підживлення на урожайність та якість кукурудзи на зерно в різних зонах полях
3. Встановити економічну ефективність вирощування кукурудзи на зерно за позакореневого підживлення

Перелік графічного матеріалу (за потреби) _____

Дата видачі завдання «__» _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

Завдання прийняв до виконання _____

РЕФЕРАТ

на магістерську кваліфікаційну роботу Скороход А.Л.

«Управління мінеральним живленням кукурудзи на зерно за використання елементів прецизійного землеробства точного землеробства»

Магістерська робота включає в себе 5 розділів (огляд літератури, методика дослідження, результати досліджень, економічна ефективність, висновки та список використаної літератури). Робота написана на 61 сторінці, містить 15 таблиць і 7 рисунків.

У магістерській роботі представлено результати досліджень з вивчення ефективності управління мінеральним живленням кукурудзи на зерно з використанням елементів прецизійного землеробства в умовах ТОВ АФ «Нива» Кропивницького району Кіровоградської області. Дослідження проводилися на чорноземі типовому середньосуглинковому з використанням гібриду **ДКС 3972 (ФАО 300)**.

Метою дослідження було оцінити ефективність управління мінеральним живленням кукурудзи за умов просторової неоднорідності поля та застосування елементів точного землеробства.

У ході експерименту вивчали вплив зонального удобрення на ріст і розвиток рослин, біометричні показники, а також агрохімічні властивості ґрунту. Для листкового підживлення застосовували препарат **YaraVita Грамітрел** у нормі 2 л/га у фазу 4–8 листків у поєднанні з КАС (150 кг/га) селітра (100 кг/га).

Встановлено, що рівень забезпеченості ґрунту елементами живлення суттєво впливає на фізіологічні та морфометричні показники кукурудзи. У зоні високого забезпечення висота рослин становила 223 см, тоді як у зоні низького — 194 см; маса надземної частини збільшувалася на 101 г, а площа листків — на 786 см². Застосування листкового підживлення сприяло активізації фотосинтетичної діяльності та покращенню якості зерна.

Проведений агрохімічний аналіз засвідчив, що вміст гідролізованого азоту у ґрунті зростав до 154 мг/кг, рухомого фосфору — до 129 мг/кг, калію — до

186 мг/кг у зоні високої забезпеченості, що свідчить про покращення родючості чорноземів під впливом диференційованого удобрення.

Економічна оцінка показала, що застосування технологій прецизійного землеробства підвищує продуктивність та прибутковість виробництва кукурудзи. Рівень рентабельності за умов оптимального підживлення досягав близько 70%, що підтверджує високу ефективність використання препарату **YaraVita Грамітрел** у системі живлення культури.

Ключові слова: кукурудза, прецизійне землеробство, мінеральне живлення, YaraVita Грамітрел, біометричні показники, врожайність, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Загальна характеристика теми.....	9
1.2 Форми азоту в ґрунті та їх доступність для рослин.....	10
1.3 Вплив азотних добрив на ріст і розвиток кукурудзи.....	11
1.4 Неоднорідність ґрунтів: причини, типи, поняття.....	12
1.5 Вплив неоднорідності ґрунтів на ефективність добрив.....	14
1.6 Сучасні технології точного землеробства	15
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	17
2.1 Характеристика господарства.....	17
2.2 Характеристика ґрунтового покриву господарства.....	18
2.3 Погодно-кліматичні умови господарства.....	19
2.4.Методика проведення дослідження.....	22
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	26
3.1 Показники рН (вод.) чорнозему типового.....	26
3.2 Вміст гідролізованого азоту в чорноземі типовому.....	28
3.3 Вміст рухомих сполук фосфору.....	29
3.4 Вміст рухомих сполук калію.....	32
3.5 Біометричні показники кукурудзи на зерно за різних зон ґрунтової неоднорідності.....	34
3.6 Вміст загального азоту в рослинах кукурудзи на зерно.....	39
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ НА ЯКІСТЬ ТА СТРУКТУРУ ВРОЖАЮ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО.....	42
4.1 Вплив позакореневого підживлення на структуру врожаю.....	42
4.2 Вплив позакореневого підживлення на врожайність та якість зерна кукурудзи.....	46
4.3 Якісні показники зерна.....	47
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПІДВИЩЕННЯ ПРИБУТКОВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ЗА РАХУНОК РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДОБРІВ.....	51
ВИСНОВОК.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	57

ВСТУП

У сучасних умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва особливого значення набуває раціональне використання ресурсів, зокрема мінеральних добрив, які є одним із ключових факторів формування високої врожайності сільськогосподарських культур. Кукурудза на зерно, як одна з провідних культур у структурі посівних площ України, потребує значної кількості елементів живлення, особливо азоту, фосфору та калію, для реалізації свого генетичного потенціалу продуктивності. Водночас надмірне або нераціональне внесення добрив призводить до зниження ефективності виробництва, погіршення екологічного стану ґрунтів та нераціонального використання фінансових ресурсів.

У зв'язку з цим актуальним є впровадження інноваційних підходів до управління живленням рослин, зокрема технологій прецизійного (точного) землеробства. Ці технології передбачають використання геоінформаційних систем (ГІС), супутникового моніторингу, індексів вегетації (NDVI), зонування полів та диференційованого внесення добрив залежно від просторової неоднорідності ґрунтово-агрохімічних умов. Такий підхід дозволяє не лише оптимізувати витрати на добрива, а й підвищити ефективність їх засвоєння рослинами, зменшити втрати поживних речовин та покращити екологічну стійкість агроecosистем.

Особливої уваги заслуговує дослідження ефективності мінерального живлення кукурудзи в умовах просторової неоднорідності полів, що характерна для більшості агроландшафтів України. Вивчення впливу зонального підходу до внесення добрив на ріст, розвиток і продуктивність кукурудзи дозволяє сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо управління живленням культури в системі точного землеробства.

Мета дослідження — оцінити ефективність управління мінеральним живленням кукурудзи на зерно з урахуванням просторової неоднорідності поля та застосування елементів прецизійного землеробства.

Завдання дослідження включають:

- аналіз агрохімічного стану ґрунтів та зонування поля за рівнем забезпеченості елементами живлення;
- оцінку впливу диференційованого внесення добрив на морфометричні показники та врожайність кукурудзи;
- визначення економічної ефективності застосування елементів точного землеробства у системі мінерального живлення.

Таким чином, дослідження спрямоване на розробку адаптивної моделі живлення кукурудзи, яка базується на сучасних цифрових технологіях і дозволяє підвищити ефективність агровиробництва в умовах сталого розвитку.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальна характеристика теми

Азот є ключовим елементом, що визначає рівень урожайності сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи (*Zea mays* L), яка вважається однією з найбільш чутливих до забезпечення цим елементом. Завдяки швидкому розвитку та високому потенціалу формування врожаю, кукурудза має значну потребу в азоті протягом усього вегетаційного циклу. Цей елемент відіграє фундаментальну роль у біохімічних процесах рослини: він необхідний для синтезу хлорофілу, амінокислот, нуклеотидів, ферментів та інших життєво важливих сполук. Забезпечення кукурудзи доступною формою азоту сприяє активному наростанню зеленої маси, закладці репродуктивних структур і накопиченню органічної речовини [2; 4 ст. 56].

Особливо важливе значення азот має у фазах швидкого росту – від проростання до початку генеративного розвитку. Саме в цей період формуються основи майбутнього врожаю, і рослина демонструє найвищу потребу в поживному елементі. Нестача азоту в ранні фази розвитку може викликати гальмування росту, зменшення листової поверхні, відставання у формуванні качанів і зменшення кількості зерен на рослині. Водночас надмірне внесення азотних добрив нерідко призводить до надлишкового росту вегетативної маси, вилягання, затримки досягання та погіршення якості зерна [15, ст. 57; 23, ст. 58].

В умовах сучасного землеробства, коли стоїть завдання раціонального використання добрив і зниження негативного впливу на довкілля, постає питання про удосконалення систем азотного живлення. Це потребує глибшого розуміння процесів трансформації азоту у ґрунті, динаміки його доступності для рослин і чинників, які визначають ефективність його засвоєння. Одним із критичних аспектів є просторове різноманіття ґрунтових характеристик у межах одного поля. Така неоднорідність суттєво ускладнює рівномірне

постачання азоту до рослин і вимагає впровадження адаптивних диференційованих стратегій удобрення [11, ст. 57; 20 ст. 58].

1.2. Форми азоту в ґрунті та їх доступність для рослин

У ґрунтовому середовищі азот існує у різних формах, які відрізняються за рівнем доступності для рослин, здатністю до переміщення та участю у складних біогеохімічних циклах. Умовно його класифікують на органічні та мінеральні (неорганічні) форми, кожна з яких виконує специфічну функцію в системі живлення рослин [3;7;10 ст. 56].

Органічний азот зосереджений у складі гумусових сполук, залишків рослинного й мікробного походження, а також у продуктах розкладу біомаси. Цей пул становить основний запас азоту в ґрунті, однак у такому вигляді він недоступний для поглинання рослинами. Щоб стати доступним, органічний азот має пройти стадію мінералізації – мікробіологічного процесу, під час якого відбувається трансформація складних органічних молекул у прості мінеральні форми – амоній (NH_4^+) і нітрати (NO_3^-). Швидкість цього процесу залежить від комплексу чинників: біологічної активності ґрунту, температурного режиму, вологості та рівня аерації [38;44 ст. 60].

Неорганічний азот представлений у формі іонів амонію та нітратів. Амоній здатний утримуватись на поверхні ґрунтових колоїдів, що робить його менш рухомим, проте дозволяє забезпечити поступове живлення рослин. Нітратна форма, навпаки, є надзвичайно мобільною, легко поглинається кореневою системою, але водночас схильна до втрат через вимивання, особливо на легких або перезволожених ґрунтах [50; 52, ст. 61].

Засвоєння азоту рослинами залежить не лише від форми, в якій він присутній у ґрунті, а й від фізико-хімічних характеристик ґрунту, таких як рН, вологість, температура, а також особливостей використаних добрив. У випадку кукурудзи, яка характеризується високим попитом на азот, надзвичайно важливо досягти узгодженості між фазами розвитку культури та наявністю за доступного азоту в ґрунті. Це завдання ускладнюється за умов просторової варіабельності ґрунтів, коли окремі ділянки одного поля можуть мати суттєво

різну здатність до збереження і трансформації азотних сполук. Така гетерогенність вимагає застосування точних, адаптивних технологій управління живленням [1;6;9 ст. 57].

1.3. Вплив азотних добрив на ріст і розвиток кукурудзи

Кукурудза характеризується високою інтенсивністю росту та значною потенційною врожайністю, що формує підвищену потребу в азотному живленні. За результатами досліджень, ефективне забезпечення цієї культури азотом сприяє:

- Розширення асиміляційної поверхні листків;
- Активному формуванню репродуктивних структур, зокрема качанів;
- Покращенню азотного балансу в зерні (збільшення вмісту білка);
- Зростанню ефективності фотосинтетичних процесів;

Нестача азоту викликає пожовтіння листя (хлороз), пригнічення ростових процесів, зменшення розміру та кількості качанів, що безпосередньо знижує кінцеву врожайність [12;13;17 ст. 58].

Азотне споживання кукурудзою має виражену фазову структуру:

- **На ранніх етапах розвитку (до 6-8 листків):** засвоюється лише 3-5% від загальної потреби культури;
- **У фазі інтенсивного росту (8-12 листків):** спостерігається максимальне поглинання – до 60% загального азотного бюджету;
- **Під час цвітіння та формування зерна:** ще приблизно 30% азоту акумулюється, що є критично важливим для генерації продуктивної частини рослини [31; 35 ст. 59].

Найвища потреба в азоті спостерігається у період з фази 6-8 листків і до цвітіння. Недостатнє забезпечення в цей проміжок може стати причиною незворотних втрат у потенціалі врожаю [14; 16 ст. 57].

Оптимізація азотного живлення кукурудзи передбачає поетапне застосування добрив із урахуванням фаз розвитку культури та ґрунтових умов. Основні методи:

- Внесення до сівби: спрямоване на забезпечення початкового живлення, часто використовують амонійні форми або сечовину;
- Підживлення у фазі 5-7 листків: зазвичай здійснюється міжрядно за допомогою КАСу або аміачної селітри, що сприяє розвитку качанів;
- Позакореневе внесення у фазі цвітіння: застосовується як коригувальний захід у випадках виявленого дефіциту [40; 43 ст. 60].

Агрономічні спостереження демонструють, що оптимальні дози азотних добрив (у межах 120-180 кг/га) здатні підвищити врожайність кукурудзи на 20-35% у порівнянні з варіантами без удобрення. Водночас перевищення рекомендованих норм (> 200 кг/га) нерідко спричиняє вилягання посівів, підвищене накопичення нітратів у зерні та погіршення якісних характеристик врожаю [18; ст. 57].

1.4. Неоднорідність ґрунтів: причини, типи, поняття

Одна з головних проблем, що впливає на результативність агротехнічних заходів, зокрема внесення добрив при вирощуванні кукурудзи, - це просторове варіювання властивостей ґрунту в межах одного поля. Така неоднорідність проявляється в зміні текстури, рівня рН, вмісту органічного вуглецю, вологості, а також у здатності ґрунту утримувати поживні речовини й трансформувати їх в доступні форми. Ці відмінності можуть бути спричинені як природними умовами, так і людською діяльністю. Як наслідок, однакові дози азотних добрив у різних зонах одного поля можуть давати діаметрально протилежні результати: від дефіциту до надлишку, що порушує однорідність росту рослин і ускладнює досягнення стабільного врожаю [19; 22; 24 ст. 58].

До природних причин нерівномірного розподілу властивостей ґрунту належать особливості мікрорельєфу, різноманіття материнських геологічних порід, водний режим, а також активність ґрунтової біоти. Наприклад, навіть незначні зміни у висоті поля можуть впливати на дренаж, вологість і структуру ґрунту, створюючи мозаїку мікрозон зі своїми особливостями мінерального живлення [33; 36; 37 ст.59].

У свою чергу діяльність людини також значно посилює ґрунтову неоднорідність. До основних чинників належать нерівномірне розподілення добрив і ЗЗР, неоднакова глибина та якість обробітку ущільнення ґрунту сільськогосподарською технікою, а також відсутність адаптації агротехнологій до локальних умов. Результатом є створення ділянок із контрастною реакцією на азот: у частині поля його може бракувати, а в іншій – накопичуватись понад норму [21;25, ст. 58].

Особливу увагу в контексті неоднорідності слід приділити азоту, адже він є найбільш нестабільним елементом у ґрунті. Його поведінка сильно залежить від температури, вологості, мікробіологічної активності за текстури ґрунту. У легких ґрунтах нітрати легко вимиваються, тоді як у важких – можливе їх накопичення й навіть втрати через денітрифікацію. Усе це створює передумови як для економічних збитків (неефективне використання добрив), так і для екологічних проблем (забруднення води нітратами, викиди оксидів азоту) [28-30 ст. 59].

Щоб ефективно враховувати ґрунтову неоднорідність, у сучасному агровиробництві використовують цифрові технології: GPS-картографування, зондування за електропровідністю, агрохімічні сканери та аналізи ґрунтових проб із різних локацій поля. Отримані дані дозволяють створювати карти просторової варіативності, які слугують базою для розробки схем диференційованого внесення добрив [5; 8 ст. 56].

Застосування таких підходів забезпечує точне дозування азоту відповідно до потреб конкретної ділянки, зменшуючи втрати, покращуючи екологічну стійкість господарювання та водночас оптимізуючи затрати на ресурси. Розуміння і врахування гуртової мозаїчності – ключовий компонент сучасного точного землеробства, яке прагне до максимальної ефективності з урахуванням індивідуальних умов кожного фрагмента поля [45-48, ст. 60].

1.5. Вплив неоднорідності ґрунтів на ефективність добрив

Просторова неоднорідність ґрунтового покриву є ключовим чинником, що визначає результативність використання азотних добрив при вирощуванні кукурудзи. Засвоєння азоту рослинами значною мірою залежить від локальних фізико – хімічних характеристик ґрунту, які можуть істотно змінюватись навіть у межах одного поля. Наприклад, у районах із супіщаними ґрунтами. Де структура пухка і водопроникна, спостерігаються інтенсивні втрати азоту через вилуговування, що створює загрозу його дефіциту саме в критичні періоди розвитку культури. Натомість у глинистих ґрунтах азот може бути менш доступним через низьку швидкість його міграції до кореневої системи, що негативно впливає на ріст рослин [26; 27, ст. 58].

Ще один аспект – кислотно – лужний режим ґрунту, який впливає на біохімічну трансформацію азотних сполук. У кислих умовах нітрифікація сповільнюється, що обмежує утворення нітратної форми азоту, тоді як у лужних зонах підвищується ризик газоподібних втрат через денітрифікацію, особливо за умов надлишкової вологості.

Нерівномірність властивостей ґрунту прямо відображається на продуктивності посівів. Експериментальні дані свідчать: на полях із значною агрохімічною варіативністю різниця врожайності кукурудзи між ділянками може сягати 30-50%, навіть за рівних доз внесених добрив. Це демонструє обмеженість традиційних методів рівномірного удобрення, які не враховують локальні потреби рослин. У результаті в одних зонах спостерігається перенасичення азотом, що загрожує виляганням і зниженням якості зерна через накопичення нітратів, тоді як в інших – дефіцит азоту істотно гальмує розвиток і знижує урожайний потенціал [39-42, ст. 60].

У відповідь на ці виклики, агровиробники дедалі частіше впроваджують технології диференційованого внесення добрив, які передбачають зональне управління живленням на основі даних про просторову структуру поля. Ці технології гуртуються на попередньому скануванні ґрунтів, агрохімічному

аналізі та побудові карт забезпеченості елементами живлення, що дозволяє точно адаптувати норми добрив до потреб кожної зони.

У випадку з кукурудзою, яка є однією з найбільш вибагливих до азоту культур, диференційоване удобрення дозволяє максимально реалізувати її генетичний потенціал навіть у складних і контрастних ґрунтових умовах.

1.6. Сучасні технології точного землеробства

Упродовж останніх десятиліть спостерігається інтенсивне зростання обсягу наукових досліджень, спрямованих на вдосконалення системи азотного забезпечення кукурудзи з урахуванням внутрішньопольової мінливості ґрунтових умов. У численних публікаціях, як вітчизняного, так і зарубіжного походження, аналізуються як базові механізми трансформації азоту в ґрунтовому середовищі, так і практичні аспекти впровадження технологій прецизійного агровиробництва [49, ст.61].

Значна увага приділяється взаємодії між різними формами азоту, типами ґрунтів та фазами росту кукурудзи. У наукових роботах дедалі частіше наголошується на важливості адаптивного підходу до дозування добрив, орієнтованого на специфіку локальних агроекологічних умов. Експериментальні дослідження, проведені на ґрунтах різного типу – зокрема, на чорноземах, дерново-підзолистих і лугових – показують суттєві відмінності в ефективності засвоєння азоту рослинами. Навіть при однаковій нормі внесення добрив, коливання врожайності може сягати 20-40%, що безпосередньо пов'язано з різницею в рівні вологості, гумусової та мікробіологічної активності ґрунтів. Це підкреслює необхідність врахування просторової мозаїчності при розробці системи удобрення [51;53 ст. 61].

Паралельно з фундаментальними агрохімічними дослідженнями активно розвивається прикладний напрям точного землеробства. У наукових джерелах широко висвітлюється ефективність використання сучасних технологічних засобів – GPS-навігації, дистанційного зондування, безпілотників, сенсорів та програмних комплексів для змінного внесення добрив. Ці інструменти дають

зможу точно виявляти зони з різним рівнем потреб у азоті, що забезпечує раціональне використання ресурсів, зменшує екологічні ризики й водночас сприяє стабілізації продуктивності.

Дослідники також акцентують на потребі комплекснішої діагностики просторової неоднорідності, пропонуючи комбінувати результати супутникового моніторингу, аналізу ґрунтів і історичних даних врожайності. Такий підхід дозволяє точніше формувати карти агрохімічної варіабельності, які є основою для оптимізації дозування добрив [34 ст. 59].

Водночас, попри значний науковий прогрес, низка аспектів залишається недостатньо вивченою. Зокрема, бракує довготривалих досліджень, що оцінюють вплив змінного внесення добрив на структурні властивості ґрунту, активність ґрунтової біоти та екосистему стійкість агроландшафтів. Крім того, потребують подальшого аналізу економічні ефекти впровадження високотехнологічних систем: наскільки виправданими є витрати на спеціалізоване обладнання порівняно з прибавкою врожайності за різних кліматичних і ґрунтових умов [32, ст.59].

Узагальнюючи результати огляду літературних джерел, можна стверджувати, що питання управління азотним живленням у контексті просторової неоднорідності є актуальним, багатогранним і науково перспективним. Подальше вивчення ефективності азотного живлення кукурудзи на фоні агрохімічної варіабельності є важливою умовою для формування екологічно збалансованих та економічно збалансованих та економічно обґрунтованих агротехнологій майбутнього.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика господарства

Товариство з обмеженою відповідальністю «Нива» розташоване за адресою: с. Маловодяне, Кропивницький район, Кіровоградська область, вул. Затишна, буд. 51. До районного центру м. Кропивницький – 70 км. Найближча вузлова станція м. Долинська.

Підприємство засноване у 2003 році. Сільське господарство базується на рослинництві.

Рослинництво включає вирощування зернових, олійних, кормових культур. Провідні культури в землеробстві – зернові: озима пшениця, олійні – соняшник, 90% полів засіяні зерновими та олійними культурами.

У геоморфологічному відношенні територія Кіровоградської області розташована в межах Придніпровської височини, яка характеризується переважно хвилястим рівнинним рельєфом з окремими підвищеннями, ярами та балками, що сформовані в результаті тривалих процесів та ерозії. (рис. 2.1)

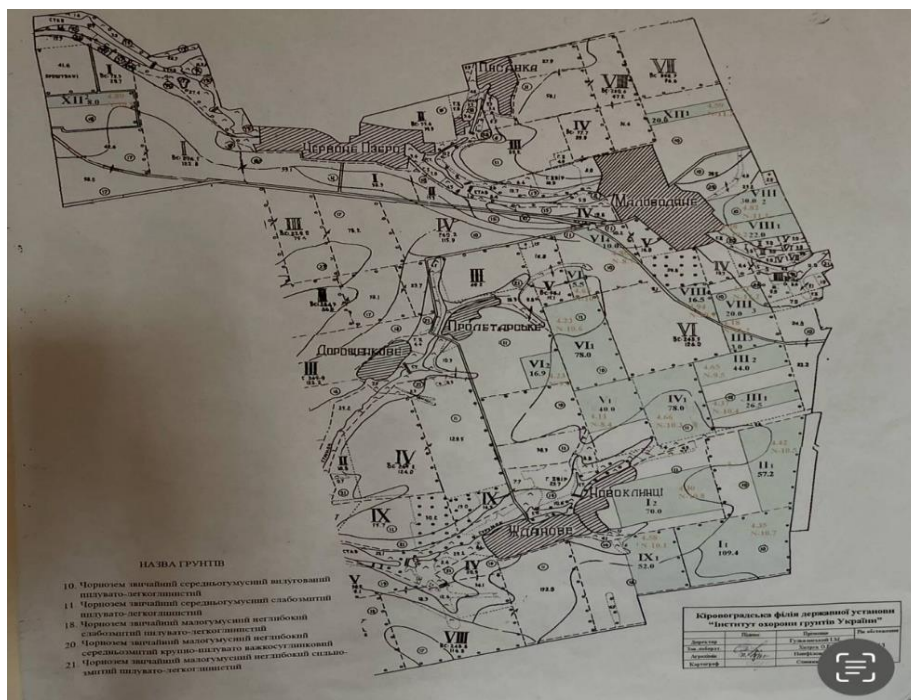


Рис. 2.1. Карта полів ТОВ АФ «Нива»

2.2. Характеристика ґрунтового покриву господарства

Ґрантовий покрив ТОВ АФ «Нива», розташованого в Кропивницькому районі Кіровоградської області, представлений переважно чорноземами типовими, які за гранулометричним складом є середніми суглинками. Саме на цих ґрунтах розміщена більшість сільськогосподарських угідь господарства.(рис. 2.2)

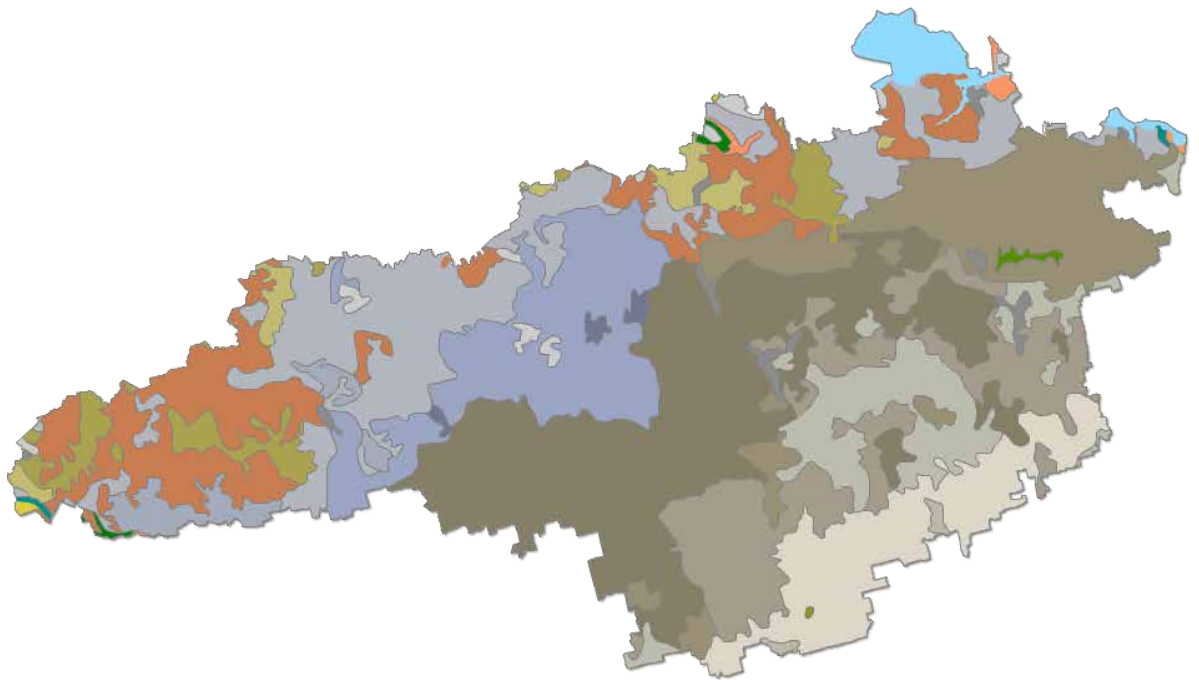


Рис. 2.2. Карта ґрунтів Кіровоградської області

Типові чорноземи формувалися на лесоподібних відкладах четвертинного періоду, що характеризуються доброю структурою та високою родючістю. Ґрантовий профіль має чітко виражений гумусовий горизонт потужністю 40-60 см, насичений гумусом до 4,0-6,0%, що надає ґрантам високої поживної цінності та вологостійкості. Реакція ґрунтового розчину в середньому коливається в межах 6,0-7,0, що є оптимальним для більшості сільськогосподарських культур. Запаси рухомих форм поживних речовин у верхньому шарі ґрунту становлять: азоту – 6,0-12,0 мг/100 г ґрунту, фосфору – 3,0-8,0 мг/100 г, калію – 10,0-20,0 мг/100 г.

Структура ґрунту характеризується доброю пористістю (понад 50% у верхньому шарі), що забезпечує достатній повітряний режим і водопроникність. Загальна щільність чорноземів типових становить близько 1,1-1,3 г/см³, що сприяє комфортним умовам для розвитку кореневої системи культур.

Отже, можна стверджувати, що цей тип ґрунту загалом сприятливий для вирощування сільськогосподарських культур. Він характеризується хорошими фізико-хімічними та водними властивостями. Втім, для підвищення його родючості необхідно покращити систему обробітку та удобрення. Лише за умови впровадження таких заходів можна буде забезпечити збереження і підвищення родючості ґрунту.

2.3. Погодно-кліматичні умови господарства

Клімат ТОВ АФ «Нива» є помірно-континентальним. Зими зазвичай помірно холодні, з частими відлигами, літо – тепле й посушливе. Весна й осінь зазвичай тривалі, з поступовим переходом температур. Середньорічна температура повітря становить близько 8,0° С. Найхолоднішим місяцем є січень (середня температура близько -5° С), найтеплішим – липень (приблизно 20-21° С). Кількість опадів у середньому становить 450-550 мм на рік, причому основна їх частина припадає на літній період у вигляді короткочасних дощів із грозами.

Середньорічна температура повітря в районі розташування ТОВ АФ «Нива» становить приблизно +10,1° С. Тривалість періоду з середньодобовою температурою вище +10° С сягає 170-180 днів (за даними 2025 року). Сума активних температур за цей період у середньому становить близько 3200°С, що створює сприятливі умови для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи, соняшнику, зернових та бобових.

Стійкий сніговий покрив у Кіровоградській області, зокрема на території ТОВ АФ «Нива», зазвичай формується в третій декаді грудня і тримається

близько 30-50 днів, переважно до середини лютого. Вегетаційний період із середньодобовою температурою повітря понад +5°C у 2025 році складав приблизно 262 дні, що відповідає особливостям клімату регіону та сприяє ефективному вирощуванню сільськогосподарських культур.(табл. 2.1)(рис. 2.3)

Таблиця 2.1

Середньорічна кількість опадів та їх розподіл по місяцях

Роки	Місяці												За рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2023	30	45	40	35	60	90	110	95	70	55	40	50	62,5
2024	55	40	35	45	80	50	95	105	60	35	50	55	58,3
2025	70	50	25	40	55	85	100	85	60	-	-	-	-
Середня багаторічна	40	42	30	33	57	75	102	90	65	-	-	-	-

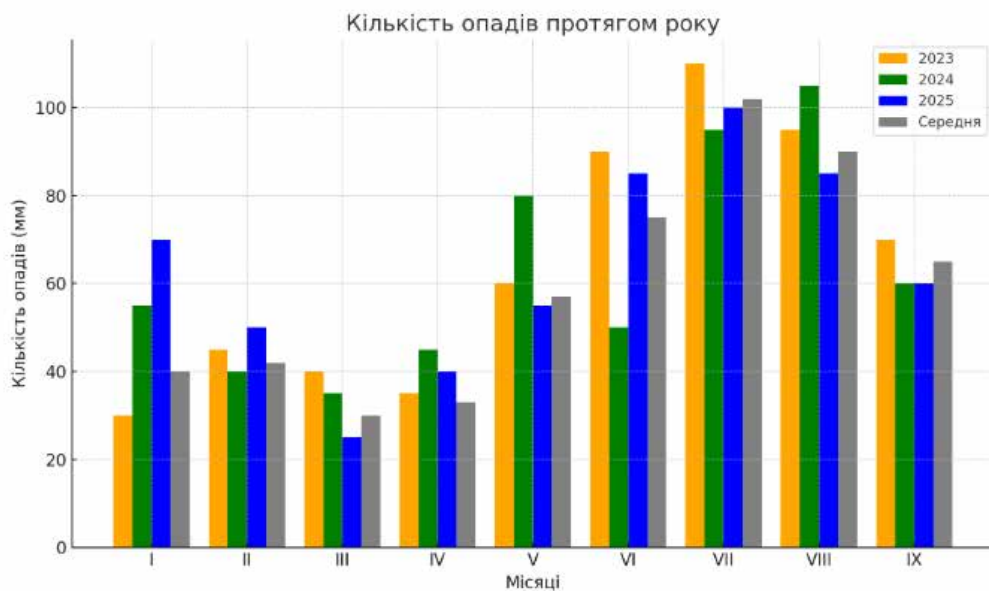


Рис. 2.3. Кількість опадів на протязі року

Період активної вегетації сільськогосподарських культур у господарстві ТОВ АФ «Нива», (при середньодобових температурах повітря 10°C і вище протягом 2025 року) тривав 209 днів.

Протягом року на території господарства переважають північно-західні вітри.

У холодну пору року спостерігається переважання вітрів східного та південно-східного напрямку, тоді як у літній період – північних і північно-східних.(табл. 2.2)(рис. 2.4)

Таблиця 2.2

Середньорічна і річна температура повітря

Роки	Місяці												За рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2023	-	-4,1	-0,6	+13,5	+17,0	+18,3	+19,2	+19,8	+14,8	+10,2	+3,3	-0,3	8,8
2024	+3,5	+1,7	+4,8	+10,0	+13,0	+21,2	+18,2	+19,7	+14,3	+10,3	+6,3	+2,4	9,8
2025	-	+9,7	+11,6	+18,9	+24,0	+30,1	+36,0	+32,0	+26,0	-	-	-	-
Середня багаторічна	-3	+2,4	+5,6	+13,1	+14,7	+23,0	+24,4	+20,0	+15,0	-	-	-	-

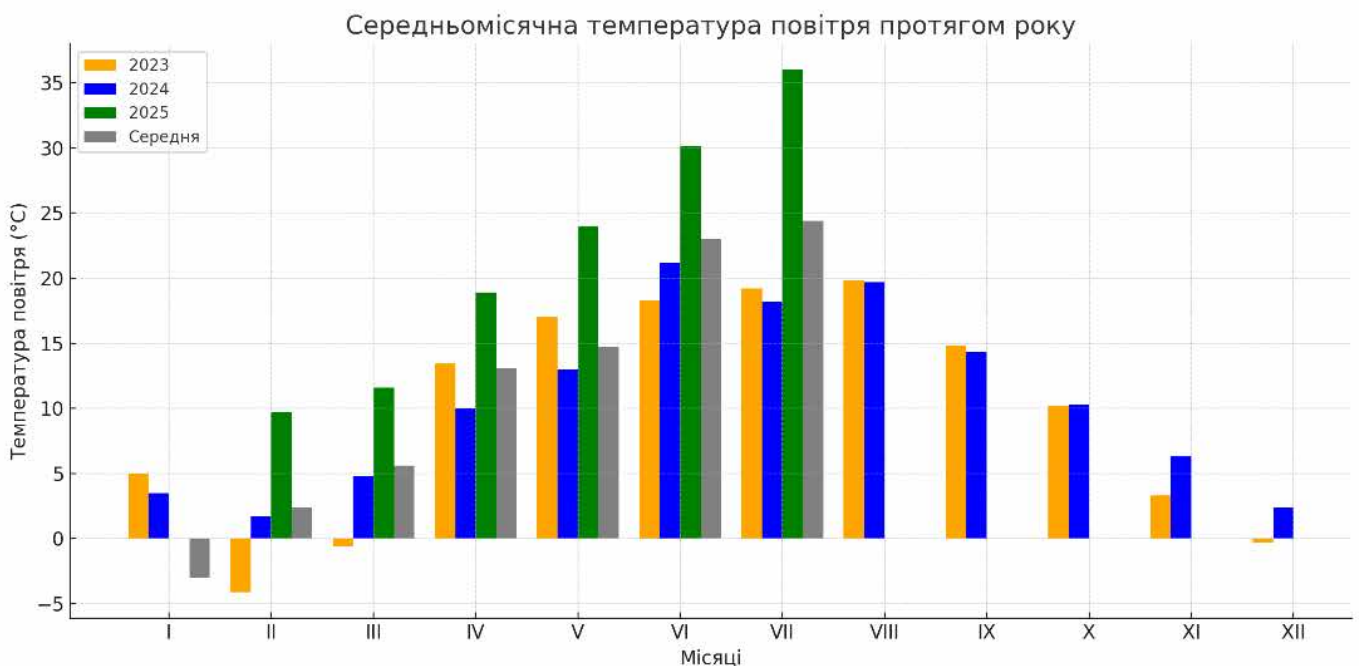


Рис. 2.4 Середньомісячна температура повітря протягом року

Із наведених вище даних, що характеризують природно-кліматичні умови господарства ТОВ АФ «Нива», можна зробити висновок, що в цілому природно-кліматичні умови є сприятливими для вирощування всіх районованих у даній зоні сільськогосподарських культур.

Ґрунти даної місцевості мають достатній вміст поживних речовин, що забезпечує можливість отримання стабільних та високих врожаїв. Господарство розташоване в зоні нестійкого зволоження, тому з метою накопичення вологи необхідно проводити снігозатримання в зимовий період. Для зменшення втрат вологи внаслідок випаровування навесні та влітку доцільно застосовувати боронування з метою закриття вологи.

2.4. Методика проведення дослідження

Основною метою дослідження є визначення впливу зон неоднорідності грантового покриву.

Поле, на якому проводився експеримент (20.04.2025), було засіяне гібридом кукурудзи «ДКС 3972» від компанії DEKALB, з нормою висіву 70 тисяч насінин/га.

Гібрид ДКС 3972 (ФАО 300) – середньостиглий гібрид кукурудзи з високим потенціалом урожайності та стабільністю за різних умов вирощування. Характеризується доброю стійкістю до посухи, вилягання і основних хвороб, таких як гельмінтоспоріоз, фузаріоз і сажка. Рослина потужна, завдовжки близько 230-250 см, формує великі качани з 14-16 рядами зерен, у кожному з яких близько 34-38 зернин. (рис. 2.5)

Тип зерна зубоподібний, із високим вмістом крохмалю. Гібрид придатний для вирощування як на зерно, так і на силос, добре адаптований до різних типів ґрунтів і кліматичних зон, особливо ефективний у Лісостепу.



Рис. 2.5. Визначення ділянок з різним рівнем розвитку посівів кукурудзи, вирощуваної на зерно

Підготовка ґрунту включала осінню дискову обробку за допомогою трактора New Holland 270 у комплекті з дисковою бороною Horsch Joker RT, що замінив традиційну оранку. Навесні здійснювалось закриття вологи та передпосівна культивування з використанням трактора New Holland 270 у поєднанні з агрегатом Allrounder. Сівбу проводили сівалкою Kinze 3600. У процесі сівби одночасно здійснювали внесення селітру з нормою 100 кг/га.

У межах захисту посівів від бур'янів використовували виключно гербіцидний препарат Кінкел у дозуванні 0,33 кг/га. Крім того, на етапі вегетації здійснювали мінеральне підживлення комплексним добривом Авангард Комплекс з нормою внесення 2 л/га. Також було використано прилипач Partrent 90, норма внесення 0,2 л/га.

Для листкового живлення кукурудзи застосовували препарат YaraVita Грамітрел, що містить підібраний комплекс мікроелементів, адаптований до потреб зернових культур. Це концентрована живильна суміш, яка миттєво розчиняється у воді та легко інтегрується в робочий розчин без потреби в попередньому розведенні, що значно спрощує процес приготування бакової суміші.

Цей засіб демонструє високу ефективність у польових умовах завдяки пролонгованому впливу на живлення рослин і характеризується максимальною толерантністю до культур, не викликаючи фітотоксичності.

Агрохімічний склад добрива включає збалансований набір поживних компонентів, серед яких: азот – 3,9%, магній – 9,3% (у формі оксиду 15,2%), мідь – 3%, марганець – 9,1% та цинк – 4,9% (табл. 2.3).

Для кукурудзи рекомендовано використовувати препарат у дозі 2 л/га у період формування 4-8 листків. За потреби обробку можна повторити через два тижні. Робочий розчин готується з розрахунку 300 літрів води на гектар. (табл. 2.3)

Таблиця 2.3.

Листкове внесення добрив у фазі розвитку ВВСН 14-16

Зона 1. Високий рівень забезпечення		YaraVita Грамітрел 2 л/га
Фон – КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га + YaraVita Грамітрел 2 л/га	Підживлення	азот — 3,9%, магній — 9,3% (у вигляді оксиду — 15,2%), мідь — 3%, марганець — 9,1% та цинк — 4,9%.
Фон + (контроль без підживлення)	Підживлення	
Зона 2. Низький рівень забезпечення		
Фон – КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га + YaraVita Грамітрел 2 л/га	Підживлення	
Фон + (контроль без підживлення)	Підживлення	

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га

Було здійснено відбір проб для агрохімічного аналізу. Упродовж вегетаційного періоду проводили моніторинг морфометричних характеристик рослин. Облікові спостереження виконували у визначенні фази розвитку кукурудзи за шкалою ВВСН: 17-19 (30.05), 32-35 (15.06), 55-58 (11.07)

Вміст легкодоступного гідролізованого азоту визначали за методикою Корнфілда, що дозволяє оцінити потенційну азотну забезпеченість рослин. Концентрації рухомих форм фосфору й калію в ґрунті встановлювали за методикою Чирікова. Кислотність грантового розчину (рН) вимірювали за допомогою іонселективного методу.

Оцінку потенційної врожайності на кожній дослідній ділянці здійснювали шляхом розрахунків, базуючись на щільності стояння рослин і їхній продуктивності. Якісні показники зерна визначали методом інфрачервоної спектроскопії з використанням приладу Infratec 1241.

Економічна ефективність розраховувалась з урахуванням ринкових цін, актуальних на період 2025 року.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Показники рН (вод.) чорнозему типового

Оптимальний рівень кислотності ґрунту, близький до нейтрального, є важливою передумовою для гармонійного росту більшості сільськогосподарських культур. У таких умовах поживні елементи, що містяться в ґрунтовому розчині, перебувають у формі, легкодоступній для засвоєння рослинами. Це сприяє активізації мікробіологічної активності – мікроорганізми ефективніше розщеплюють органічні залишки, трансформуючи їх у форми, придатні для живлення рослин.

Нейтральне середовище також позитивно впливає на розвиток кореневої системи, забезпечуючи її кращу проникність у ґрунтові горизонти, що, своєю чергою, покращує водозабезпечення та надходження елементів живлення. У ґрунтах із надмірною кислотністю або лужністю часто спостерігається пригнічення росту, а також підвищена чутливість рослин до патогенів. Нейтральний рН знижує ризик виникнення багатьох захворювань, стабілізує фізико-хімічні властивості ґрунту, сприяє формуванню його гранулометричної структури, покращує аерацію та водопроникність.

У межах дослідження було проведено оцінку просторової варіативності показника кислотності на дослідному полі, результати якої узагальнено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Показники рН (вод.)

№	Варіанти дослідів	Шар ґрунту, см	Показник рН
Зона 1. Висока забезпеченість			
1	Фон – КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га + YaraVita Грамітрел 2 л/га	0-25	6,8
2	Фон + (контроль без підживлення)	0-25	6,7
Зона 2. Низька забезпеченість			

3	Фон – КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га + YaraVita Грамітрел 2 л/га	0-25	6,2
4	Фон + (контроль без підживлення)	0-25	6,1

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га

Аналіз реакції ґрунтового середовища (рН вод.) на ділянці, де проводився експеримент, засвідчив, що кислотність перебуває в межах, близьких до нейтральних, що є сприятливим фактором для вирощування кукурудзи. Ця культура, як правило, демонструє толерантність до ґрунтів із помірною кислотністю, однак при значеннях рН нижче 5,0 можуть виникати негативні наслідки для її розвитку.

Зокрема, у надмірно кислих умовах активізується розчинна форма алюмінію, яка пригнічує ріст і розгалуження кореневої системи, обмежуючи здатність рослин до поглинання води та поживних речовин. Паралельно з цим підвищується концентрація марганцю до токсичних рівнів, що негативно впливає на формування надземної частини, зокрема стебла, і може призводити до порушення фізіологічних процесів.

Таким чином, підтримання нейтрального ґрунтового середовища є важливою умовою для забезпечення стабільного росту кукурудзи, її стійкості до стресових чинників і повноцінного засвоєння елементів живлення.

3.2. Вміст гідролізованого азоту в чорноземі типовому

Гідролізована форма азоту є важливим індикатором потенційної доступності цього елемента для рослин у ґрунтовому середовищі. Вона охоплює широкий спектр органічних і неорганічних сполук, серед яких – нітрати, нітрити, амонійні й амідні форми, а також азот, що входить до складу амінокислот і аміноцукрів. Ці компоненти здатні переходити у доступні для рослин форми під впливом слабких розчинів кислот, лугів, солей або окисників, що імітує природні процеси, які відбуваються в ризосфері під дією корневих виділень та мікробіологічної активності.

Завдяки своїй здатності до поступового вивільнення, гідролізований азот забезпечує рослини азотним живленням протягом тривалого періоду вегетації. Хоча ці сполуки не є миттєво доступними, вони відіграють ключову роль у формуванні азотного балансу, поступово трансформуючись у легкодоступні форми внаслідок біохімічних процесів у ґрунті. Водночас, цей показник не охоплює нітратну форму азоту, яка є найбільш мобільною і швидко засвоюється рослинами, тому для комплексної оцінки азотного режиму ґрунту доцільно проводити аналіз гідролізованого азоту в осінній або передпосівний період.

Загалом, рівень гідролізованого азоту може слугувати орієнтиром для оцінки агрохімічного стану ґрунту, його здатності підтримувати продуктивність культур, а також відображати інтенсивність процесів мінералізації органічної речовини. Його значення часто корелює з вмістом гумусу, загальним запасом азоту та мікробіологічною активністю, що робить цей показник важливим елементом у системі моніторингу родючості (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Вміст гідролізованого азоту за Корнфілдом, мг/кг

№	Варіанти дослідів	Шар ґрунту, см	Вміст азоту
Зона I Висока забезпеченість			
1	Фон + YaraVita Грамітрел 2 л/га	0-25	154
2	Фон (контроль без підживлення)	0-25	145
Зона II Низька забезпеченість			
3	Фон+ YaraVita Грамітрел 2 л/га	0-25	98
4	Фон (контроль без підживлення)	0-25	92

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га

Аналіз концентрації гідролізованих форм азоту в ґрунтового середовищі, результати якого дозволили виявити чітку просторову диференціацію рівня забезпеченості дослідної площі цим елементом.

У ділянках з високим забезпеченням було зафіксовано вміст гідролізованого азоту 154 мг/кг, що свідчить про стабільне середнє насичення ґрунту азотними сполуками, здатними до поступового переходу в доступні для рослин форми.

В зоні низького забезпечення вміст азоту становив лише 98 мг/кг. Такий вважається критично низьким і може негативно впливати на формування кореневої системи, синтез білків та загальну продуктивність культур.

Отримані дані підтверджують необхідність диференційованого підходу до удобрення, з урахуванням просторової неоднорідності азотного режиму ґрунту.

3.3. Вміст рухомих сполук фосфору

Фосфор є одним із ключових елементів живлення, який надходить до рослин переважно з ґрунтового середовища. Його загальна концентрація в орному шарі значно поступається рівням азоту та калію, зазвичай становлячи лише 0,04-0,22%, що свідчить про обмеженість природних запасів. У верхньому горизонті ґрунту кількість фосфору може варіюватись від 1,2 до 66 т/га, залежно від типу ґрунту та його агрохімічних характеристик

На накопичення та доступність фосфорних сполук істотно впливають такі фактори, як механічний склад ґрунту, рівень гумусованості, а також фізичні умови – зокрема вологість і температурний режим. Наприклад, дерново-підзолисті ґрунти, як правило, мають низький природний вміст фосфору, що обумовлює потребу в додатковому удобренні.

На відміну від азоту та калію, фосфор у ґрунті має обмежену мобільність і низьку здатність дифузії. Це ускладнює його надходження до кореневої системи, особливо в умовах недостатнього зволоження. Крім того, корені рослин не завжди охоплюють достатній об'єм ґрунту, що додатково знижує ефективність засвоєння фосфатних іонів.

У перший рік після внесення фосфорних добрив рослини засвоюють лише 10-15% від загальної кількості діючої речовини. Це пов'язано не лише з переходом фосфору в малодоступні форми, але й з обмеженою кількістю розчинних продуктів, які утворюються внаслідок взаємодії фосфатів із ґрунтовими компонентами. З часом, за умови відсутності повторного внесення протягом 4-10 років, коефіцієнт використання фосфору може зрости до 100%, що свідчить про накопичувальний ефект.

У системах інтенсивного землеробства доцільно застосовувати фосфорні добрива регулярно, не очікуючи на відстрочений результат. Це дозволяє не лише компенсувати винесення елемента з урожаєм, а й створити резерв рухомого фосфору в ґрунті. Варто зазначити, що ефективність фосфорного живлення часто залежить від балансу з іншими елементами – зокрема, дефіцит азоту та калію може обмежувати прояв післядії фосфорних добрив. Тому їхнє поєднане внесення здатне значно підвищити загальну ефективність живлення.

На основі польових спостережень і лабораторних аналізів було визначено оптимальні рівні фосфатів (мг/кг) для різних варіантів удобрення, ці значення слугують орієнтиром для оцінки фосфорного режиму та планування удобрення (табл. 3.3).

Таблиця 3.3.

Вміст рухомих сполук фосфору за методом Чирікова мг/кг

№	Варіанти дослідів	Шар ґрунту, см	Вміст рухомих сполук фосфору
Зона I Висока забезпеченість			
1	Фон + YaraVita Грамітрел 2 л/га	0-25	129
2	Фон (контроль без підживлення)	0-25	120
Зона II Низька забезпеченість			
3	Фон+ YaraVita Грамітрел 2 л/га	0-25	75
4	Фон (контроль без підживлення)	0-25	71

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га

Рухомий фосфор у ґрунті є одним із ключових показників, що визначає реальну доступність цього елемента для рослинного живлення. На відміну від загального вмісту фосфору, який може бути представлений у різноманітних, часто недоступних формах – мінеральних комплексах, органічних залишках або зв'язаних сполуках – саме рухомі форми здатні розчинятися у воді та активно поглинатися кореневою системою.

У межах проведеного дослідження було здійснено оцінку концентрації рухомого фосфору в ґрунті на різних варіантах дослідних ділянок. Виявлено, що у першому варіанті (зона високого забезпечення) його вміст 129 мг/кг, що свідчить про сприятливі умови для фосфорного живлення. Такий рівень забезпеченості може позитивно впливати на енергетичний обмін, стимулювати розвиток кореневої системи, прискорювати формування генеративних органів і загалом сприяти підвищенню врожайності.

У другому варіанті його вміст 75 мг/кг, що відповідає середньому рівню забезпеченості. Такий показник свідчить про наявність базового запасу доступного фосфору, який може підтримувати життєдіяльність рослин, але не гарантує високої продуктивності без додаткового удобрення.

Отримані результати підтверджують, що рівень рухомого фосфору в ґрунті є не лише показником агрохімічного стану, а й важливим критерієм для планування системи удобрення. Просторова варіативність цього елемента в межах одного поля вказує на необхідність зонального підходу до живлення культур, що дозволяє більш точно реагувати на потреби рослин і підвищувати ефективність агротехнологій.

3.4. Вміст рухомих сполук калію

Калій відіграє ключову роль у системі мінерального живлення сільськогосподарських культур, забезпечуючи їх повноцінний вміст ріст і розвиток. Його наявність у ґрунті сприяє підвищенню стійкості рослин до несприятливих умов середовища, зокрема до посухи, а також зменшує ризик ураження грибковими та бактеріальними інфекціями. Крім того, калій

позитивно впливає на якісні характеристики врожаю – зокрема, покращує структуру та виповненість зерна, що є важливим показником товарної цінності продукції.

Загальний вміст калію в ґрунті значною мірою залежить від його механічного складу. У ґрунтах із більшою часткою дрібнозему, особливо глинистих фракцій, зазвичай спостерігається вищий запас калію. Проте варто зазначити, що між загальним вмістом цього елемента та його доступністю для рослин існує лише слабкий кореляційний зв'язок. Значна частина калію може бути зв'язана у формі первинних мінералів або вторинних глинистих сполук, які не беруть участі в живленні культур у короткостроковій перспективі.

Для оцінки калійного режиму ґрунту часто застосовується метод Чирікова, яка дає найбільш достовірні результати на середньосуглинкових ґрунтах із вмістом фізичної глини на рівні 40-45%.

У таких умовах природна концентрація обмінного калію (K_2O) в орному шарі зазвичай становить 70–90 мг/кг, що відповідає середньому рівню забезпеченості цим елементом. Цікаво, що зі збільшенням кількості дрібних частинок у ґрунті зростає і вміст калієвмісних мінералів, однак це не завжди означає підвищену доступність калію для рослин. У деяких випадках створюється хибне враження про високу забезпеченість, тоді як фактична ефективність калійного живлення залишається низькою. Особливо це характерно для ґрунтів лісостепової та степової зон України — зокрема, для звичайних, південних чорноземів і темно-каштанових ґрунтів. Тут обмежувальним фактором часто виступає не дефіцит калію як такого, а недостатня кількість вологи та недосконалість агротехнічних заходів.

Варто також зазначити, що ефективність використання калійних добрив в агросистемах України має чітко виражену географічну тенденцію: вона знижується в напрямку із заходу на схід і південний схід країни. Це пов'язано як із кліматичними особливостями, так і з відмінностями у структурі ґрунтів та рівні агротехнічного обробітку.

У ході проведених досліджень було отримано результати, які наведено у таблиці 3.4. Вони дозволяють глибше зрозуміти просторову варіативність калійного забезпечення та обґрунтувати необхідність диференційованого підходу до удобрення.

Таблиця 3.4.

Вміст рухомих сполук калію за методом Чирікова, мг/кг

№	Варіанти дослідю	Шар ґрунту, см	Вміст рухомих сполук калію
Зона I Висока забезпеченість			
1	Фон +YaraVita Грамітрел 2 л/га	0-25	176
2	Фон (контроль без підживлення)	0-25	168
Зона II Низька забезпеченість			
3	Фон +YaraVita Грамітрел 2 л/га	0-25	112
4	Фон (контроль без підживлення)	0-25	110

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га

У процесі агрохімічного обстеження дослідної площі було здійснено аналіз концентрації рухомих форм калію в ґрунті, що дозволило виявити суттєві відмінності між зонами забезпеченості.

У ділянці із високим рівнем забезпечення зафіксовано значення 186 мг/кг, що свідчить про високий ступінь насичення ґрунту доступними калієвими сполуками. Такий рівень забезпеченості створює сприятливі умови для активного росту рослин, покращує їхню стійкість до абіотичних стресів, зокрема посухи, та сприяє формуванню якісного врожаю.

Водночас у зоні з низьким рівнем забезпеченості, яка характеризується менш інтенсивним калійним режимом, концентрація рухомого калію становила 112 мг/кг. Незважаючи на те, що цей показник класифікують як підвищений, він все ж поступається значенню, зафіксованим у більш забезпеченій частині поля.

Це може свідчити про локальні обмеження у доступності елементу, які пов'язані не лише з його фактичним вмістом, а й із особливостями гранулометричного складу, вологості та мікробіологічної активності ґрунту.

Отримані результати підтверджують необхідність зонального підходу до калійного удобрення, що дозволяє враховувати просторову неоднорідність забезпеченості та оптимізувати систему живлення відповідно до потреб рослин у кожній частині поля.

3.5 Біометричні показники кукурудзи на зерно за різних зон ґрунтової неоднорідності

Оцінка стану рослин у польових умовах традиційно базується на аналізі їх морфологічних та фізіологічних характеристик, які слугують інформативними індикаторами росту, розвитку та адаптації до навколишнього середовища. Морфологічна діагностика передбачає візуальне спостереження за зовнішніми ознаками — такими як форма та розміри листків, стебел і коренів, а також загальний вигляд рослини. Натомість фізіологічні параметри відображають внутрішні процеси життєдіяльності — швидкість росту, інтенсивність фотосинтезу, темпи розвитку тощо. Сукупність цих показників дозволяє комплексно оцінити ефективність агротехнічних заходів і рівень адаптації культури до умов вирощування.

На прикладі кукурудзи, яка є однією з найважливіших зернових культур, можна виділити низку ключових біометричних ознак, що мають діагностичне значення: висота рослини, довжина міжвузлів, товщина стебла, маса надземної частини, а також параметри листового апарату — кількість листків, площа листової поверхні та листовий індекс. Ці характеристики не лише відображають фізіологічний стан рослин, а й корелюють із кліматичними умовами, рівнем мінерального живлення та генетичними особливостями сорту. Регулярний моніторинг динаміки біометричних показників є важливим інструментом для вивчення впливу добрив на продуктивність культури. Зокрема, надмірне

внесення азоту на пізніх етапах вегетації може спричинити надмірний розвиток вегетативної маси, що негативно позначається на формуванні врожаю.

У ході першого етапу дослідження (таблиця 3.5) було встановлено, що найвищий середній біометричний показник кукурудзи спостерігається в зонах із найсприятливішими умовами живлення. Так, висота рослини на цій ділянці становила 80 см. Діаметр стебла в оптимальній зоні досягав 2,5 см, і було на 0,4 см більшим порівняно з ділянкою з низьким рівнем забезпеченості. Надземна біомаса рослин у найкращих умовах була на 7 г більшою, ніж у зоні низького забезпечення.

Другий етап аналізу (таблиця 3.6) проводився у фазі активного вегетативного росту кукурудзи (ВВСН 32–35), коли рослини демонструють інтенсивне нарощування біомаси. Було встановлено, що висота рослин у зоні з високим рівнем розвитку досягала 125 см. У зоні низького забезпечення цей показник був нижчим – 108 см. Довжина міжвузлів у зоні з високим забезпеченням сягала 11 см, тоді як у низькій зоні — 9 см. Діаметр стебла також варіювався залежно від умов: 2,9 см у високій зоні, 2,3 см — у низькій. Найбільшу надземну масу — 332 г на рослину — було зафіксовано в зоні з оптимальними умовами росту, тоді як у низькій зоні вона становила 278 г.

Загалом, отримані дані свідчать про тісний зв'язок між рівнем мінерального живлення та біометричними характеристиками кукурудзи, що підтверджує доцільність диференційованого підходу до удобрення з урахуванням просторової неоднорідності поля.

Таблиця 3.5.

Біометричні показники кукурудзи у мікростадію ВВСН 17-19 в різних зонах забезпеченості, 2025 рік

№	Варіант досліду	Показники					
		Висота, см	Довжина міжвузля, см	Діаметр стебла, см	Маса надземної частини, г/роsl	Кількість листків, шт/роsl	Площа листків, см ² /роsl
Зона I. Висока забезпеченість							
1	Фон +YaraVita Грамітрел 2 л/га	80	8	2,5	102	10	4351
2	Фон (контроль без підживлення)	75	8	2,2	98	9	4200
Зона II. Низька забезпеченість							
3	Фон +YaraVita Грамітрел 2 л/га	74	8	2,1	95	9	3532
4	Фон (контроль без підживлення)	72	8	2,0	91	9	3320

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га

Таблиця 3.6.

Біометричні показники кукурудзи у мікростадію ВВСН 32-35 в різних зонах забезпеченості, 2025 рік

№	Варіант дослідження	Показники					
		Висота, см	Довжина міжвузля, см	Діаметр стебла, см	Маса надземної частини, г/роsl	Кількість листків, шт/роsl	Площа листків, см ² /роsl
Зона I Висока забезпеченість							
1	Фон +YaraVita Грамїтрел 2 л/га	125	11	2,9	332	11	4854
2	Фон (контроль без підживлення)	120	10	2,7	320	10	4620
Зона II Низька забезпеченість							
3	Фон +YaraVita Грамїтрел 2 л/га	108	10	2,3	278	10	3728
4	Фон (контроль без підживлення)	100	9	2,1	265	9	3521

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га

Таблиця 3.7.

Біометричні показники кукурудзи у мікростадію ВВСН 55-58 в різних зонах забезпеченості, 2025 рік

№	Варіант дослідю	Показники					
		Висота, см	Довжина міжвузля, см	Діаметр стебла, см	Маса надземної частини, г/роsl	Кількість листків, шт/роsl	Площа листків, см ² /роsl
Зона I Висока забезпеченість							
1	Фон +YaraVita Грамїтрел 2 л/га	223	18	3,3	734	16	5524
2	Фон (контроль без підживлення)	221	18	3,0	720	15	5470
Зона I Низька забезпеченість							
3	Фон +YaraVita Грамїтрел 2 л/га	194	15	2,5	633	12	4738
4	Фон (контроль без підживлення)	191	16	2,4	630	10	4730

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селїтра 100 кг/га

У фазі ВВСН 55–58 (табл 3.7) було проведено детальний аналіз біологічних параметрів кукурудзи, що дозволив оцінити реакцію рослин на умови живлення та застосування позакорневих добрив.

У ділянці із низьким рівнем забезпеченості висота рослини становила 194 см, що є типовим показником для умов обмеженого живлення. Довжина міжвузлів у двох варіантах дослідження становила 15-18 см, демонструючи відносну стабільність цього показника за різних умов живлення. Діаметр стебла також показав значну варіативність — від 2,5 см у низько забезпечених зонах до 3,3 см у ділянках із покращеним мінеральним режимом, що свідчить про зміцнення структурної частини рослини під впливом добрив.

Найвищу надземну біомасу — 734 г на одну рослину — було зафіксовано в зоні з високим рівнем забезпеченості, де застосовувалося додаткове живлення. Такий приріст маси свідчить про інтенсивне накопичення органічної речовини, що є важливим показником продуктивності культури.

Усі рослини, незалежно від варіанту живлення, формували переважно по одному качану, що відповідає типовій морфологічній моделі для кукурудзи на зерно.

3.6 Вміст загального азоту в рослинах кукурудзи на зерно

Вивчення динаміки накопичення мінеральних елементів живлення на різних етапах онтогенезу кукурудзи дозволяє більш точно адаптувати систему удобрення до потреб культури, а також визначити оптимальні співвідношення макроелементів — зокрема азоту, фосфору та калію — для різних форм і методів підживлення. Такий підхід сприяє підвищенню ефективності використання добрив і забезпечує стабільне формування врожаю.

Результати дослідження, представлені в таблиці 3.7, свідчать про те, що вміст азоту в рослинах кукурудзи змінюється залежно від фази розвитку. Найвищі концентрації цього елемента були зафіксовані на ранніх етапах вегетації — у фазі формування 8–10 листків, коли азотний вміст у тканинах коливався в межах 5,42–6,25%. Це період активного росту, коли азот відіграє

критичну роль у синтезі білків, ферментів та хлорофілу, що забезпечує інтенсивний фотосинтез і закладання майбутньої продуктивності.

У міру наближення до фази викидання качана спостерігалася цікава тенденція: концентрація азоту в листках зростала, тоді як у стеблах — навпаки, знижувалася. Така динаміка може бути пояснена посиленням фотосинтетичної активності листового апарату та явищем «розведення росту», коли швидке нарощування біомаси призводить до відносного зменшення концентрації поживних речовин у окремих органах.

На пізніх стадіях розвитку, коли відбувається налив зерна, азот починає активно переміщуватися з вегетативних органів — листя та стебел — до генеративних структур, зокрема качанів. Саме там відбувається інтенсивне накопичення поживних речовин, необхідних для формування повноцінного зерна. У варіанті №1, де застосовувався препарат YaraVita Грамітрел у період від викидання волоті до біологічної стиглості, вміст азоту в листках знизився з 7,10% до 6,12%, що свідчить про активне перерозподілення елемента в напрямку репродуктивних органів.

Найвищі показники азотного забезпечення на етапі викидання волоті були зафіксовані в ділянках із оптимальними та середніми умовами живлення, де концентрація азоту в листках досягала 7,10% і 6,82% відповідно — обидва варіанти також включали обробку YaraVita GRAMITER. Це підтверджує ефективність препарату в стимулюванні азотного обміну та підтриманні високого рівня живлення в критичні фази розвитку. (табл. 3.8)

Загалом, підвищення загального вмісту азоту в рослинах кукурудзи має стратегічне значення, оскільки близько 60–70% цього елемента акумулюється в зерні, переважно за рахунок мобілізації з інших органів. Решта 30–40% надходить із надземної частини та качанів. Найбільший внесок у азотне наповнення зерна забезпечує листовий апарат, і чим вищим є вміст азоту в листках на ранніх етапах наливу, тим більшою буде його концентрація у сформованому врожаї. Це підкреслює важливість контролю за азотним живленням упродовж усього вегетаційного періоду.

Вміст загального азоту в рослині в різних зонах поля, 2025 рік, %

№	Варіант досліджу	Фаза росту і розвитку рослини								
		8-10 листків		Викидання волоті			Біологічна стиглість			
		листя	стебло	листя	стебло	качани	листя	стебло	обгортка	зерно
Зона I Висока забезпеченість										
1	Фон + YaraVita Грамітрел 2 л/га	6,23	6,80	7,15	5,33	6,11	6,15	6,10	5,56	1,33
2	Фон (контроль без підживлення)	6,07	6,72	6,74	5,00	5,90	5,80	5,72	5,10	1,20
Зона I Низька забезпеченість										
3	Фон + YaraVita Грамітрел 2 л/га	5,76	5,95	6,33	4,95	6,03	5,24	5,82	5,60	0,96
4	Фон (контроль без підживлення)	5,40	5,33	6,23	4,62	5,73	5,00	5,40	4,90	0,76

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га

РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ДИФЕРЕНЦІЙНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ НА ЯКІСТЬ ТА СТРУКТУРУ ВРОЖАЮ КУКУРУДЗУ НА ЗЕРНО

4.1. Вплив позакореневого підживлення на структуру врожаю

Одним із ключових критеріїв ефективності застосування добрив у сучасному агровиробництві є їхній вплив на формування якісних та кількісних характеристик врожаю. Зокрема, підвищення продуктивності рослин виступає як інтегральний показник успішності агротехнологічних заходів, що відображає реакцію культури на оптимізацію живлення.

Результати досліджень, представлені в таблиці 4.1, демонструють позитивну динаміку змін основних морфологічних і продуктивних ознак кукурудзи під впливом позакореневого підживлення препаратом YaraVita Грамітрел. Застосування цього препарату сприяло покращенню таких важливих параметрів, як довжина качана, ступінь його виповненості зерном, а також загальна врожайність культури.

Поглиблений аналіз структури врожаю на дослідних ділянках засвідчив, що характер впливу добрив варіювався залежно від рівня початкового розвитку посівів. Так, на ділянках із високим рівнем розвитку рослин основним чинником, який забезпечив приріст врожайності, стала підвищена маса 1000 зерен — показник, що безпосередньо корелює з інтенсивністю накопичення сухої речовини в зерні.

Найбільш виражене покращення структури врожаю було зафіксовано на ділянках із низьким початковим рівнем розвитку рослин. У цьому випадку приріст врожайності був зумовлений переважно збільшенням кількості рядів зерен у качані — морфологічного показника, що свідчить про активізацію генеративного розвитку рослин за умов додаткового живлення.

Таким чином, застосування YaraVita GRAMITER продемонструвало високу адаптивність до різних умов розвитку кукурудзи, забезпечуючи покращення як структурних, так і кількісних показників врожаю. Це підтверджує доцільність використання препарату в системі живлення культури з метою підвищення її продуктивності та стабільності агробіологічних процесів. (табл. 4.1)

Таблиця 4.1.

Структура врожаю кукурудзи на зерно в різних зонах поля

№	Варіанти дослідів	Показники				
		Довжина початка, см	Кількість рядів зерен, шт	Кількість зерен в ряду, шт	Кількість зерен на початку, шт	Маса 1000 зерен, г
Зона I Висока забезпеченість						
1	Фон +YaraVita Грамітрел 2 л/га	23	15	34	506	324
2	Фон (контроль без підживлення)	21	15	32	494	350
Зона I Низька забезпеченість						
3	Фон +YaraVita Грамітрел 2 л/га	19	15	30	468	244
4	Фон (контроль без підживлення)	17	15	28	455	240

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га



Рис. 4.1. Початки кукурудзи із зони поля високого забезпечення



Рис. 4.2. Початки кукурудзи із зони поля низького забезпечення

4.2 Вплив позакореневого підживлення на врожайність та якість зерна кукурудзи

У природних умовах більшість мікроелементів, що містяться в ґрунті, перебувають у формах, малодоступних або зовсім недоступних для засвоєння рослинами. Незважаючи на те, що загальний запас таких елементів може бути значним, лише незначна їх частина знаходиться в мобільному стані, придатному для включення в обмінні процеси рослинного організму. Перехід мікроелементів у доступну форму часто потребує активної участі ґрунтових мікроорганізмів, а також специфічних корневих виділень, які здатні змінювати хімічне середовище навколо кореневої системи, сприяючи розчиненню та мобілізації поживних речовин.

Особливу увагу серед мікроелементів заслуговує цинк, який виконує низку життєво важливих функцій у метаболізмі рослин. Він бере участь у процесах фотосинтезу, зокрема в утворенні хлорофілу — пігменту, що забезпечує поглинання світлової енергії. Крім того, цинк є необхідним компонентом для синтезу ряду вітамінів, зокрема групи В, а також Р і С, які відіграють ключову роль у ферментативних реакціях та загальному енергетичному балансі рослин.

Окремо варто зазначити, що цинк сприяє підвищенню адаптивного потенціалу рослин до стресових факторів навколишнього середовища, зокрема до дії низьких температур. Його достатня кількість у живленні рослин забезпечує стабільний ріст і розвиток, тоді як дефіцит цього елемента може спричинити низку фізіологічних порушень. Зокрема, нестача цинку негативно впливає на формування генеративних органів, що особливо помітно у таких культурах, як капуста, де порушення мінерального живлення може призвести до деформації або неповноцінного розвитку качанів.

Таким чином, забезпечення рослин цинком у доступній формі є важливою умовою для реалізації їхнього генетичного потенціалу продуктивності, особливо в умовах інтенсивного землеробства та змін кліматичних факторів. Наші дослідження показали, що відповідно до зон неоднорідності ґрунтового

покриву перевага була на фонах високого забезпечення, за умови фоліарних підживлень приріст становив 2,2 т/га, без застосування цього прийому – 1,88 т/га, що у відсотковому відношенні перевага становить 18-20% (табл. 4.2.). Позакореневе підживлення є тим дієвим прийомом, що дає можливість підвищувати урожайність на 15%.

Таблиця 4.2.

Урожайність кукурудзи на зерно в різних зонах поля, 2025 рік, т/га

№	Варіанти дослідів	Урожайність, т/га	Приріст до зони низької забезпеченості, т/га
Зона I. Висока забезпеченість			
1	Фон +YaraVita Грамітрел 2 л/га	11,60	+2,2
2	Фон (контроль без підживлення)	9,83	+1,88
Зона II. Низька забезпеченість			
3	Фон +YaraVita Грамітрел 2 л/га	9,40	-
4	Фон (контроль без підживлення)	7,95	-

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га

4.3 Якісні показники зерна

Якісні показники зерна кукурудзи є одним із найважливіших критеріїв оцінювання його господарської та харчової цінності. Саме вони визначають не лише напрями використання зерна, а й економічну ефективність вирощування культури. Від якості зерна безпосередньо залежать показники виходу готової продукції при переробці, поживна цінність кормів, стабільність зберігання та конкурентоспроможність продукції на внутрішньому й зовнішньому ринках.

До основних показників якості зерна кукурудзи належать: вологість, вміст білка, вміст крохмалю, вміст жиру, а також показники, пов'язані з натурною масою, склоподібністю, зараженість шкідниками та чистота зернової маси. У сукупності і параметри дають можливість об'єктивно оцінити рівень сформованого врожаю та потенціал його використання.

Одним із ключових показників якості є вологість зерна. Вона має визначальне значення для зберігання продукції. Оптимальною вологістю вважається рівень 12-14%, за якого знижується інтенсивність дихальних процесів у зерні, зменшується розвиток мікроорганізмів і шкідників. Зерно з такою вологістю може зберігатися тривалий час без додаткових витрат на сушіння та з мінімальними втратами поживних речовин. Надмірна вологість, навпаки, значно підвищує ризики псування зернової маси, самозігрівання та утворення мікотоксинів.

Другим важливим параметром є вміст сирого протеїну, який у середньому для кукурудзи становить 8-12% у перерахунку на суху речовину. Протеїн визначає поживну цінність зерна, особливо якщо воно використовується для кормових цілей. Вищий рівень білка є важливим для збалансування раціонів тварин, забезпечуючи їх енергією та необхідними амінокислотами. На вміст протеїну впливають як генетичні особливості гібриду, так і умови вирощування: родючість ґрунту, рівень забезпечення азотом, погодні умови тощо.

Не менш значущим показником є вміст крохмалю, який у зерні кукурудзи зазвичай становить 65-72%. Саме крохмаль забезпечує високу енергетичну цінність культури, що робить кукурудзу однією з найпоширеніших у світі кормових та харчових культур. Зерно з високим вмістом крохмалю є особливо цінним для виробництва комбікормів, біоетанолу та інших видів переробки.

Ще одним показником, який має вагоме значення, є вміст жиру. Хоча його частка в зерні кукурудзи не дуже велика (переважно 3,5-5,0%), олія кукурудзи відрізняється високою біологічною цінністю та доброю засвоюваністю. Підвищений вміст жиру позитивно впливає на енергетичну цінність корму та може бути додатковим фактором для промислової переробки.

Крім хімічних показників, важливим є фізичні властивості зерна – натурна маса, склоподібність, вирівняність, ступінь ушкодженості та чистота. Вони визначають придатність зерна до транспортування, зберігання, технологічної обробки та впливають на його товарний вигляд. Зерно з високими фізичними

показниками легше переробляється, менше пошкоджується і дає вищий вихід готової продукції.

Варто зазначити, що якісні показники залежать від комплексу факторів: агротехнічних прийомів вирощування, погодних умов, рівня удобрення, своєчасності збирання врожаю та умов його післязбиральної доробки. Навіть високопродуктивний гібрид не зможе повністю реалізувати свій потенціал без належного технологічного супроводу. Саме тому оцінювання якості зерна є невід'ємною частиною наукових досліджень сортовипробувань та виробничого контролю.

Таким чином, якісні показники зерна кукурудзи відображають не лише його хімічний склад, а й рівень агротехнологій, екологічні умови та ефективність господарювання. Комплексна оцінка цих параметрів дає можливість оптимізувати напрями використання врожаю, покращити економічні результати та підвищити конкурентоспроможність продукції на ринку (табл. 4.3.).

Таблиця 4.3.

Якісні показники зерна кукурудзи в різних зонах поля, %

№	Варіанти дослідів	Показники		
		Вміст олії	Вміст сирого протеїну	Вміст крохмалю
Зона I Висока забезпеченість				
1	Фон +YaraVita Грамїтрел 2 л/га	4,1	11,6	68,83
2	Фон (контроль без підживлення)	3,9	11,0	67,90
Зона II Низька забезпеченість				
3	Фон +YaraVita Грамїтрел 2 л/га	3,8	10,3	69,5
4	Фон (контроль без підживлення)	3,5	10,0	69,0

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га

Аналіз даних, наведених у таблиці 4.3., свідчить про наявність певних відмінностей у якісних показниках зерна кукурудзи залежно від рівня забезпеченості рослин поживними речовинами. За умов високої забезпеченості спостерігається підвищення вмісту сирого протеїну (11,6%) порівняно з варіантом низької забезпеченості (10,3%), що може свідчити про активніший азотний обмін у рослинах та покращене білкове накопичення в зерні. Вміст олії також був дещо вищим — 4,1% проти 3,8%, що вказує на позитивний вплив оптимального живлення на формування енергетичних компонентів зерна.

Вологість зерна у варіанті з високою забезпеченістю становила 13,3%, що на 0,9% перевищує показник у варіанті з низькою забезпеченістю. Це може бути пов'язано з більш тривалим періодом вегетації або інтенсивнішим накопиченням сухої речовини, що затримує процеси дозрівання. Цікаво, що вміст крохмалю, навпаки, був дещо вищим у варіанті з низькою забезпеченістю (69,5%) порівняно з високою (68,83%), що може свідчити про компенсаторне накопичення вуглеводів за умов обмеженого живлення.

Загалом, отримані результати підтверджують важливість оптимального забезпечення кукурудзи елементами живлення для формування якісного зерна з високим вмістом білка та олії. Водночас, незначні коливання у вмісті крохмалю та вологості свідчать про складну взаємодію між рівнем живлення та фізіологічними процесами в рослині, що потребує подальшого дослідження.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПІДВИЩЕННЯ ПРИБУТКОВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ЗА РАХУНОК РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДОБРИВ

Кукурудза на зерно посідає провідне місце серед сільськогосподарських культур завдяки своїй універсальності, високій продуктивності та широкому спектру використання. Її зерно є цінною сировиною як для харчової промисловості, так і для виробництва кормів, що забезпечує стабільний попит на внутрішньому та зовнішньому ринках. У зв'язку з цим кукурудза розглядається не лише як агрономічно важлива культура, а й як економічно значущий елемент аграрного виробництва.

Ефективність вирощування кукурудзи значною мірою залежить від рівня забезпеченості рослин ресурсами - як мінеральними, так і технологічними. За результатами досліджень, встановлено, що за умов дефіциту поживних речовин, води або інших критичних факторів, рівень прибутковості виробництва може знижуватися до 50% і навіть нижче. Натомість, за оптимального забезпечення всіма необхідними елементами, включно з добривами, засобами захисту рослин та сучасною технікою, рентабельність виробництва може сягати 74% і більше, що свідчить про високу чутливість культури до умов вирощування.

Для досягнення максимальної врожайності кукурудзи необхідно впроваджувати інтенсивні технології, які базуються на комплексному підході до живлення, захисту та догляду за посівами. Зокрема, кукурудза характеризується високою потребою в макро- і мікроелементах, особливо в період активного формування генеративних органів. Тому застосування збалансованих добрив у відповідних фазах розвитку є критично важливим для реалізації генетичного потенціалу культури.

Вибір оптимальної технології вирощування передбачає не лише агрономічну, а й економічну оцінку доцільності тих чи інших заходів.

Комплексний аналіз виробничих витрат включає розрахунок собівартості продукції, прогнозування прибутку та визначення рівня рентабельності. Ці показники є інтегральними критеріями ефективності агровиробництва і залежать від низки факторів, серед яких — рівень технологічної оснащеності господарства, якість посівного матеріалу, стан посівів, погодні умови та своєчасність проведення агротехнічних операцій.

Різноманітні агротехнічні прийоми, такі як глибоке розпушування, точне внесення добрив, регулювання густоти посіву та застосування позакореневого підживлення, можуть суттєво впливати на врожайність кукурудзи. Їхнє грамотне поєднання дозволяє не лише підвищити кількісні показники врожаю, а й забезпечити стабільність виробництва в умовах змін клімату та ринкових коливань. Таким чином, економічна ефективність вирощування кукурудзи є результатом збалансованого поєднання агрономічних знань, технологічних рішень та стратегічного планування.

Таблиця 5.1.

Економічна ефективність застосування добрив під кукурудзу на зерно в різних зонах забезпечення, 2025 рік

№	Варіант досліджу	Урожайність, т/га	Вартість врожаю, грн/га	Загальні витрати, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Зона I Висока забезпеченість						
1	Фон +YaraVita Грамітрел 2 л/га	11,6	67280	21426	45854	214
Зона II Низька забезпеченість						
2	Фон +YaraVita Грамітрел 2 л/га	9,4	54520	21426	33094	154

Примітка: Фон - КАС 150 кг/га + селітра 100 кг/га

Загальні витрати на вирощування кукурудзи становили 21 426 грн/га, що включає комплекс витрат, необхідних для повноцінного ведення агровиробництва. До цієї суми входять витрати на мінеральні добрива, засоби захисту рослин, орендну плату за землю, насіннєвий матеріал, оплату праці працівників, а також витрати на паливно-мастильні матеріали (див. табл. 5.1). Окремо варто зазначити, що застосування препарату для позакореневого підживлення YaraVita Грамітрел обійшлося в 600 грн/га, що є додатковим інвестиційним внеском у підвищення продуктивності посівів.

Аналіз економічної ефективності показав суттєві відмінності залежно від застосованих агротехнологій. На контрольній ділянці, де не використовувалися позакореневі підживлення, рівень рентабельності склав 64%, що свідчить про базову ефективність виробництва.

Таким чином, навіть незначне збільшення витрат на агротехнології може забезпечити відчутне покращення економічних показників, що підтверджує доцільність використання сучасних препаратів у системі живлення кукурудзи.

ВИСНОВОК

У процесі проведення досліджень щодо позакореневого підживлення кукурудзи на зерно в межах диференційованих зон поля було отримано низку важливих результатів, які підтверджують ефективність інтегрованого підходу до живлення рослин.

1. Зонування поля за рівнем розвитку рослин стало можливим завдяки використанню супутникового моніторингу та індексу вегетації NDVI. Ці інструменти дозволили оперативно і точно ідентифікувати ділянки з різною інтенсивністю росту, що є основою для диференційованого внесення добрив.
2. Вплив підживлення на фізіологічні параметри проявився у покращенні показників фотосинтетичної активності, зокрема, підвищенні індексу площі листової поверхні (LAI) та інтенсивності хлорофільного забарвлення. Це свідчить про оптимізацію азотного живлення та загального метаболізму рослин, що є передумовою для стабільного формування високого врожаю.
3. Застосування препарату YaraVita GRAMITER у системі позакореневого живлення сприяло активному нарощуванню біомаси кукурудзи. Відзначено збільшення маси надземної частини, висоти рослин та розміру листової поверхні, що свідчить про покращення фотосинтетичної активності та загального фізіологічного стану культури.
4. На оброблених ділянках зафіксовано вищий вміст загального азоту в рослинних тканинах, що вказує на ефективне засвоєння елементів живлення та покращення азотного балансу в рослинах порівняно з контрольними варіантами.
5. Аналіз біометричних показників кукурудзи після фоліарного застосування YaraVita GRAMITER виявив позитивну динаміку у структурі рослин. Зокрема, спостерігалось збільшення кількості листків, довжини качанів та кількості рядів зерен, що свідчить про покращення генеративного розвитку культури. Такі зміни є важливими індикаторами підвищення потенціалу врожайності. Такі

зміни є важливими індикаторами підвищення потенціалу врожайності з перевагою у 20% в зонах високої забезпеченості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ilchuk M.M., Konoval, I.A., Baranovska, O.D., & Yevtushenko, V.D. (2019). Development of the grain market in Ukraine and its stabilization. *Ekonomika APK*, 4, 29-38. doi: 10.32317/2221-1055.201904029.
2. Talavirya, M.P., & Vashchenko, I.V. (2018). Formation and functioning of the corn market in Ukraine. *Ekonomika APK*, 9, 28-33.
3. Gozh, O.A. (2013). Productivity of maize hybrids depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation in the South of Ukraine. *Irrigation Agriculture*, 61, 118-120.
4. Marchenko, T.Yu., Glushko, T.V., Sova, R.S., & Gozh, O.A. (2015). Productivity of maize hybrids depending on microfertilizers and growth stimulants in the conditions of irrigation of the south of Ukraine. *Agrarian science: Development and perspectives: Materials of the international scientific and practical Internet conference* (p. 6). Mykolaiv.
5. O. Ovcharuk Prospects of use of nutrient remains of corn plants on biofuels and production technology of pellets and briquettes T. Hutsol, O. Ovcharuk, V. Rudskyi, K. Mudryk, M. J. Jewiarz. M. Wrobel, J. Stuks July 2019/ In book: *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation* Springer International Publishing. P. 293-300. DOI 10.1007/978-3-030-13888-2_29 55 .
6. Паламарчук, В. Д., & Демчук, Б. С. (2021) Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. № 20. С. 60-76.
7. Дудка М. Черчель В. Позакореневе підживлення: необхідність чи альтернатива. *Пропозиція*. 2014р. №6. С.64-69.
8. Попов О. О., Філоненко С. В. (2018). Зернова продуктивність гібридів кукурудзи іноземної селекції. *Студентської наукової конференції*, 102.
9. Паламарчук, В. Д., & Коваленко, О. А. (2021). Вплив позакореневих підживлень на площу прикачанного листка у кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. № 9. С. 81-91.

10. Паламарчук, В. Д., Віннік, О. В., & Коваленко, О. А. (2021). Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування. *Аграрні інновації*, (5), 143-156.
11. Грабовський М. Б., Федорук Ю. В., Правдива Л. А., Грабовська Т. О. (2018). Вплив площі живлення рослин сорго цукрового та кукурудзи на їх ріст, розвиток та урожайність зеленої маси в сумісних посівах. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*, (5).
12. Пелех Л. В. (2017). Формування продуктивності кукурудзи залежно від обробки стимуляторами росту рослин в умовах Правобережного Лісостепу. *Сільське господарство та лісівництво*, (5), 54-61.
13. Мокрієнко В. А. (2013). Строки сівби, як елемент ресурсо-та енергозбереження в технології вирощування кукурудзи. *Modern Problems and ways of their solution in science, transport, production and education*, (18-29), 1-5.
14. Бахмат М. І., Бунчак О. М. (2018). Фотосинтетична продуктивність агроценозу кукурудзи залежно від впливу органічних добрив із збалансованим вмістом тривалентного хрому в умовах Західного Лісостепу. *Подільський вісник*, (28), 9-16.
15. Вожегова, Р. А., Малярчук, А. С., Котельников, Д. І., & Гальченко, Н. М. (2021). Продуктивність кукурудзи за мінімізованого обробітку ґрунту та органо-мінеральних систем удобрення на зрошенні Півдня України. *Аграрні інновації*, (5), 123-127.
16. Лупенко Ю. О. Науково-методологічне забезпечення розвитку економіки сільського господарства України. *Економіка АПК*. 2018. № 10. С. 6-14.
17. Каленська С. М., Таран В. Г. (2018). Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, норм добрив та погодних умов вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*, (14, № 4), 415-421.
18. Дробітько А. В., Дробітько А. В., Коваленко О. А., Коваленко, О. А. (2018). Вплив мікро-та функціональних добрив на стресостійкість і продуктивність кукурудзи за умов зміни клімату.

19. Паламарчук, В. Д., & Демчук, Б. С. (2021) Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. Сільське господарство та лісівництво. № 20. С. 60-76.
20. Каленська С. М., Таран В. Г. (2018). Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, норм добрив та погодних умов вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*, (14, № 4), 415-421.
21. Kumar, M. A. A., Gali, S. K., & Hebsur, N. S. (2007). Effect of Different Levels of NPK on Growth and Yield Parameters of Sweet Corn. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 20 (1), 41–43.
22. Hanhur, V. V., Len, O. I., & Hanhur, Yu. M. (2017). Produktyvniest korotkorotatsiinykh sivozmin za maksimalnoi chastky v nykh soi ta kukurudzy pry vyroshchuvanni v umovakh nedostatnoho zvolozhennia livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Zernovi Kultury*, 1 (2), 313–319. [In Ukrainian].
23. Hanhur, V. V., Yeremko, L. S., & Rudenko, V. V. (2021). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na formuvannia produktyvnosti hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 117, 37–43. doi: 10.32851/2226-0099.2021.117.6 [In Ukrainian].
24. Бородін А.Л. Крилач С.І. Вплив параметрів структури ґрунту, створених передпосівних обробітків, та їх динаміка на вологозабезпеченість кукурудзи. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015р. С.129-132.
25. Інтенсифікація технології вирощування кукурудзи на зерно – Гарантії стабілізації урожайності / А.В. Черенков, В.С. Циков, Б.В. Дзюбецький та ін. 2012р. С.30.
26. Крамарьов С. М., Артеменко С. Ф. (2016). Продуктивність кукурудзи в сівозмінах коротких ротацій із соєю в умовах північного Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*, (4), 68-71.
27. Корсун С.Г. Груша В.В., Довбуш Н.І. Індукція флуоресенції хлорофілу в листках кукурудзи за умов забруднення важкими металами //Агроекологічний журнал. -2015р. С. 36-41.

28. Кирилюк, Р. (2016). Моніторинг перспективних напрямків вирощування кукурудзи в Україні. ББК 65.9 (4Укр)-55 I 73, 42.
29. Кучер А., Кучер Л. Економіка й ринок кукурудзи: формування конкурентоспроможності. Пропозиція. 2018. Спецвипуск журналу для сучасного аграрія. Кукурудза: практикум урожайності та рентабельності.
30. Перспективні гібриди кукурудзи європейської селекції від компанії «Хімагромаркетинг» URL:
<http://www.himagro.com.ua/company/news/detail.php?ID=10547>.
31. Томашук, О. В. (2018). Продуктивність посівів кукурудзи під впливом різних систем землеробства в умовах лісостепу правобережного. Корми і кормовиробництво, 55-62.
32. Фітопатогенні бактерії. Методи досліджень. Монографія. Том 2./ В.П. Патики., Л.А. Пасічник, Р.І. Гвоздяк., В.Ф. Петриченко та ін. 2017р. С.423.
33. Сільське господарство України. Статистичний збір, за редакцією Ю.М. Остапчук. 2008р. С.391.
34. Танчик С., Миколенко Я. (2017). Вплив систем основного обробітку ґрунту на вміст доступної вологи та продуктивність кукурудзи в Правобережному Лісостепу. Вісник аграрної науки, 95(4), 12-16.
35. Танчик С., Миколенко Я. (2017). Вплив систем основного обробітку ґрунту на вміст доступної вологи та продуктивність кукурудзи в Правобережному Лісостепу. Вісник аграрної науки, 95(4), 12-16.
36. Лупенко Ю. О. Науково-методологічне забезпечення розвитку економіки сільського господарства України. Економіка АПК. 2018. № 10. С. 6-14.
37. Марченко Т., Лавриненко Ю., Дробіт О., Забара П. (2018). Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від мікродобрив та регуляторів росту на зрошуваних землях півдня України. Інноваційні технології та препарати в системі органічного землеробства Степу: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, 06 березня 2018 р.– Херсон: ІЗЗ НААН, 2018.–74 с., 46.

38. Маслак О. Перспективи ринку зерна врожаю 2016 року. Агробізнес сьогодні. 2016. № 17. С. 16-17.

39. Єрмакова Л.М., Крестянінов Є.В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду. 2016р. С.65-66.

40. Рибачок В. В. (2018). Продуктивність кукурудзи залежно від впливу сучасних біопрепаратів та мікробіологічних добрив в умовах Лісостепу Правобережного. Сільське господарство та лісівництво, (11), 132- 141.

41. Технології вирощування продукції рослинництва., Ч2. Основи землеробства / О.Ф. Смаглій, Євенко О.О. 2014р. С.144.

42. О. А. Літвінова, С. Е. Дегодюк (2021). Вплив систематичного удобрення на родючість ґрунту за вирощування кукурудзи на зерно. Науковий журнал «Рослинництво і ґрунтознавство. Т. 12. № 3. С. 76-84. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2021.03.076>

43. Родзяк, Н. І., & Чипак, О. В. (2010). Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Ґжицького, 12(2-5 (44)).

44. Шебеніна О.В. Сучасна парадигма інноваційного розвитку аграрного підприємства / Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2009 р. С. 4-10. URL:<http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/6589>.

45. Pisarenko P., Andrienko I. (2018). Вплив умов зволоження та способів основного обробітку ґрунту на продуктивність кукурудзи в Південному Степу України. Наукові доповіді НУБіП України, (3 (73)).

46. Каліка С.І. Агроценотичні особливості рослин кукурудзи / С.І. Каліка, І.В. Любезна, О.В. Овчарук // Інноваційні технології в рослинництві: матеріали наукової інтернет-конференції [Кам'янець-Подільський], 10 травня 2021 р. – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2021. С. 94-95.

47. Аграрій поділився секретом вирощування кукурудзи в монокультурі. Вересень 2019 р. Режим доступу: <https://superagronom.com/news/8209-agrariypodilivsvya-sekretom-viroschuvannya->

[kukurudzi-v-monokulturi](#)

48. Жемела, Г. П., Бараболя, О. В., Ляшенко, В. В., Ляшенко, Є. С., & Подоляк, В. А. (2021). Формування продуктивності зерна гібридами кукурудзи залежно від норми висіву. Вісник Полтавської державної аграрної академії, (1), 97-105.

49. Дробітько А. В., Дробітько А. В., Коваленко О. А., Коваленко, О. А. (2018). Вплив мікро-та функціональних добрив на стресостійкість і продуктивність кукурудзи за умов зміни клімату.

50. McBratney A., Whelan B., Anece T. (2005) Future Directions of Precision Agriculture. Precision Agriculture. No 6. P. 7 – 23.

51. Дмитро О. Ш. (2018). Продуктивність кукурудзи за різних систем захисту і беззмінного вирощування у Лівобережному Лісостепі України. Агроєкологічний журнал, (3), 82-88.

52. Джура Ю., Марченко О. Посухостійкість та регіональне позиціонування гібридів кукурудзи. 2014. Режим доступу: <https://www.dekalb.ua/agronomichna-biblioteka/kukurudza-vyroshchuvannia/posuhostijkist-gibridiv-kukurudzi>.

53. Голод, Р. М., Самець, Н. П., Шубала, Г. В., & Ворончак, М. В. (2021) Вплив строків сівби на продуктивність гібридів кукурудзи на зерно. Міжнародна науково-практична конференція, 38.