

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

05.10 – МКР.1813 «С» 2024.11.10 12 ПЗ

ДАВИДЕНКА ВЛАДИСЛАВА ОЛЕКСАНДРОВИЧА

2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Агробіологічний факультет**

УДК: 631.4:631.82:633.15:631.58

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету

д.с.-г. наук., професор

_____ Віталій КОВАЛЕНКО
(підпис) (ПІБ)
« _____ » _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
В.о. завідувача кафедри
агрохімії та якості продукції
рослинництва ім. О.І. Душечкіна

д.с.-г. наук., професор

_____ Дмитро ЛІТВИНОВ
(підпис) (ПІБ)
« _____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

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

Спеціальність 201 «Агрономія»

Освітня програма Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

Доктор с.г. наук професор

_____ Анатолій БИКІН
(підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Кандидат с.г. наук, доцент

_____ Олена ЛІТВИНОВА
(підпис) (ПІБ)

Виконав

_____ Владислав ДАВИДЕНКО
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ—2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Агробіологічний факультет**

ЗАТВЕРДЖУЮ

**В.о. завідувача кафедри агрохімії
та якості продукції рослинництва**

ім. О.І. Душечкіна

доктор с.г. наук, проф. _____ Дмитро ЛІТВИНОВ
(підпис) (ПІБ)

_____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

ДАВИДЕНКО ВЛАДИСЛАВ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

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 елементів точного землеробства»

затверджена наказом ректора НУБіП України від « » _____ 2024 р. №

Термін подання завершеної роботи на кафедру « » _____

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: результати літературного пошуку, результати польового дослідження та лабораторних досліджень

Перелік питань, що підлягають дослідженню :

1. Встановити закономірності змін агрохімічних показників ґрунту в різних зонах неоднорідності.
2. Визначити вплив різних видів та норм азотних добрив на урожайність та якість кукурудзи на зерно в різних зонах поля.
3. Встановити економічну ефективність вирощування кукурудзи на зерно за різних видів та норм азотних добрив.

Дата видачі завдання – _____ 2024 р

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи Олена ЛІТВИНОВА

Завдання прийняв до виконання

Владислав ДАВИДЕНКО

РЕФЕРАТ

на магістерську кваліфікаційну роботу Давиденко В.О. на тему:

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

Магістерська робота викладена комп'ютерним текстом на 79 сторінках, містить 24 таблиць і 12 рисунків, кількість літературних джерел – 50. У роботі представлені результати дослідження з управління мінеральним живленням кукурудзи на зерно за використання елементів точного землеробства.

Об'єктом дослідження є вплив ефективності різних видів і норм азотних добрив на показники врожайності і якості зерна кукурудзи. Основну увагу приділено застосування двох різних видів азотних добрив: безводного аміаку у нормі 140 кг/га та карбаміду у нормах 200 кг/га і 250 кг/га, на різних зонах забезпечення.

Результати досліджень показали, що застосування відповідних азотних добрив значно впливає на підвищення врожайності кукурудзи на зерно залежно від забезпеченості ґрунту поживними елементами. Також, нами було встановлено позитивний вплив на біометричні показники кукурудзи на зерно, що впливають на процеси фотосинтезу та потенціал продуктивності рослин. Окрім підвищення врожайності, азотні добрива впливали на якість зерна, зокрема на вміст білка та інших хімічних елементів, що є важливими показниками харчової цінності продукції.

Проведено аналіз економічної ефективності застосування кожного варіанту добрив, що дозволяє зробити висновки про доцільність використання різних норм та видів азотних добрив для досягнення високих результатів у різних зонах забезпечення ґрунту поживними елементами.

Ключові слова: азотні добрива, мінеральне живлення, кукурудза на зерно, урожайність; якість зерна; економічна ефективність

ЗМІСТ

Вступ	6
Розділ 1. Вплив елементів точного землеробства на систему живлення кукурудзи на зерно (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	7
1.1 Впровадження елементів точного землеробства в сільському господарстві	7
1.2 Ефективність різних систем удобрення за вирощування кукурудзи на зерно	11
1.3 Оцінка якісних параметрів за різних технологій вирощування кукурудзи на зерно.....	14
Розділ 2. Схема і методика проведення досліджень.....	18
2.1 Ґрунтові умови дослідного поля.....	18
2.2 Характеристика природно-кліматичних умов дослідного поля.....	22
2.3 Методика проведення дослідження.....	29
Розділ 3. Аналіз експериментальних даних з управління мінеральним живленням кукурудзи на основі елементів точного землеробства.....	37
3.1 Вміст поживних елементів у ґрунті за вирощування кукурудзи на зерно.....	37
3.4 Вміст поживних елементів в рослинах кукурудзи за використання різних видів та норм азотних добрив на різних зонах забезпечення.....	52
3.5 Біометричні показники рослин кукурудзи за використання різних видів та норм азотних добрив на різних зонах забезпечення.....	54
Розділ 4. Аналіз урожайності та якісних показників зерна кукурудзи в різних зонах забезпечення.....	60
4.1 Вплив на формування структурних елементів врожаю кукурудзи гібриду Р-9889 різних видів та норм азотних добрив на різних зонах забезпечення	60
4.2 Вплив різних видів та норм азотних добрив на приріст урожайності на різних зонах забезпечення.....	63
4.3 Вплив азотних добрив на показники якості зерна у низькій, середній та високій зонах забезпечення.....	66
Розділ 5. Економічна ефективність удобрення кукурудзи різними типами та нормами азотних добрив в різних зонах забезпечення.....	68
Висновок.....	74
Список використаної літератури.....	75

ВСТУП

Забезпечення стабільного виробництва високоякісної сільськогосподарської є одним з найважливіших завдань сучасного аграрного сектору. Зростаюча потреба у продуктах харчування на тлі обмежених природних ресурсів, таких як родючість ґрунтів, вимагає пошуку ефективних методів підвищення врожайності сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи на зерно, яка є стратегічно важливою культурою для харчової та кормової промисловості. Застосування елементів точного землеробства та ефективне управління мінеральним живленням рослин є одним з перспективних підходів для досягнення високих врожаїв за мінімального негативного впливу на довкілля.

Азотні добрива відіграють ключову роль у формуванні врожайності та якості зерна кукурудзи, оскільки азот є основним елементом живлення, що відповідає за активне зростання рослин, їх біомасу та накопичення поживних речовин у зерні. Проте для оптимізації використання азотних добрив важливо враховувати не лише загальну потребу культури в азоті, а й норми, види добрив, а також рівень забезпеченості ґрунту поживними елементами. Це дозволяє мінімізувати втрати добрив та підвищити ефективність їх засвоєння рослинами, що в кінцевому підсумку забезпечує збільшення врожайності та покращення якості продукції.

Метою даної магістерської роботи є дослідження впливу різних видів і норм азотних добрив на врожайність і якість зерна кукурудзи на основі застосування точного землеробства.

Особлива увага приділена економічній ефективності застосування кожного варіанту добрив у різних зонах забезпеченості, що дозволяє обґрунтувати доцільність їх використання та оптимізувати витрати на мінеральне живлення культури.

РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА НА СИСТЕМУ ЖИВЛЕННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Впровадження елементів точного землеробства в сільському господарстві

Сучасним інноваційним підходом в сільськогосподарському виробництві в Україні, на сьогоднішній день є система точного землеробства, яка спрямована на підвищення врожайності та покращення якості продукції за допомогою сучасних технологій.

Суть цієї системи полягає в тому, що всі агротехнічні операції виконуються відповідно до реальних потреб рослин. Визначення цих потреб здійснюється за допомогою сучасних геоінформаційних систем і космічної зйомки, що дозволяє проводити диференційовану обробку на рівні окремих ділянок поля [21].

За оцінками аграрних експертів сьогодні в Україні елементи точного землеробства застосовують приблизно на 20-30% оброблюваних площ (близько 8 млн. га) і їхнє використання постійно зростає. Найбільше таких площ припадає на агрохолдинги, які використовують ці технології на 50 % своїх площ при внесенні засобів захисту рослин, на 42 % - при русі агрегатів, і лише на 4 % - при посіві та внесенні мінеральних добрив. Для порівняння, у США приблизно 80 % фермерів використовують певні елементи точного землеробства при вирощуванні більшості сільськогосподарських культур. Отже, впровадження систем точного землеробства на агропідприємствах України є актуальним та важливим завданням [9].

Система точного землеробства (Precision Farming) – це сучасний підхід до механізації сільськогосподарських процесів, що базується на використанні GPS, наземних та супутникових датчиків-приймачів, а також комп'ютерних систем, встановлених безпосередньо на техніці. Завдяки цим системам аграрії можуть точно визначати потреби в добривах і засобах захисту рослин на кожному квадратному метрі, що зменшує негативний вплив хімічних речовин та оптимізує їх норми внесення. Основою точного землеробства є моніторинг,

вимірювання та адаптація до змін у розвитку рослин, сівозмінах і зовнішніх умовах [42].

Основним аргументом для виробників на користь впровадження технологій точного землеробства є збільшення прибутковості. Дослідження показують, що додатковий прибуток від застосування цих систем становить: для кукурудзи – 172 дол. США/га без точного землеробства і 214 дол. США/га при її застосуванні. Найбільшу ефективність технологій системи точного землеробства демонструють при вирощуванні цукрового буряку, де додатковий прибуток може досягати 1500 дол. США/га [1, 48].

Згідно вимог Євросоюзу щодо агроєкологізації виробництва, одним із шляхів досягнення цілей є впровадження елементів біологізації в системи агрофітоценозів. Перехід на органічне виробництво за рахунок інтеграції біологічних методів зменшить можливі негативні наслідки для економічної ефективності сільськогосподарських підприємств і знизить хімічне навантаження на довкілля. Біологізація землеробства є важливим інструментом в агровиробництві та обов'язковою умовою для виконання європейських регламентів. Відповідно до ЄЗК, до 2030 року передбачається скорочення пестицидів на 50 % і добрив на 20 % у сільському господарстві.

Для впровадження біологізації потрібно пройти чотири основні етапи. При агроєкологічному підході до землеробства прибуток слід розглядати в довгостроковій перспективі. За стабільних умов, господарство може щорічно отримувати \$15 875 з рентабельністю 25,4 %. Під час переходу на органічне землеробство важливо враховувати перехідний період і екологічну сертифікацію, що триває близько трьох років. За перші два роки прибуток становитиме \$6 125 з рентабельністю 12,5 %, на третій рік - \$8 875 з рентабельністю 18,2 %. Починаючи з четвертого, підприємство досягає стабільного зростання прибутку та рентабельності – прибуток складе \$28 562,5 з рентабельністю 58,4 %, що значно перевищує традиційний метод ведення господарства. На десятій рік прибуток може зрости до \$43 312,5 із рентабельністю 88,6 % [44, с. 245].

Серед основних факторів, які стимулюють впровадження технологій точного землеробства в Україні, можна виділити такі: активна діяльність компаній, що виробляють сучасне обладнання, програмне забезпечення та інноваційні рішення; збільшення фінансових вкладень та підтримка проектів і стартапів у агробізнесі, що супроводжується зростанням сектору рослинництва останніми роками, що забезпечило значні фінансові ресурси і досвід ринкової взаємодії, завдяки чому Україна посідає конкурентні позиції на світовому ринку за окремими видами аграрної продукції; успішне впровадження технологій точного землеробства в окремих регіонах, зокрема в Київській, Полтавській, Хмельницькій та Черкаській областях.

Сьогодні багато великих агропідприємств України вже активно використовують технології точного землеробства і співпрацюють з ІТ – компаніями для створення власних цифрових рішень. Наприклад, група компаній Ukrlandfarming впровадила систему TETRA, яка дозволяє відстежувати технологічні операції, забезпечуючи оперативну звітність і сприяючи ефективнішому управлінню технікою та транспортом. Агрохолдинг «Кернел» використовує комплексну систему DigitalAgriBusiness, що оптимізує управління для максимізації врожайності та прибутку з кожного поля. Інший великий виробник і експортер агропродукції, компанія «Агропросперіс», розробила програму APAgronomist, яка дає агрономам доступ до інформації про залишки матеріалів, переміщення і списання, дозволяє фіксувати виконані технологічні операції, кількість внесених добрив і засобів захисту рослин, а також отримувати дані про механізаторів, які працювали на конкретних ділянках. Цей програмний продукт також допомагає планувати польові роботи, визначає перелік необхідних операцій, техніки та обладнання з урахування їх доступності в конкретний день [36].

Для успіху у системі точного землеробства важливо враховувати такі аспекти: збір і аналіз даних (створення цифрових карт полів), управління (система прийняття рішень) та технології, що використовуються у сільському господарстві. Інформація про точні технології є цінним ресурсом для аграріїв,

оскільки вона впливає на всі етапи сільськогосподарського процесу. До цих аспектів належать: особливості культур, агрофізичні й агрохімічні властивості ґрунту, склад шкідників агрофітоценозу, вимоги щодо внесення добрив, динаміка врожайності.

Управління забезпечує інтеграцію різних технологій у єдину систему. Виробникам важливо вміти інтерпретувати отримати дані, застосовувати технології та приймати ефективні рішення. Розвиток новітніх технологій, включаючи програмне забезпечення для обробки даних, є ключовим. Сюди входять електронні таблиці, база даних, географічні інформаційні системи та інші види програм. Система GPS дозволяє визначати точне розташування на полі з високою точністю, а спеціальні датчики вимірюють стан ґрунту, посівів та інші параметри, що необхідні для корекції чи контролю операцій.

Таким чином, комплексний підхід до точного землеробства повинен включати всі аспекти сільськогосподарського виробництва, від планування до післязбиральної підготовки. Збір і обробка даних, управління та застосування технологій допомагають підвищити ефективність господарства, покращити якість продукції, раціонально використовувати засоби захисту рослин і добрива, економити енергоресурси та зберігати довкілля [16].

Дана технологія дозволяє створювати детальні карти, які включають географічні межі полів, топографічні особливості, дані про типи ґрунтів і показники врожайності. На основі цих даних можна розробляти карти для точного внесення добрив і посіву, що підвищує ефективність управління ресурсами. Використання методів дистанційного зондування і безпілотних зйомок також допомагає прогнозувати врожайність. Аналіз потреб у точному землеробстві та виявлення проблем у програмах цієї сфери стали основою для розробки гнучкішої та повнофункціональної системи можливостей, доступної через онлайн сервіс PreAgri [29].

Раніше аграріям було складно порівнювати методи обробки та врожайність культур на різних типах ґрунтів, що обмежувало їхню здатність розробляти найбільш ефективні стратегії для підвищення продуктивності. Сьогодні,

завдяки поєднанню глобальної системи позиціонування GPS та географічних інформаційних систем ГІС, стало можливим застосування точного землеробства. Ці технології дають змогу інтегрувати дані в реальному часі з точними координатами, що дозволяє ефективно аналізувати великі обсяги геопросторової інформації.

ГІС використовують для планування та управління господарствами, відбору зразків ґрунту, автоматизованими управління технікою, диференційованого внесення добрив і створення карт врожайності. Ці інструменти дозволяють аграріями значно підвищувати продуктивність та ефективність сільськогосподарських операцій. Завдяки ГІС можна створювати детальні карти полів, проводити аналіз врожайності та властивостей ґрунтів, планувати внесення добрив і зрошення, підбирати оптимальні культури для посіву, а також організувати моніторинг і оптимізацію руху техніки. На сучасному ринку доступні різноманітні програмні продукти та сервіси, що підтримують впровадження технологій точного землеробства [26-28].

1.2 Ефективність різних систем удобрення за вирощування кукурудзи на зерно

При розробці технологій вирощування кукурудзи, які допоможуть уникнути нераціонального використання виробничих ресурсів, слід враховувати виробничу стратегію, цілі та ресурсний потенціал аграрних підприємств. Ці чинники визначають спрямованість на інтенсифікацію або ресурсозбереження. Інтенсивні технологічні моделі орієнтовані насамперед на збільшення прибутку, за умови досягнення належного рівня окупності витрат. Натомість технології, що зберігають ресурси, спрямовані на максимізацію окупності витрат за рахунок отриманого прибутку [23].

З урахування типу та спеціалізації аграрних підприємств важливо розробляти та впроваджувати технології вирощування, що забезпечуватимуть отримання однорідних партій зерна – критично важливого аспекту для великих виробників. Крім того, рівень ресурсного забезпечення підприємств істотно

впливає на продуктивність вирощування зернових культур. Наприклад, при низькому рівні ресурсного забезпечення рентабельність виробництва кукурудзи може бути меншою за 50 %, тоді як підприємства з високим рівнем ресурсів можуть досягати рентабельності понад 74 % [15].

Відомо, що досягнення високої врожайності кукурудзи можливе лише за умови підвищення інтенсивності виробничих процесів [39].

Для реалізації потенційної продуктивності культури важливо підтримувати сприятливий фітосанітарний стан посівів, особливо контролюючи рівень забур'яненості [43].

Через широкорядний метод сівби контроль за забур'яненості посівів вимагає значних додаткових витрат. Це особливо важливо при застосуванні інтенсивних технологій вирощування, де втрати врожаю від шкідників, хвороб та бур'янів помітно впливають на рентабельність виробництва. Хоча гербіциди є невід'ємною частиною сучасних агротехнологій і складають значну частину витрат, приріст врожаю та додатковий прибуток зазвичай компенсують ці вкладення. Дослідження у степовій зоні показали, що витрати на хімічні засоби захисту рослин у технології вирощування кукурудзи на зерно становлять від 8,5 % до 23,1 % [45].

Застосування ґрунтових і страхових гербіцидів забезпечує оптимальне співвідношення між вартістю валової продукції та витратами на захист від бур'янів, водночас знижуючи рівень забруднення агроландшафту і залишаючись екологічно безпечним [13].

Ресурсозбереження в технології вирощування кукурудзи включає не тільки скорочення агрохімічного та пестицидного впливу на агроценоз, але й обов'язкову заміну традиційних засобів на сучасні високотехнологічні продукти. Такі продукти сприяють підвищенню стійкості рослин до стресових умов середовища та містять мікродобрива і стимулятори росту. Загалом, сучасні ресурсоощадні технології вирощування кукурудзи спрямовані на зменшення прямих трудових витрат, а також матеріаломісткості продукції та виробничих процесів. Використання таких технологій на сільськогосподарських

підприємствах дозволяє знизити собівартість однієї тонни продукції на 15,2-23,8 % [11].

В умовах сучасного рослинництва сортові ресурси виступають як важливий елемент ресурсозбереження. Застосування гібридів різної стиглості в інтегрованих системах забезпечує ефективний контроль за врожайністю за витратами на виробництво кукурудзи [14, 29].

Україна набуває все більшої ваги на світовому ринку кукурудзи. За останні кілька років вона стабільно входить до трійки найбільших світових виробників цієї культури. Високий попит на українську кукурудзу на міжнародному ринку зумовлений порівняно низькою ціною та вигідним географічним положенням щодо основних країн-імпортерів [24, 49].

Одним із важливим факторів, що дозволяє поєднувати високу продуктивність із ресурсозбереженням у вирощуванні кукурудзи, є створення оптимальних умов для мінерального живлення рослин та забезпечення агрофізичних властивостей ґрунту, сприятливих для росту. З огляду на зростаючий дефіцит водних та енергетичних ресурсів, особливого значення набуває ефективне використання зрошувальної води, мінеральних добрив, а також зниження витрат на паливо та інші ресурси [30, 40, 50].

Було проведено аналіз економічної ефективності використання різних методів основного обробітку ґрунту та доз мінеральних добрив, заснований на реальних виробничих витратах, розрахованих згідно з технологічними картами. Зміни у врожайності кукурудзи зумовило різницю у вартості валової продукції з одного гектара. Наприклад, при застосуванні оранки на глибину 28-30 см у системі полицевого різноглибинного обробітку вартість валової продукції коливалася від 25 410 до 30 272 грн/га, залежно від доз добрив. Зменшення глибини оранки до 20-22 см у системі диференційованого-1 обробітку спричинило підвищення вартості продукції до 25 542 – 31 020 грн/га, що на 4994 грн/га (або на 17,8 %) менше від контрольного варіанту.

Рівень мінерального живлення суттєво впливав на виробничі витрати. Наприклад, при дозі N_{120} витрати становили в середньому 10 604 грн/га, при

N_{150} витрати зросли на 4,2 % більше, а при N_{180} – ще на 853,4 грн/га. Собівартість продукції змінювалася залежно від методів обробітку та глибини. Найвища собівартість була за чизельного від методів обробітку та глибини. Найвища собівартість була за чизельного обробітку на глибину 12-14 см, а найнижча – при оранці на глибину 20-22 см у системі диференційованого -1 обробітку.

Таким чином, результати економічного аналізу свідчать, що оранка на глибину 20-22 см у системі диференційованого обробітку є найбільш економічно вигідним методом з точки зору рентабельності виробництва кукурудзи [22].

1.3 Оцінка якісних параметрів за різних технологій вирощування кукурудзи на зерно

Безперечно, реалізація продуктивного потенціалу кукурудзи в усіх агрокліматичних зонах значною мірою залежить від метеорологічних умов у період її вегетації. Водночас важливим є дотримання та своєчасне виконання загальних технологічних схем і окремих агротехнічних прийомів, що стосуються вирощування цієї культури [2, 4].

Агрокліматичні умови в регіонах вирощування кукурудзи значно відрізняються за рівнем природного забезпечення вологою протягом її вегетаційного періоду. Наприклад, протягом вегетації кукурудзи з травня до середини вересня, у степовій зоні очікується близько 215-235 мм опадів, у лісостеповій – 285-315 мм, а в Поліссі – 325-355 мм. Однак, у багатьох випадках фактичні опади можуть виявитися значно нижчими, особливо в другій половині вегетаційного періоду, що спричиняє дефіцит вологи або її нерівномірний розподіл, обмежуючи тим самим продуктивність посівів у сільськогосподарських підприємствах [3, 5].

Кукурудза добре використовує ґрунтову вологу для утворення 1 кг сухої речовини. Цей показник залежить від низки факторів, зокрема, родючості ґрунту, рівня удобрення, сорту, температури, вологості повітря, сонячного

випромінювання та інших умов. Для отримання сухої речовини сухої речовини кукурудзі необхідно від 250 до 400 літрів води, що на 1,6 – 1,8 раза менше порівняно з більшістю інших зернових культур, таких як озима пшениця, овес чи ячмінь. Проте, через триваліший вегетаційний період і більший обсяг врожаю зерна та зеленої маси, загальне споживання води на 1 гектар може сягати 3000 – 6000 тонн [4, 5, 7].

Рослинам кукурудзи на різних етапах росту та розвитку потрібна різна кількість вологи. Для проростання насіння загальна вологість, необхідна для цього процесу, становить приблизно 44-47 % від маси насіння у сухому вигляді. На етапі від появи сходів до формування 15 листків до молочної стиглості зерна (період близько 39 – 40 днів), потреба у воді різко зростає до 70-72 %, а на етапі від молочної до повної зрілості (30-35 днів) – до 20-23 % від загальної потреби води [6].

Максимальна кількість води, необхідної кукурудзі, припадає на період 30-35 днів, що охоплює етап від початку формування волотей до фази молочної стиглості зерна, який вважається критично важливим. За результатами довготривалих досліджень Інституту зернових культур, середні показники водоспоживання рослинами за цей 31-денний період (включаючи непродуктивні втрати вологи ґрунтом) складають близько 49,9% від загальної потреби протягом всього вегетаційного циклу. Така значна потреба у воді пояснюється активним накопиченням сухої речовини, процесами цвітіння, запилення та початковим формуванням зерна. Недостатня кількість вологи в ґрунті в цей період, особливо в поєднанні з повітряною посухою, може зменшити врожайність кукурудзи на 35-40%, що призводить до утворення дрібних качанів, меншої кількості зерен і появи череззерниці. Важливо зазначити, що навіть короточасна ґрунтова посуха протягом 2-3 днів може знизити врожайність на 25%, а більш тривала посуха протягом 10 днів – до 50%. Отже, для забезпечення стабільно високого врожаю кукурудзи у різних агрокліматичних зонах необхідно зосередити увагу на агротехнічних прийомах,

що підвищують ефективність використання води на всіх етапах вегетаційного періоду [8].

Інститут зернових культур рекомендує застосування різноманітних гібридів кукурудзи, які підходять для різних агрокліматичних зон, де вирощується ця культура. Рекомендації орієнтовані на встановлення науково обґрунтованих пропорцій між гібридами з різним періодом стиглості та призначенням для максимального ефекту у всіх регіонах України.

Одним із перспективних напрямів підвищення врожайності та якості продукції є запровадження енергозберігаючих технологій, які включають використання біологічних регуляторів росту [10].

Ці регулятори представляють низькомолекулярні речовини природного або синтетичного походження, які, навіть у мінімальних дозах, впливають на життєві процеси рослин. Вони містять збалансовані комплекси фіторегуляторів, біологічно активних речовин та мікроелементів.

Регулятори росту здатні підвищити стійкість рослин до несприятливих умов, таких як температурні коливання, нестача вологи, токсичний вплив пестицидів, а також до захворювань та шкідників. Кукурудза сьогодні є однією з найпоширеніших культур у світі, поступаючись лише пшениці та рису. Її універсальність дозволяє використовувати культуру як кормову, технічну та харчову [12].

Серед кормових культур зерно кукурудзи є одним із найцінніших, оскільки містить від 9,0% до 12,0% білків, 65,0% до 70,0% вуглеводів, 4,0% до 8,0% олії та 1,50% мінеральних речовин. При середній врожайності 6,0 т/га кукурудза, разом із побічною продукцією, здатна забезпечити вихід понад 6,50 тис. кг кормових одиниць та до 400 кг перетравного протеїну з одного гектара [33, 34]. Важливість кукурудзи також полягає в її використанні як просапної культури, оскільки вона є відмінним попередником для ярих зернових і сприяє очищенню ґрунтів від бур'янів. У останні роки вітчизняний Реєстр сортів рослин поповнився значною кількістю нових гібридів кукурудзи [10, 17, 37].

Для досягнення запланованого зростання продуктивності кукурудзи виробник повинен глибоко розуміти, як різні агрономічні заходи впливають на ріст і розвиток рослин. Одним із найважливіших чинників, що забезпечують високий врожай кукурудзи, є правильне просторове і кількісне розміщення рослин на полях, а також застосування технологічних методів, які дозволяють реалізувати генетичний потенціал культури в умовах степової зони України [4, 18, 41].

Довгострокові експериментальні дослідження, проведені в різних регіонах України та інших країнах, свідчать про те, що впровадження агротехнічних заходів, які ми аналізуємо, дозволяє стабільно отримувати додатковий врожай в обсязі 420 кілограмів високоякісного зерна з кожного гектара. Розрахунки демонструють, що можливе отримання до 50 тисяч тонн якісного насіння або зерна на суму 25 мільйон гривень з площі в 100 тисяч гектарів [20, 46].

За даними фахівців, використання засобів для регуляції росту рослин на площі 1 мільйон гектарів різних сільськогосподарських культур може забезпечити додатковий врожай, оцінений приблизно в 25 мільйон доларів США, при цьому витрати на впровадження цих засобів складуть близько 1,2 мільйона доларів [7, 47].

РОЗДІЛ 2. СХЕМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтові умови на дослідному полі

Територія підприємства СТОВ «АГРОКО» розташована в Золотоніському районі Черкаської області, у межах Лісостепової зони України. Адміністративний та виробничий центр знаходиться в селі Крутьки, на відстані 26,1 км від районного центру смт. Золотоноша та 32 км від обласного центру – міста Черкаси. Найближча залізнична станція «Золотоноша 1» розташована за 22,4 км від підприємства, а найближче автошлях це Кременчук-Київ.

Основним напрямом діяльності підприємства є вирощування зернових культур (крім рису), бобових та насіння олійних культур. Значну частину посівів складають технічні зернові культури, зокрема кукурудза на зерно та соняшник, а також озима пшениця.

Дослідне поле знаходиться за координатами 49°35'50.4"N 32°15'04.4"E, біля автошляхи Кременчук-Київ, найближчий населений пункт село Крутьки.

Ґрунти на дослідному полі – чорноземи типові легкосуглинкові, що утворюються під впливом лучно-степової рослинності на лесових суглинках у помірно вологому кліматі.

Чорноземи відзначаються розвиненим гумусним горизонтом до 43 см вглиб. Механічний склад ґрунту на дослідному полі складається: 21,5% піску, 18,5% глини та 60% мулу, з середнім вмістом гумусу в орному шарі близько 3,1%. Реакція ґрунтового профілю є майже нейтральною (рН 6,5), об'ємна маса становить – 1,21-1,29 г/см³.

Чорнозем типовий з легкосуглинковим складом та середнім вмістом гумусу 3,1%, є перспективними для використання в сільському господарстві, проте потребують підтримуючих заходів для збереження родючості та запобігання ерозії. Внесення органічних і мінеральних добрив дозволить підтримувати оптимальний рівень поживних речовин, а захист від ерозії допоможе уникнути втрат верхніх родючих шарів ґрунту.

На даному дослідному полі ґрунти – чорноземи типові легкосуглинкові, які мають високий потенціал для використання в аграрних цілях, із середніми показниками вмісту гумусу 3-3,2% в залежності від зони забезпечення дозволить підтримувати родючість на високому рівні. Показник рН варіюється в межах від 6,3 до 6,9, що вказує на нейтральну реакцію в більшості зон і лише в деяких зонах має слабо кислу реакцію. Однак значення рН 6,3 одиниць у зоні II потребує контролю, щоб не допустити підвищену кислу реакцію ґрунтового розчину, що може негативно вплинути на поглинання та засвоюваність елементів живлення.

Найвищі показники забезпеченості поживними елементами спостерігаються в зоні III, що сприяє підтриманню росту культур. У зоні II забезпеченість деякими поживними елементами є середньою, зокрема фосфору та калію, в цілому зона достатньо забезпечена. В зоні I показники спостерігається понижений рівень забезпечення поживними елементами, що може певним чином вплинути розвиток рослин на початкових етапах.

Переважає частина поля має середній та підвищений рівень забезпеченості, проте для підтримки оптимальної продуктивності рекомендується проведення диференційного внесення азотних, фосфорних та калійних добрив, норма коливатиметься в залежності від зони забезпечення. Такі заходи дозволять ефективніше використовувати поживні речовини, покращуючи ріст рослин і підвищуючи прогнозовану врожайність (табл. 2.1, 2.2).

Таблиця 2.1

Характеристика ґрунтового покриву дослідного поля

№ п/п	Сільсько-господарські угіддя	Агро виробничі групи за типами ґрунтів, їх шифр	Основні ґрунтові відміни		Показник властивостей і їх оцінка		Заходи підвищення родючості
			Назва ґрунту	Площа, га	Середній вміст гумусу, %	Гранулометричний склад	
1	Рілля	53 г, типові	Чорноземи типові	9561	3,1	легкосуглинковий	Внесення органічних і мінеральних добрив, захист від ерозії

Таблиця 2.2

Результати агрохімічного обстеження поля №48 в господарстві СТОВ «Агроко»

Господарство	СТОВ «Агроко»		Культура	Кукурудза	Прогнозована врожайність	9 т/га	Область	Черкаська						
Поле	№ 48		Попередник	Соняшник	Площа	109 га	Район	Золотоніський						
Тип ґрунту	Склад	Зони	Гумус, %	рН	Вміст елементів в різних зонах забезпечення, мг/кг									
					N-NH ₃ + N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca мг/екв/ 100 г	S	Mg мг/екв/ 100 г	Zn	Cu	Mn	Na
Чорноземи типові легкосуглинкові	пісок 21,5% глина 18,5% мул 60%	I	3	6,9	29	146	118	9,37	8,9	2,7	4,39	0,47	24,4	14,6
		II	3,1	6,3	34	155	140	9,63	8,33	2,3	3,52	0,49	25,2	14,3
		III	3,2	6,7	42	160	175	8,93	8,86	2,8	3,78	0,49	26,4	12,7
Умовні позначення забезпеченості ґрунту:					Групування за ступенем кислотності, рН:									
I	Низька забезпеченість				7,5-7,8	Слабо лужна реакція середовища								
II	Середня забезпеченість				6,5-7,4	Нейтральна реакція середовища								
III	Висока забезпеченість				6,1-6,4	Слабо кисла реакція середовища								

2.2 Характеристика природно-кліматичних умов дослідного поля

Дослідне поле розташоване в другому агрокліматичному районі Лісостепової зони Черкаської області. Зимовий період характеризується м'якими умовами, з частими відлигами, тоді як літо спекотне, із західними вітрами, що приносять опади.

Максимальна температура може сягати $+37\text{ }^{\circ}\text{C}$, а мінімальна – $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Кукурудза відноситься до теплолюбних культур, що вимагають для свого росту температури не нижче $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тривалість періоду з температурою $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в середньому становить 160-170 днів, а річна кількість опадів варіюється в межах 450-520 мм, що є цілком достатнім для вегетації кукурудзи. Зимовий період триває 90-94 дні – з 26 листопада по 1 березня, а сніговий покрив тримається приблизно від 75 до 88 днів, із середньою висотою снігу 5-10 см. Глибина промерзання ґрунту в області коливається в межах від 20 см до 32 см.

Літній період, коли середньо добова температура перевищує $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$, триває приблизно 120-130 днів – з кінця квітня до кінця вересня, що сприяє активному росту рослин, формуванню качанів.

Спекотні літні місяці часто призводять до нестачі вологи, що вимагає додаткового зрошення для забезпечення належного росту кукурудзи.

Аналіз даних кліматичних умов на дослідному полі, зокрема опадів, температури повітря та ґрунту проводився за допомогою метеостанції Meteoblue, яка знаходиться на відстані 1,5 км від поля.

Аналіз даних забезпечення запасів вологи в різних шарах ґрунту проводився за допомогою супутникових даних та аналітичної платформи Cropwise Operation.

Температурні вимоги до кукурудзи:

Для початкового проростання насінини мінімальна температура повинна становити не менше 10 °С. Оптимальна температура для подальшого росту та розвитку рослин кукурудзи повинна становити не менше 20-24 °С, підвищення до 25-30 °С також є прийнятним. Критична температура для рослин кукурудзи становить 35 °С і вище, за умов посухи суттєво знижується продуктивність кукурудзи.

На основі таблиці 2.3 та рис. 2.1 середньомісячної температури повітря і ґрунту та їх розподіл по декадах за 2024 р, можна оцінити сприятливість умов для вирощування кукурудзи на зерно. Зимовий період (січень, лютий) характеризується низькими температурами повітря та ґрунту, але аномально низьких температур не спостерігалось. За весняний період (Березень-Травень) температура повітря помітно зростає досягаючи близько 14-20 °С, а температура ґрунту коливається в межах 27-33 °С, що є прийнятним для проростання та початкового росту кукурудзи. В літній період (Червень-Серпень) середня температура повітря коливається в межах 22-27 °С, однак у липні та серпні середня температура ґрунту сягає 35 °С і більше, що негативно впливає на культуру за відсутності вологи. На початку осені (Вересень) температура починає знижуватись до 18-26 °С, що є цілком оптимальною температурою для завершення вегетації та збору врожаю.

Сума ефективних температур для рослин кукурудзи від сівби 14.04.2024 р до збору врожаю 28.09.2024 р, більше +5 °С становить 2490°С, більше +10 °С становить 1669С°.

В підсумку можна сказати, що температурні показники, які спостерігаються з травня по вересень, можна вважати сприятливими для вирощування кукурудзи на зерно. Однак температури слід зауважити, що температурні показники вище 30 °С у липні та серпні становлять великий ризик для врожайності, особливо за довготривалої відсутності опадів.

Таблиця 2.3

Середньомісячна температура повітря і ґрунту та їх розподіл по декадах за 2024 р, °С

Декади	Місяці																										
	Січень			Лютий			Березень			Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень		
Декади	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
повітря, °С	-4	-4	-1	1	2	3	2	4	8	14	13	13	14	13	20	22	21	21	27	27	22	21	21	25	21	20	18
ґрунту, °С	-11	-11	4	2	1	4	11	13	11	29	20	28	36	27	34	33	25	22	31	35	24	31	28	34	32	30	26

Середньомісячна температура повітря і ґрунту та їх розподіл по декадах за 2024 р, оС

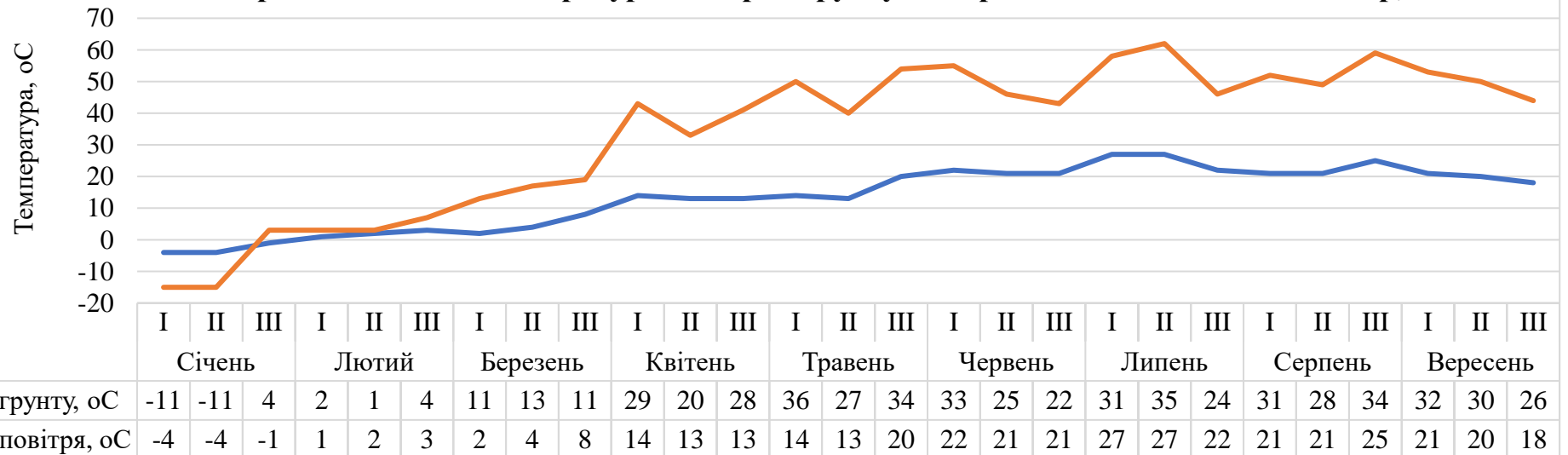


Рисунок 2.1 Середньомісячна температура повітря і ґрунту та їх розподіл по декадах за 2024 р, °С

На основі таблиці 2.4 та рис. 2.2 кількості опадів та їх розподіл по декадах протягом року, можна оцінити сприятливість умов для вирощування кукурудзи на зерно.

У січні опади показники є досить нерівномірними, значна кількість випала в лютому. Це може певною мірою забезпечити достатній вміст вологи в ґрунті на початкових етапах вегетації культури. Такі місяці як березень-травень характеризуються також нерівномірним розподілом опадів, досить значні спостерігалися в другій-третій декаді березня та квітня, що однозначно позитивно вплине на старт вегетації. За травень опади майже відсутні, лише 6 мм за весь місяць, це може викликати незначний дефіцит вологи під час активного росту кукурудзи. В червні спостерігається суттєве збільшення опадів в другій декаді, що безумовно позитивно вплине на рівень зволоження ґрунту під час росту та розвитку культури. В липні та серпні кількість опадів знижується, що вплине на рівень зволоження ґрунту та на формування якісних показників врожаю. У вересні спостерігається незначне підвищення опадів, які вже не мають великого значення для культури, оскільки кукурудза завершує вегетаційний період.

Загальна кількість опадів протягом вегетаційного періоду кукурудзи демонструє нерівномірний розподіл по місяцях та декадах, з періодичним дефіцитом вологи в критичні періоди розвитку кукурудзи, особливо в період з травня по липень. Це може обмежити досягнення планової врожайності без додаткового зрошення в періоди, коли опадів недостатньо.

Таблиця 2.4

Кількість опадів та їх розподіл по декадах за 2024 р, мм

Місяці																											
Січень			Лютий			Березень			Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень			
Декади	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Опади, мм	17	22	9	31	29	9	0,2	15	16	0,3	28	22	0	5	1	12	47	15	0,1	1	12	22	0	0	1	11	8

Кількість опадів та їх розподіл по декадах за 2024 р, мм

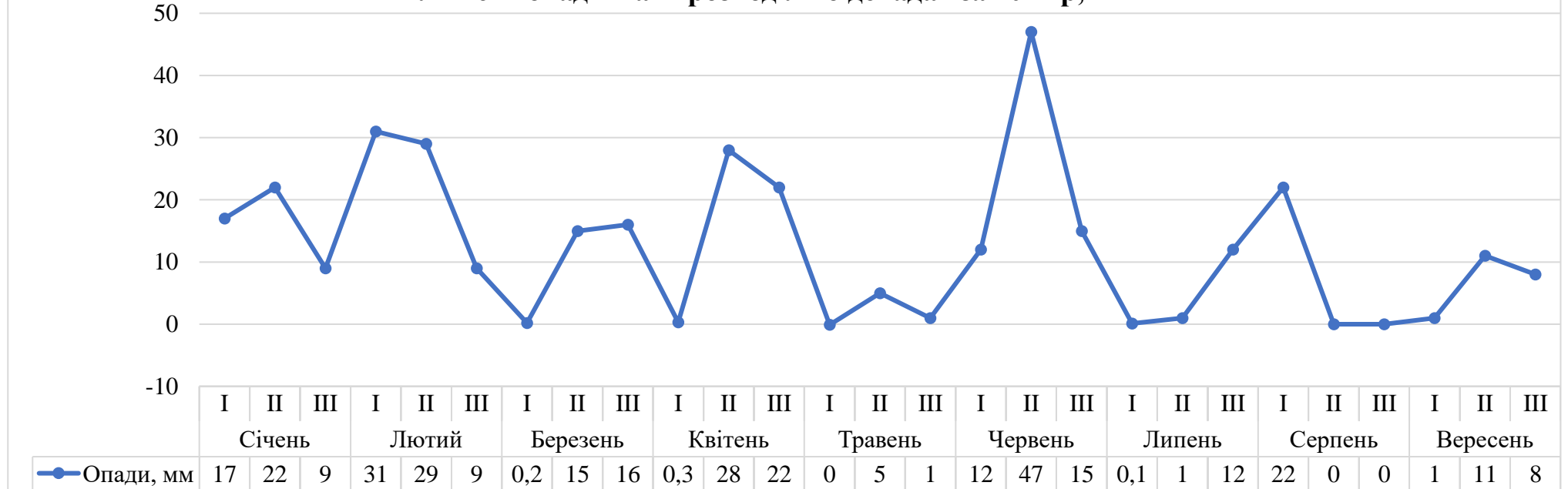


Рисунок 2.2 Кількість опадів та їх розподіл по декадах за 2024 р, мм

На основі таблиці 2.5 та рис. 2.3 середній показник запасів вологи у різних шарах ґрунту та їх розподіл по декадах протягом року в %, можна оцінити вплив на умови для вирощування кукурудзи на зерно.

У верхньому шарі ґрунту (0-70 мм) вологість у весняно-літній період помітно знижується. Після високих показників у лютому та березні (більше 80%), запаси вологи у травні падають до 55%, а в липні – до 37%. Це свідчить на недостатню вологість у періоди інтенсивного росту та розвитку кукурудзи, що може стати одним із обмежувальних факторів для отримання високих урожаїв.

В середньому шарі ґрунту (70-280 мм) волога зберігається краще, але також демонструє значне зниження запасів вологи під час критичних місяців, таких як травень і червень. Вологість знижується до 51% у травні та до 47% у липні, що може свідчити про нестачу вологи для підтримки інтенсивного росту та розвитку рослин кукурудзи.

Найглибший шар (280-1000 мм) має найбільш стабільний рівень запасів вологи, коливаючись від 84% до 90% на початку року і знижуючись приблизно до 58% та 64% в літній період (липень-серпень). Це певною мірою може компенсувати дефіцит вологи в верхніх шарах, однак для рослин кукурудзи важлива доступність вологи саме у поверхневих шарах, з яких кукурудза використовує вологу у критичні фази росту та розвитку.

Загальний рівень запасів вологи в різних шарах ґрунту демонструє нестачу вологи у верхніх і середніх шарах ґрунту в критичні періоди росту та розвитку рослин кукурудзи (особливо в період з травня по липень). Це певною мірою обмежує можливість досягнення високої урожайності без додаткових заходів для підтримки вологості.

Таблиця 2.5

Середній показник запасів води у різних шарах ґрунту та їх розподіл по декадах за 2024 р, %

Декади	Місяці																										
	Січень			Лютий			Березень			Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
0-70 мм, %	54	31	63	87	80	82	76	80	89	74	71	89	63	55	41	59	75	69	43	37	37	51	45	31	34	38	36
70-280 мм, %	78	42	60	83	91	85	82	79	90	79	71	89	69	62	51	49	64	70	56	49	47	45	43	40	39	43	47
280-1000 мм, %	90	87	87	87	88	87	82	81	86	86	81	84	81	74	66	63	61	60	58	59	58	55	51	51	54	57	59

Середній показник запасів води у різних шарах ґрунту та їх розподіл по декадах, %

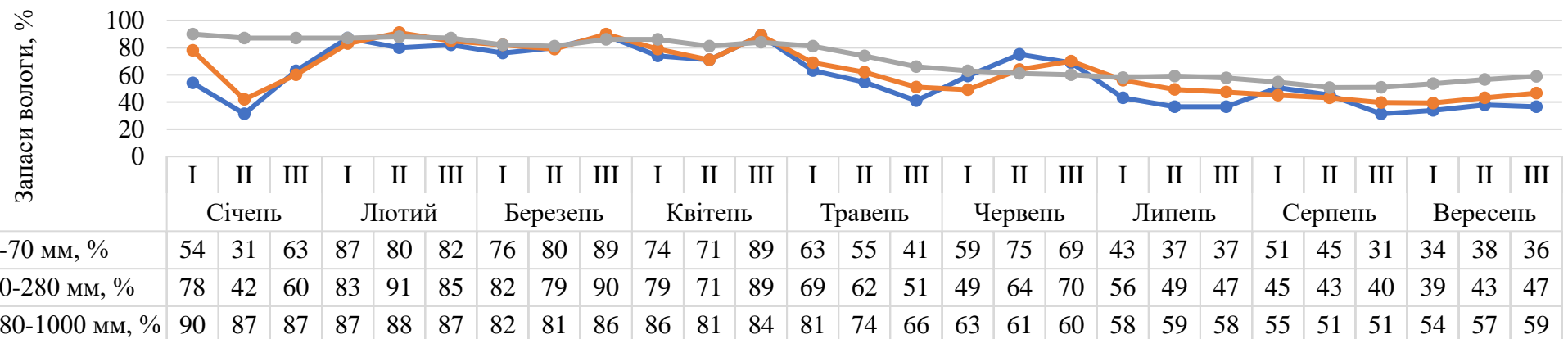


Рисунок 2.3 Середній показник запасів води у різних шарах ґрунту та їх розподіл по декадах за 2024 р, %

2.3 Методика проведення дослідження

Схема нашого досліду включала в себе 3 варіанти в 3-х повторностях, в загальному 9 дослідних ділянок (рис. 2.4). Дослід ґрунтується на порівнянні різних видів і норм азотних добрив та їх вплив на продуктивність кукурудзи на зерно. Схема досліду була зроблена за допомогою трекерів внесення даних добрив, які відображалися на онлайн платформі Cropwise Operation. Площа поля складає 109 га.

Фоном даного поля є:

- Амофос внесений в основне удобрення у нормі 20 кг/га;
- Сульфат цинку внесений в передпосівне удобрення в нормі 15 кг/га;
- Амофос в припосівному внесенні у нормі 30 кг/га.

Порівняння різних видів і норм азотних добрив на різних зонах забезпечення

I –зона низького забезпечення

II –зона середнього забезпечення

III –зона високого забезпечення

	- зона де було внесено карбамід у нормі 200 кг/га
	- зона де було внесено карбамід у нормі 250 кг/га
	- зона де було внесено безводний аміак у нормі 140 кг/га



Рис. 2.4 Схема дослідних ділянок

Таблиця 2.6

Схема досліду

Основне внесення				Передпосівне	Припосівне
Фон поля: Амофос 20 кг/га	I Низький рівень забезпечення азоту (Карбамід по 200 кг/га)	I Низький рівень забезпечення азоту (Карбамід по 250 кг/га)	I Низький рівень забезпечення азоту (Безводний аміак 140 кг/га)	Фон поля: Сульфат цинку 15 кг/га	Фон поля: Амофос 30 кг/га
Фон поля: Амофос 20 кг/га	II Середній рівень забезпечення азоту (Карбамід по 200 кг/га)	II Середній рівень забезпечення азоту (Карбамід по 250 кг/га)	II Середній рівень забезпечення азоту (Безводний аміак 140 кг/га)	Фон поля: Сульфат цинку 15 кг/га	Фон поля: Амофос 30 кг/га
Фон поля: Амофос 20 кг/га	III Високий рівень забезпечення азоту (Карбамід по 200 кг/га)	III Високий рівень забезпечення азоту (Карбамід по 250 кг/га)	III Високий рівень забезпечення азоту (Безводний аміак 140 кг/га)	Фон поля: Сульфат цинку 15 кг/га	Фон поля: Амофос 30 кг/га

Мета досліду ґрунтується на порівнянні ефективності різних видів і норм азотних добрив на різних зонах неоднорідності (низької, середньої та високого забезпечення) за вирощування кукурудзи на зерно. Зокрема, таких добрив як безводний аміак та дві різні норми карбаміду. Дані добрива були внесені в основне удобрення (табл. 2.6).

Безводний аміак є рідким мінеральним добривом, яке є сполучення азоту і водню в газоподібній формі без використання води, містить 82,2 % азоту. Добре закріплюється в ґрунті і не вимивається в осінньо-зимовий період.

Дане добриво було внесене 23.10.2023 р. після дискування і глибокого розпушення з допомогою гусеничного трактора САТ МТ 875В і аплікатора Blu - Jet АТ6010 (ширина 18,7 м) на глибину 15 см, у нормі 140 кг/га у фізичній вазі,

а у діючій речовині 115 кг/га. Оброблена площа становить 26 га, температура повітря становила 15°C, а кількість опадів за день становить 0,30 мм (рис. 2.5).



Рис. 2.5 Карта внесення Безводного аміаку

Фонем поля в основному удобрені виступає амофос, який диференційно внесли 17.01.2024 р. у нормі 20 кг/га, за допомогою трактора John Deere 8345 та розкидача Amazone zg-ts 8200 hydro (ширина 36 м). Оброблена площа становить 75,14 га, температура повітря була -6 °С, опадів не спостерігалось під час внесення.

Внесення карбаміду у двох різних нормах 200 кг/га та 250 кг/га, проводили 27.02.2024 р. по мерзло-талому ґрунту, що лягло в основу наших досліджень. Карбамід являється концентрованим гранульованим азотним добривом, яке містить 46,2 % азоту в амідній формі.

Карбамід володіє довгостроковою дією після внесення гранула карбаміду піддається різним мікробіологічним процесам, таким як нітрифікації поступово переходячи з амідної в амонійну форму і в свою чергу з амонійної в нітратну форму. Внесли карбамід за допомогою трактора John Deere 8345 та розкидача

Amazone zg-ts 8200 hydro (ширина 36 м) в нормі 200 кг/га фізичній масі, в діючій речовині 92 кг/га, на площу 40 га, та в нормі 250 кг/га, в діючій речовині 115 кг/га, на площу 43 га (рис. 2.6).

Сумарно оброблена площа карбамідом становить 83 га



Рис. 2.6 Карта внесення різних норм Карбаміду

Передпосівне удобрення 04.04.2024 р. включало в себе диференційне обприскування поля мікродобривом Сульфат цинку у нормі 15 кг/га. Оброблена площа становила 105,3 га, температура повітря була 10 °С, опадів не спостерігалось. Проводили внесення за допомогою обприскувача John Deere R4030 (ширина 31 м).

Останнє удобрення проводилося при сівбі 14.04.2024 р. добриво Амофос 30 кг/га, за допомогою трактора John Deere 410 і сівалки точного висіву Horsch maestro 24, оброблювана площа становить 109 га, температура повітря була 15 °С, опадів не спостерігалось.

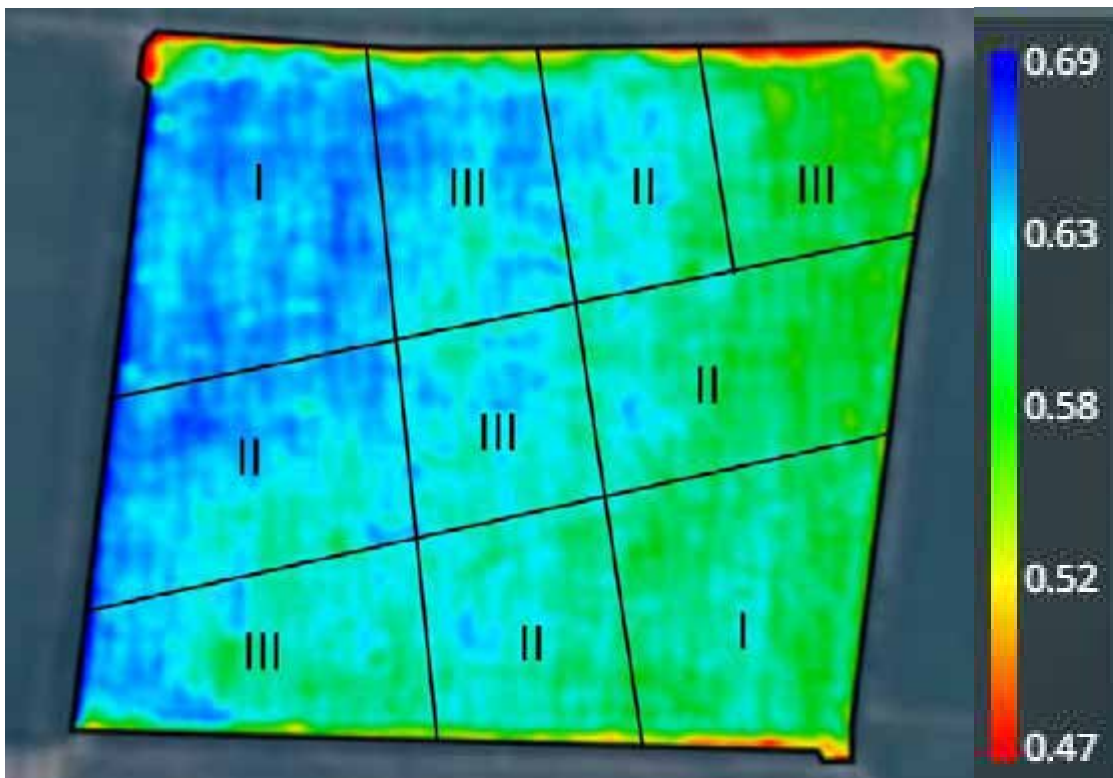


Рис. 2.7 Супутниковий знімок вегетації NDVI дослідних ділянок (в контрастних кольорах). Фаза ВВСН-19 (9 і більше листків розпустилися) (10.06.2024.)

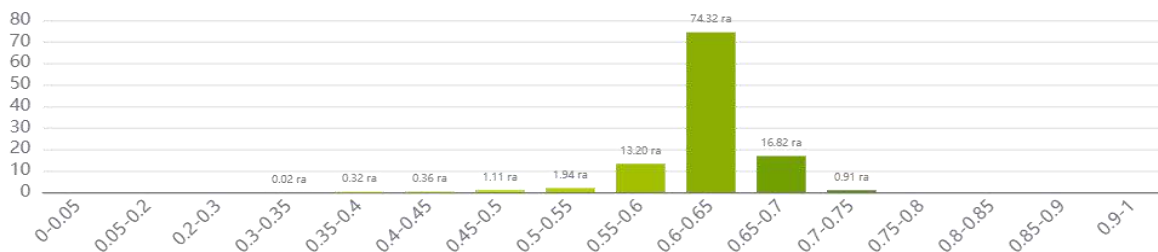


Рис. 2.8 Інтенсивність вегетації NDVI на дослідних ділянках у фазу ВВСН-19. (10.06.2024.)

У фазу 9 і більше листків (ВВСН - 19) спостерігався оптимальний ріст та розвиток рослин, що свідчить про рівномірний розподіл елементів живлення та вологи. В даній фазі нижній рівень вегетаційного індексу NDVI становив 0,581 на площі 13,20 га, середній рівень становив 0,633 на площі 74,32 га та підвищений рівень становив 0,672 на площі 16,82 га (рис. 2.7, 2,8)

Різниця інтенсивності вегетаційного індексу NDVI на дослідних ділянках мінімальна і становить <0,1.

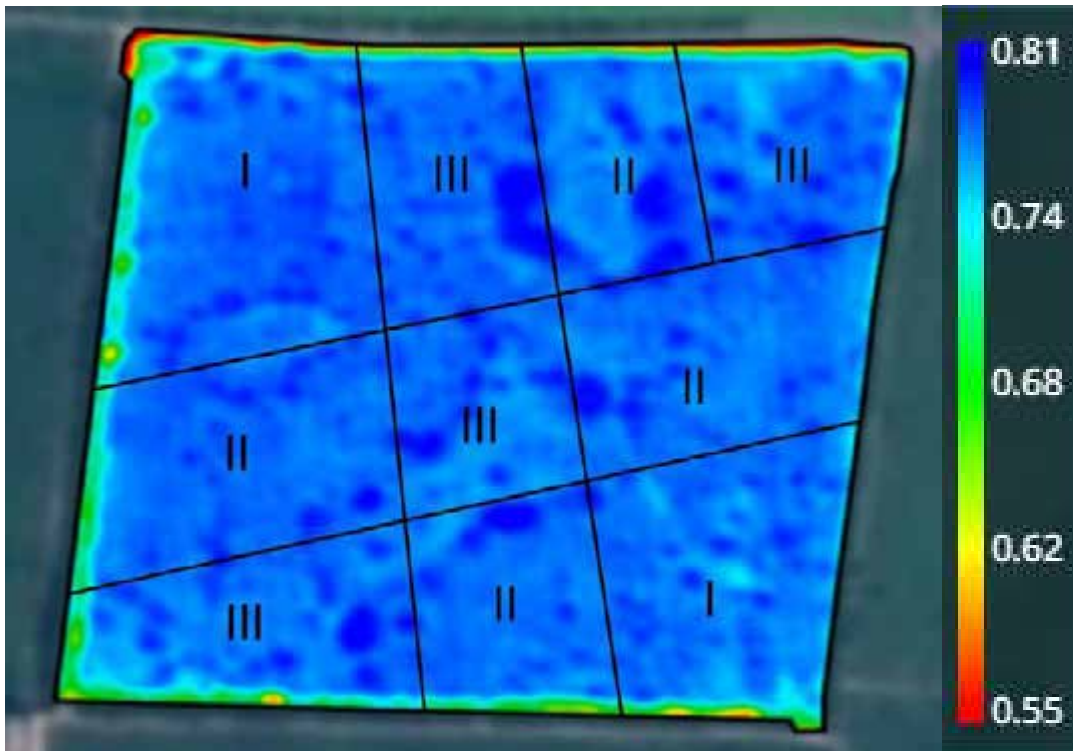


Рис. 2.9 Супутниковий знімок вегетації NDVI дослідних ділянок (в контрастних кольорах). Фаза BBCH-57 (кінець викидання волоті - нижні гілочки волоті повністю розпустилися). (20.07.2024.)

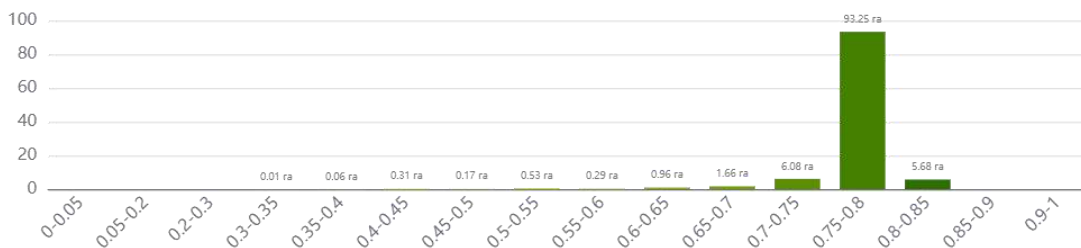


Рис. 2.10 Інтенсивність вегетації NDVI на дослідних ділянках у фазу BBCH-57 (20.07.2024.)

У фазу кінець викидання волоті (BBCH-57) спостерігався оптимальний ріст та розвиток рослин на всіх дослідних ділянках, що свідчить про рівномірний розподіл елементів живлення та вологи. В даній фазі нижній рівень вегетаційного індексу NDVI становив 0,723 на площі 6,08 га, середній рівень становив 0,781 на площі 93,25 га та підвищений рівень становив 0,812 на площі 5,68 га (рис.2.9, 2.10). Різниця інтенсивності вегетаційного індексу NDVI на дослідних ділянках мінімальна і становить $<0,1$.

Технологія висіву кукурудзи

Попередником для кукурудзи був соняшник. Для посіву був вибраний середньопізній гібрид кукурудзи Р9889 АQ (*AQ* - технологія *Optimum «AQUAmax»*), ФАО – 380, тип зерна – зубоподібна, посухостійкий, вологовідача середня, високий вміст крохмалю, висока натура зерна, потенційна врожайність 12-16 т/га.

Обробіток ґрунту складався з лушення стерні відразу після збору попередника трактором МТЗ 1025 + ПТ6, потім проводили глибоке розпушення трактор John Deere – 410 + QUIVOGNE на глибину 40 см. Ранньою весною провели боронування John Deere – 410 + McFarLane, потім провели передпосівну культивування John Deere – 410 + CaseIH Tiger Mate. Посів проводився за допомогою сівалки Horsch maestro 24 і трактора John Deere 410. Сівба проводилась 14 квітня з густотою 60 тис/га, за температури 15 °С, опадів в день сівби не спостерігалось, глибина посіву становила 5 см, відстань між насінням в рядку 24 см, міжряддя 70 см.

Таблиця 2.7

Система застосування засобів захисту під кукурудзу на зерно

Назва ТМЦ	Класифікація	Діюча речовина і її концентрація	Норма кг(л)/га	Спектр дії	Фаза внесення
Примекстра голд	(Грунтовий гербіцид)	S-метолахлору - 400 г/л; атразин - 400 г/л	3,5	дводольні бур'яни, однорічні злакові бур'яни	Після посіву
Флейм плюс	(Гербіцид)	Флорасулам, 50 г/л	0,1		
Елюміс	(Страховий гербіцид)	Нікосульфурон 30 г/л; мезотріон 75 г/л	1,8	багаторічні злакові бур'яни, дводольні бур'яни, однорічні злакові бур'яни	4 -листки
Самсон	(Гербіцид)	Нікосульфурон 60 г/л	1,5	дводольні бур'яни, однорічні злакові бур'яни	5 листків
Скаба	(Ад'ювант)	поліалкіленоксид модифікований гептаметилтрисилоксан, 21% + комплекс неіонних ПАВ 79%	0,1		

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЕКСПРЕМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ З УПРАВЛІННЯ МІНЕРАЛЬНИМ ЖИВЛЕННЯМ КУКУРУДЗИ НА ОСНОВІ ЕЛЕМЕНТІВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

3.1 Вміст поживних елементів у ґрунті за вирощування кукурудзи на зерно

Відбір зразків ґрунту проводився на початковому етапі вегетації, що дозволяє оцінити запаси основних поживних елементів (N,P,K) для подальшого агрохімічного аналізу. Відбиралися зразки під кінець весни, коли ґрунт прогрівся, але ріст рослин ще не активний. У процесі дослідження виділено три зони забезпечення ґрунту – низька, середня та висока, на яких застосували різні варіанти азотного удобрення: безводний аміак у нормі 140 кг/га та карбамід у нормах 200 кг/га і 250 кг/га.

Поле розділене на умовно однорідні ділянки для кожної зони забезпечення, для того щоб знизити вплив природної неоднорідності ґрунту на результатах дослідження. На кожній зоні забезпечення виділено декілька контрольних ділянок, на яких проводилося внесення добрив відповідно до трьох дослідних варіантів (безводний аміак та дві норми карбаміду).

Відбір зразків проводився через певний час після внесення азотних добрив для оцінки початкового рівня азоту, а потім поетапно у визначенні динаміки азоту у ґрунті протягом вегетації. Зразки відбиралися на глибині 0-20 см, оскільки цей шар є основним для накопичення поживних елементів, що важливі для раннього росту рослин. Для відбору використовувалися відповідні до методики інструментарій. На кожній ділянці неоднорідності відбиралося 15 точкових зразків у діагональному порядку, які потім змішувалися для формування середнього зразка масою 0,5 кг. Кожен зразок маркувався із зазначенням зони забезпечення на якій був відібраний, виду та норми добрива та дати відбору. Зразки ґрунту зберігалися в сухих та затінених умовах, щоб максимально уникнути зміни вологості та хімічного складу до моменту аналізу. Транспортування до лабораторії проводилося в найкоротші терміни, щоб зберегти достовірність показників поживних елементів.

На основі проведеного аналізу ґрунту, результати якого представлені в таблицях 3.1-3.3, було визначено основні закономірності вмісту поживних елементів на етапі вегетації кукурудзи у фазу ВВСН 13-15.

Показники вмісту мінерального азоту ($N-NO_3 + N-NH_4$) у ґрунті залежали від зони забезпечення, відповідно на низько забезпечених ділянках він коливався в межах 20-27 мг/кг, при цьому найвищий показники (27 мг/кг) було отримано за внесення карбаміду у нормі 250 кг/га. На ділянках середнього рівня забезпечення показники азоту варіювалися в межах 30-36 мг/кг, де також було отримано найвищий результат (36 мг/кг) за внесення карбаміду у нормі 250 кг/га. На ділянках з високим рівнем забезпечення вміст мінерального азоту був в межах 33-43 мг/кг, де максимальний показник (43 мг/кг) було досягнуто за внесення карбаміду у нормі 250 кг/га.

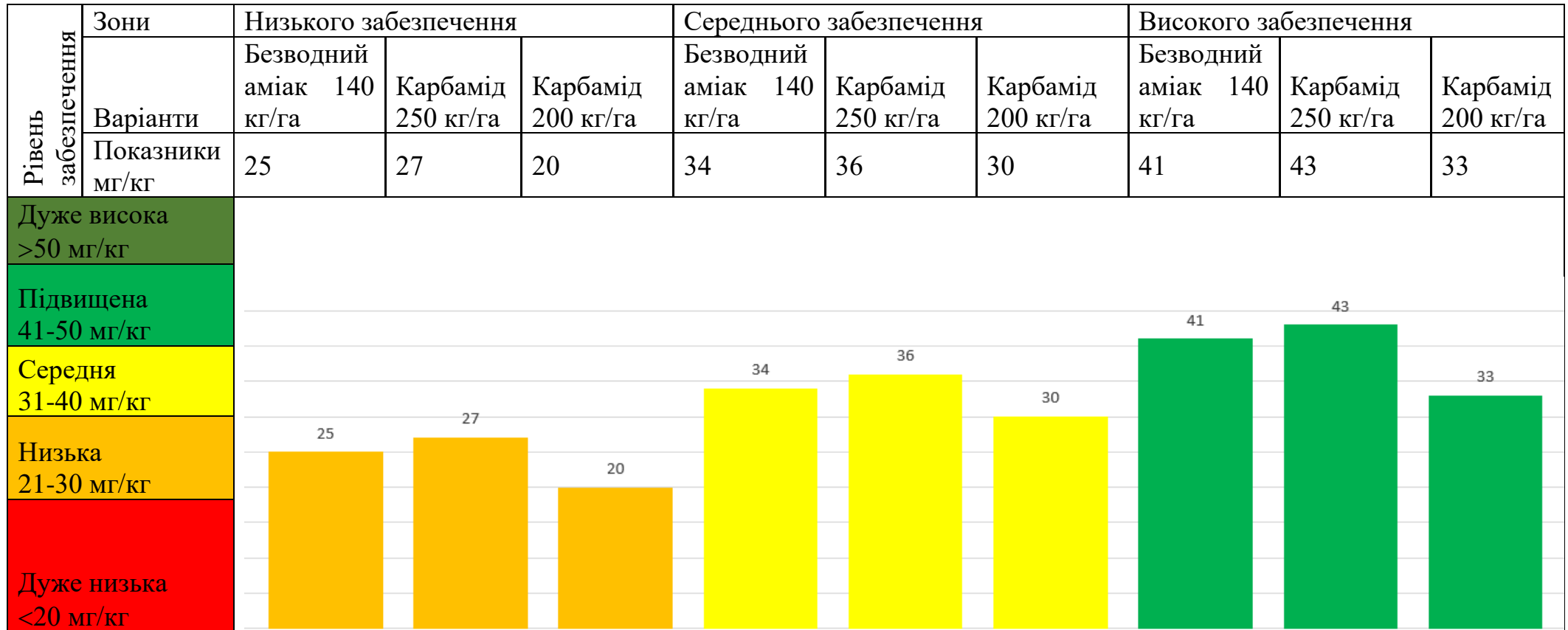
Аналіз ґрунту на вміст фосфору (P_2O_5) показав, що на ділянках з низьким рівнем забезпечення вміст коливався 136-144 мг/кг. На ділянках середнього рівня забезпечення показники варіювались в межах 138-146 мг/кг. За високого рівня забезпечення показники вмісту фосфору в ґрунті були у межах 146-154 мг/кг.

Вміст калію (K_2O) у ґрунті, змінювався відповідно до рівнів забезпечення ділянок, на низькому рівні забезпечення його вміст був у межах 93-97 мг/кг, що нижче від оптимального рівня 100-150 мг/кг. На середньому рівні забезпечення показники калію були в оптимумі і варіювались в межах 144-148 мг/кг, на ділянках з високим рівнем забезпечення спостерігалися найвищі показники вмісту калію в ґрунті 162- 191 мг/кг.

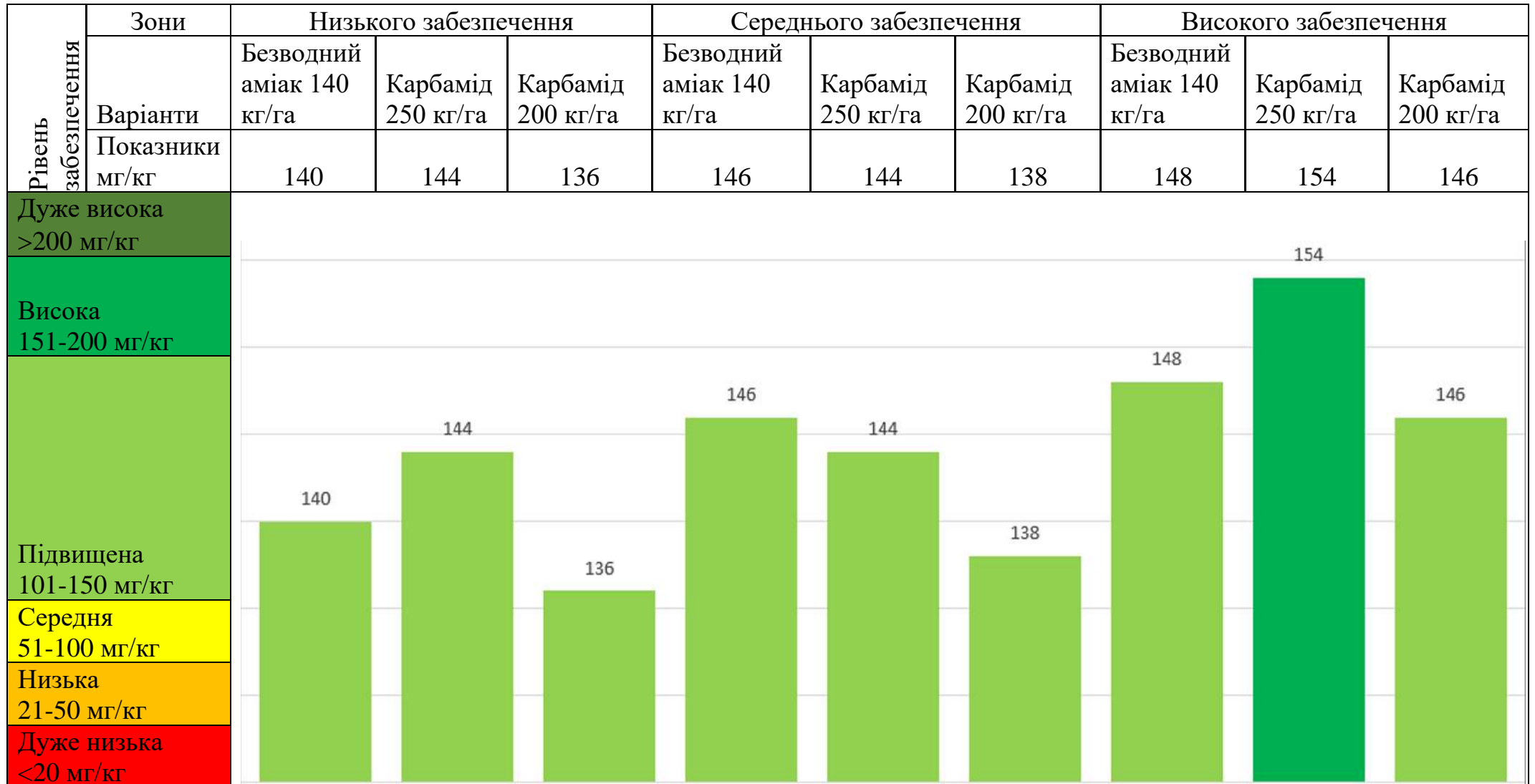
За результатами аналізу ґрунту на етапі вегетації ВВСН 13-15 відмітили, що внесення безводного аміаку восени з нормою 140 кг/га (115 кг/га в д.р.) забезпечує нижчий вміст мінерального азоту в шарі ґрунту 0-30 см порівняно з карбаміду у нормі 250 кг/га (115 кг/га в д.р.). При цьому збільшення норми внесення карбаміду пропорційно підвищувало вміст мінерального азоту в ґрунті.

Таблиця 3.1

Вміст мінерального азоту ($N-NO_3 + N-NH_4$) в ґрунті на етапі вегетації ВВСН 13-15 (21.05.2024 р)



Таблиця 3.2

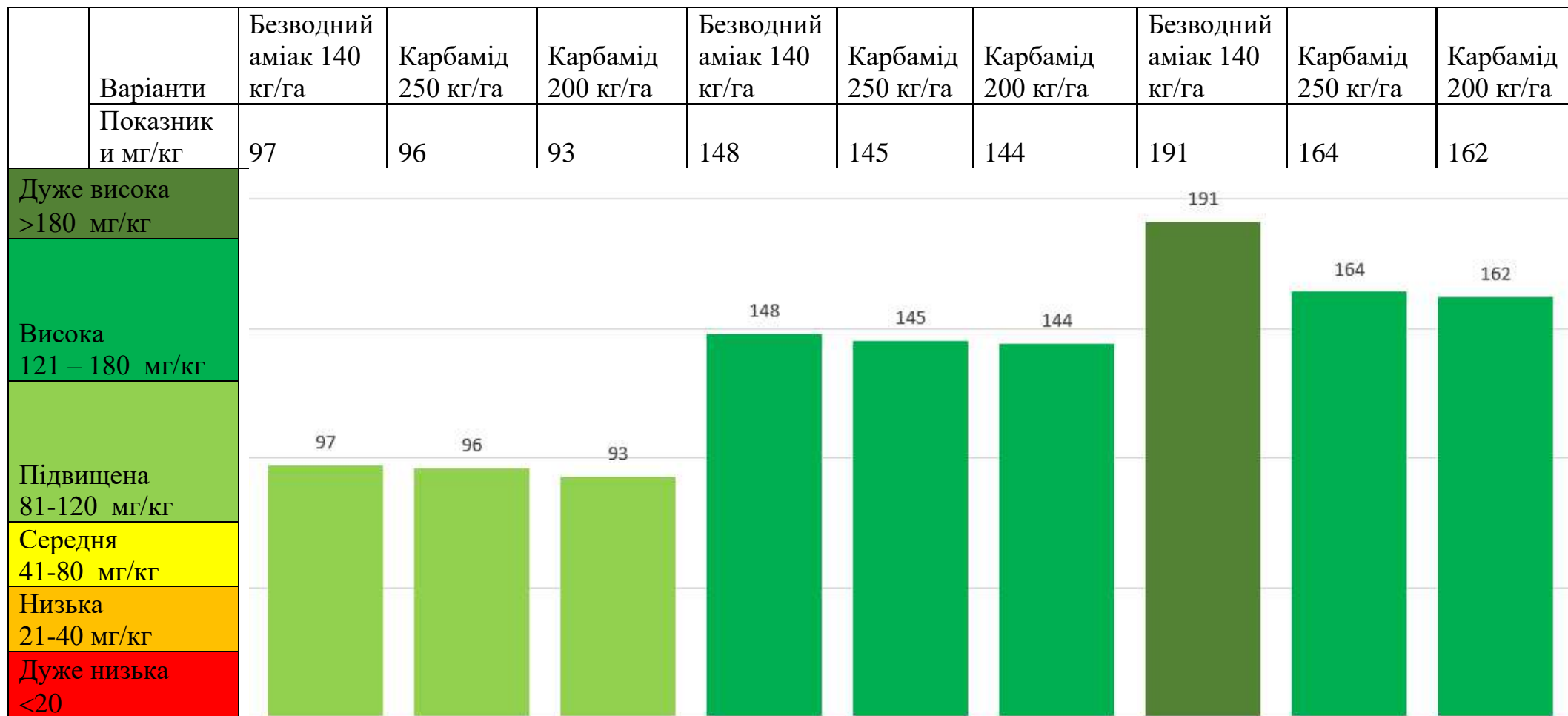


Вміст фосфору (P_2O_5) в ґрунті на етапі вегетації ВВСН 13-15 (21.05.2024 р)

Таблиця 3.3

п.п.	Зони	Низького забезпечення	Середнього забезпечення	Високого забезпечення
------	------	-----------------------	-------------------------	-----------------------

Вміст калію K_2O в ґрунті на етапі вегетації ВВСН 13-15 (21.05.2024 р)



Концентрація поживних елементів у ґрунті та рослинах змінюється протягом вегетаційного періоду, оскільки різні фази розвитку рослин вимагають різні співвідношення цих елементів.

На ранніх стадіях вегетації азот є ключовим для формування листового апарату, сприяє інтенсивному росту та фотосинтезу. Найбільша потреба в азоті припадає на період активного росту до цвітіння. Після цього його потреба помітно зменшується. Високі концентрація азоту на пізніх стадіях можуть впливати на процеси дозрівання та накопичення сухої речовини, що негативно позначиться на якості врожаю.

Фосфор на початкових етапах вегетації потрібен для розвитку кореневої системи, особливо на стадії проростання та укорінення. Також фосфор, стимулює енергетичні процеси та сприяє стійкості рослин до несприятливих умов. Потреба у фосфорі зберігається протягом всієї вегетації, але особливо фосфор важливий на етапах цвітіння і наливу зерна.

Роль калію для рослин кукурудзи не менш важлива, оскільки він забезпечує регуляцію водного режиму рослин, активізує ферментативні процеси. Калій підтримує стійкість рослин до різних стресів (посуха, мороз) і підвищує імунітет до хвороб.

Для оптимального розвитку рослин кукурудзи слід ретельно контролювати вміст поживних елементів, враховуючи фазу розвитку та потреби кукурудзи.

На етапі вегетації ВВСН 51-53, коли кукурудза досягає фази цвітіння, спостерігається суттєве зменшення вмісту основних елементів живлення в ґрунті.

Початок фази цвітіння характеризується високим поглинанням поживних елементів, саме на цьому етапі кукурудза потребує великої кількості енергії для формування та закладання майбутніх зерен.

На основі результатів аналізу ґрунту, які відображенні в таблицях (3.4-3.6), на вміст поживних елементів визначено, що вміст мінерального азоту в ґрунті зменшився приблизно на 55-60%. Причиною цьому є висока потреба в азоті на ранніх етапах росту кукурудзи. На початкових стадіях росту та розвитку азот активно використовується для формування листкової маси і нарощування біомаси. У фазу цвітіння потреба залишається високою, оскільки азот необхідний для утворення білків. Однак, на цій стадії азот часто стає дефіцитним через швидке засвоєння рослиною.

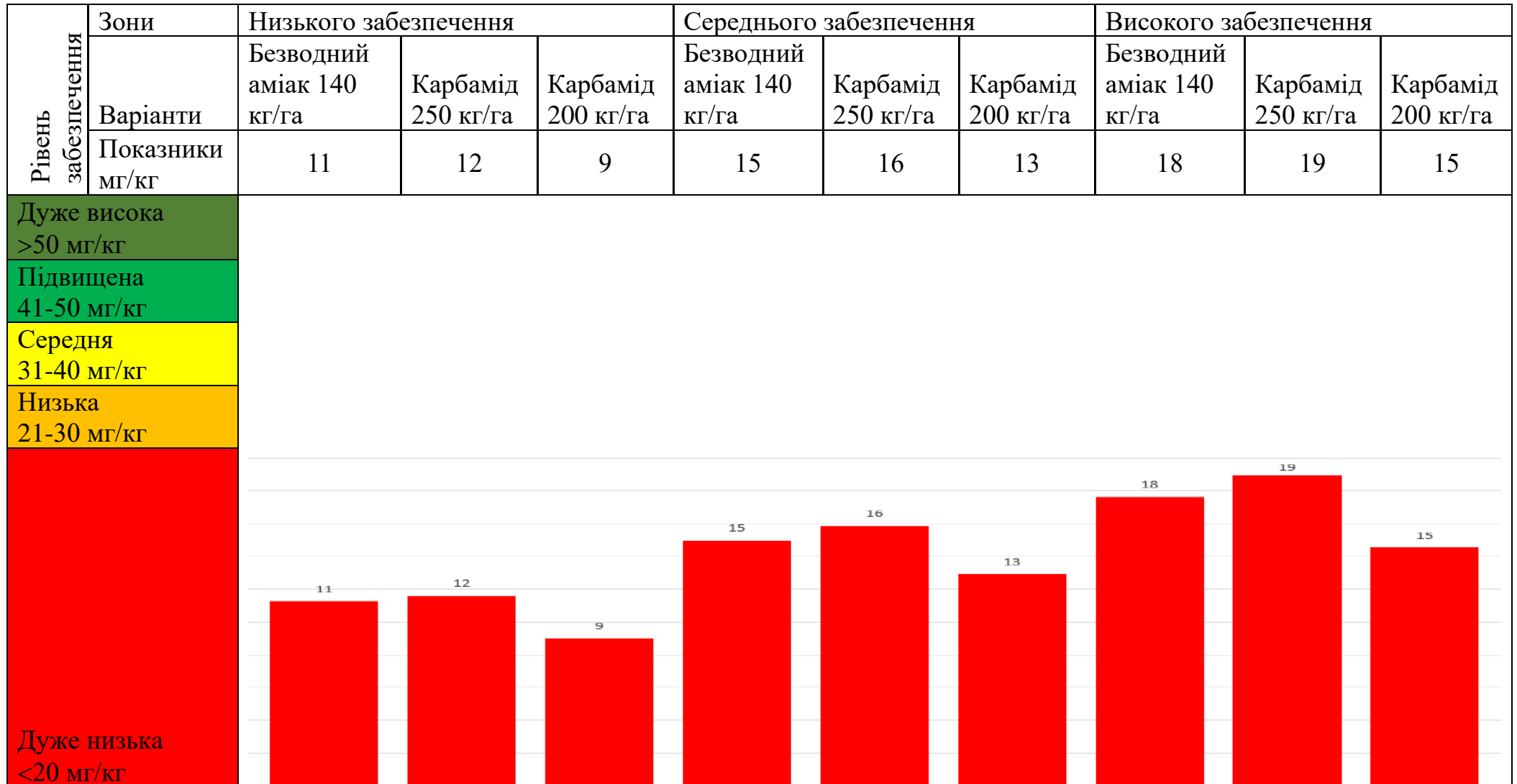
Вміст фосфору в ґрунті зменшився приблизно на 35-40%. Фосфор важливий для розвитку кореневої системи та регуляції енергетичних процесів. Під час фази цвітіння фосфор потрібен для формування генеративних органів і накопичення енергії, але його поглинання є меншим у порівнянні з азотом та калієм, тому зменшення відбувається менш інтенсивно.

Вміст калію в ґрунті зменшився на 65-70%. Калій активно поглинається рослинами в період найбільшого росту і важливий для регуляції водного балансу, активізації ферментативних процесів та стійкості до стресів. Під час цвітіння його потреба є дуже високою, оскільки він сприяє транспортуванню поживних речовин до зерна, що зумовлює швидке зниження його вмісту в ґрунті.

Таким чином, на етапі вегетації мікрофаги ВВСН 51-53 рослина активно виснажує ґрунт на вміст азоту, фосфору та калію.

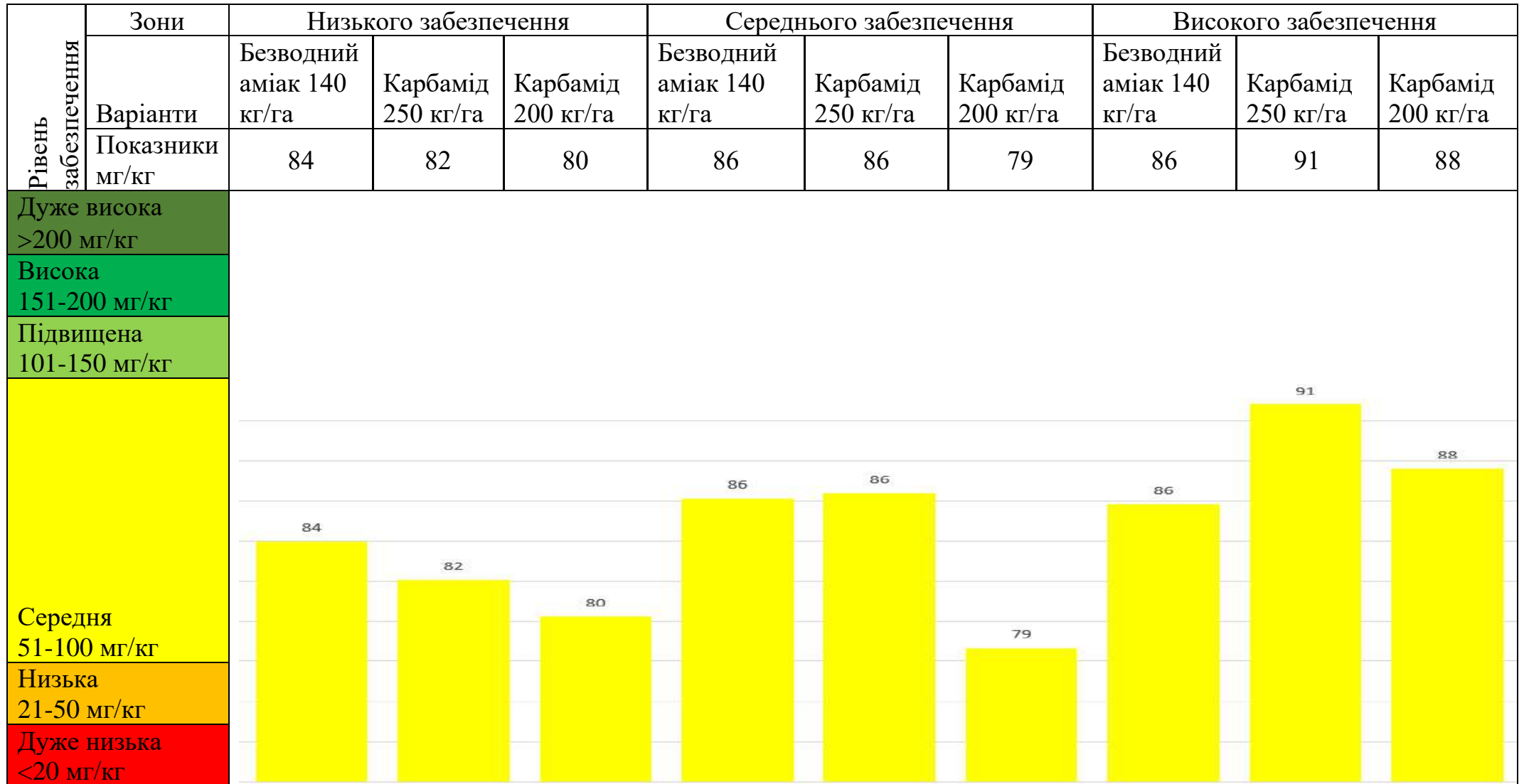
Таблиця 3.4

Вміст мінерального азоту ($N-NO_3 + N-NH_4$) в ґрунті на етапі вегетації ВВСН 51-53 (10.07.2024 р.)



Таблиця 3.5

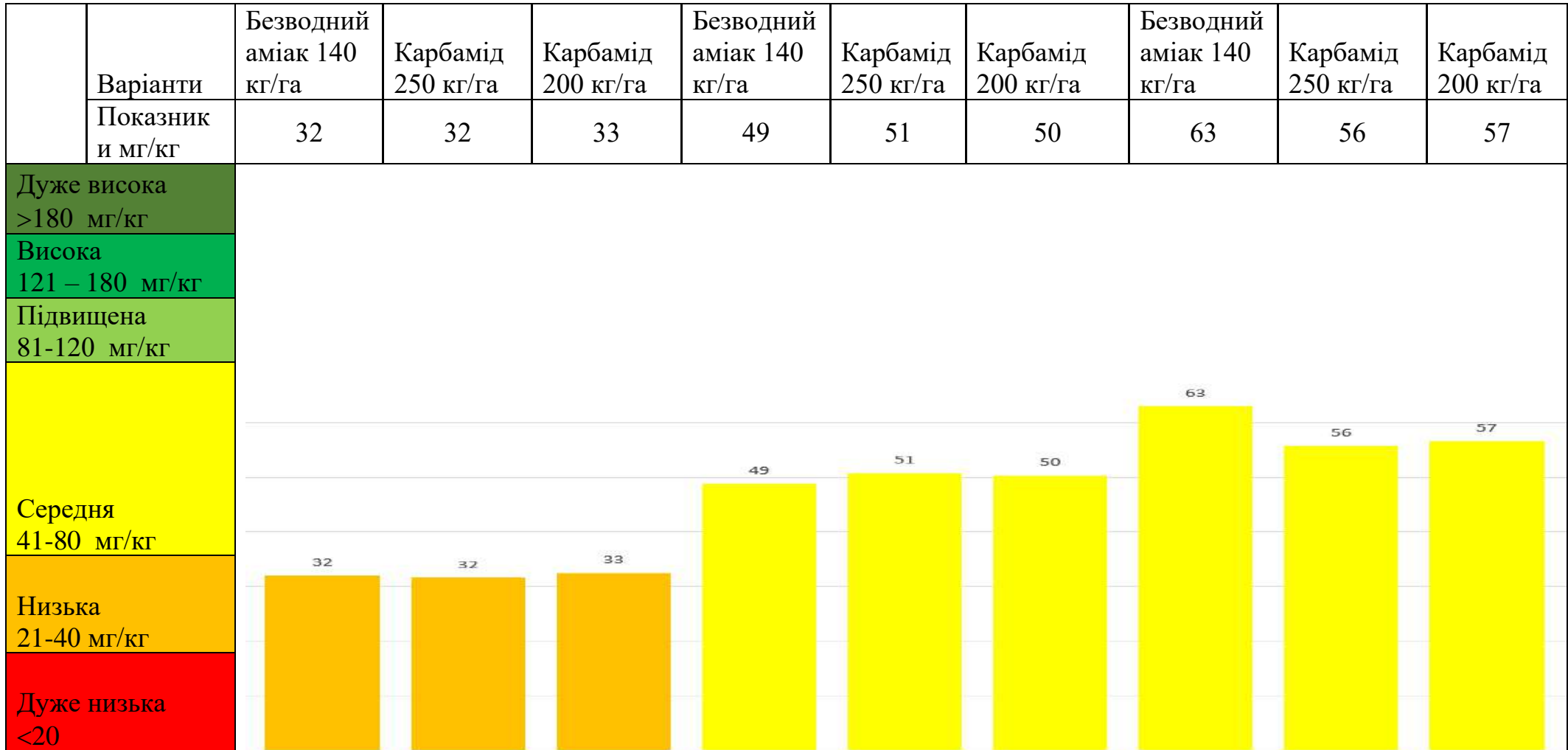
Вміст фосфор (P_2O_5) в ґрунті на етапі вегетації ВВСН 51-53 (10.07.2024 р)



Таблиця 3.6

п.п.	Зони	Низького забезпечення	Середнього забезпечення	Високого забезпечення
------	------	-----------------------	-------------------------	-----------------------

Вміст калій (K₂O) в ґрунті на етапі вегетації ВВСН 51-53 (10.07.2024 р)



У кінці вегетаційного періоду, коли рослини кукурудзи досягають стадії повної стиглості, рівень основних елементів живлення у ґрунті значно зменшується. Ця стадія також характеризується завершенням формування зерна, що вимагає великих витрат поживних речовин.

Запаси азоту в ґрунті знижуються інтенсивно, оскільки він є основним елементом для синтезу білків і залучений на формування структурних рослинних клітин. Його кінцевий рівень вмісту у ґрунті буде низьким, що свідчить про поглинання значної кількості внаслідок інтенсивного використання кукурудзою для росту і розвитку зерна.

Рівень забезпечення фосфору наприкінці вегетації також зменшується, оскільки він необхідний для енергетичних процесів і розвитку кореневої системи, але не так різко, як азот. На кінцевих етапах вегетації фосфор стає менш доступним для рослини, але певна його частка залишається в ґрунті через меншу рухомість і повільніше споживання на останніх етапах.

Рівень забезпечення калію на кінцевих етапах вегетації є дуже низьким, оскільки він інтенсивно поглинався рослинами протягом усього періоду вегетації для регулювання водного балансу, формування клітинних стінок та підтримки транспортних процесів у рослинах. Калій важливий для наливу зерна, тому в кінці вегетації його залишок у ґрунті значно зменшується.

На початкових етапах вегетації ґрунт був добре забезпечений поживними елементами, це дозволило рослинам підтримувати активний ріст і формування качанів. Інтенсивне споживання азоту та калію, особливо в середині вегетації, є позитивним фактором для формування високої врожайності, адже ці елементи підтримують налив зерна.

На основі результатів аналізу ґрунту, які відображені в таблицях (3.7-3.9), на вміст поживних елементів за кінцевий етап вегетації ВВСН 87-89 визнано, що вміст мінерального азоту ґрунті зменшився на 80-85% від початкового рівня забезпечення, що є значним спадом серед елементів живлення. Це пояснюється високою потребою кукурудзи в азоті, особливо під час активного росту та розвитку, цвітіння та формування качанів, оскільки азот є ключовим елементом для синтезу білків і нуклеїнових кислот, необхідних для нарощування зеленої маси та розвитку зерна. Високий рівень забезпечення азотом (наприклад, за внесення карбаміду 250 кг/га) сприяв кращій забезпеченості рослин азотом в порівнянні з безводним аміаком 140 кг/га та карбамідом 200 кг/га, однак у кінці сезону його запаси суттєво виснажились.

Вміст фосфору в ґрунті знизився на 65-70% в порівнянні з показниками за початкові етапи вегетації. Фосфор є важливим для регуляції енергетичних процесів у клітинах та відігравав значну роль у розвитку кореневої системи й генеративних органів. Поглинання фосфору було інтенсивним протягом вегетації, але все ж меншим порівняно з азотом і калієм, оскільки фосфор використовується в менших кількостях і накопичується в рослинах кукурудзи менш інтенсивно.

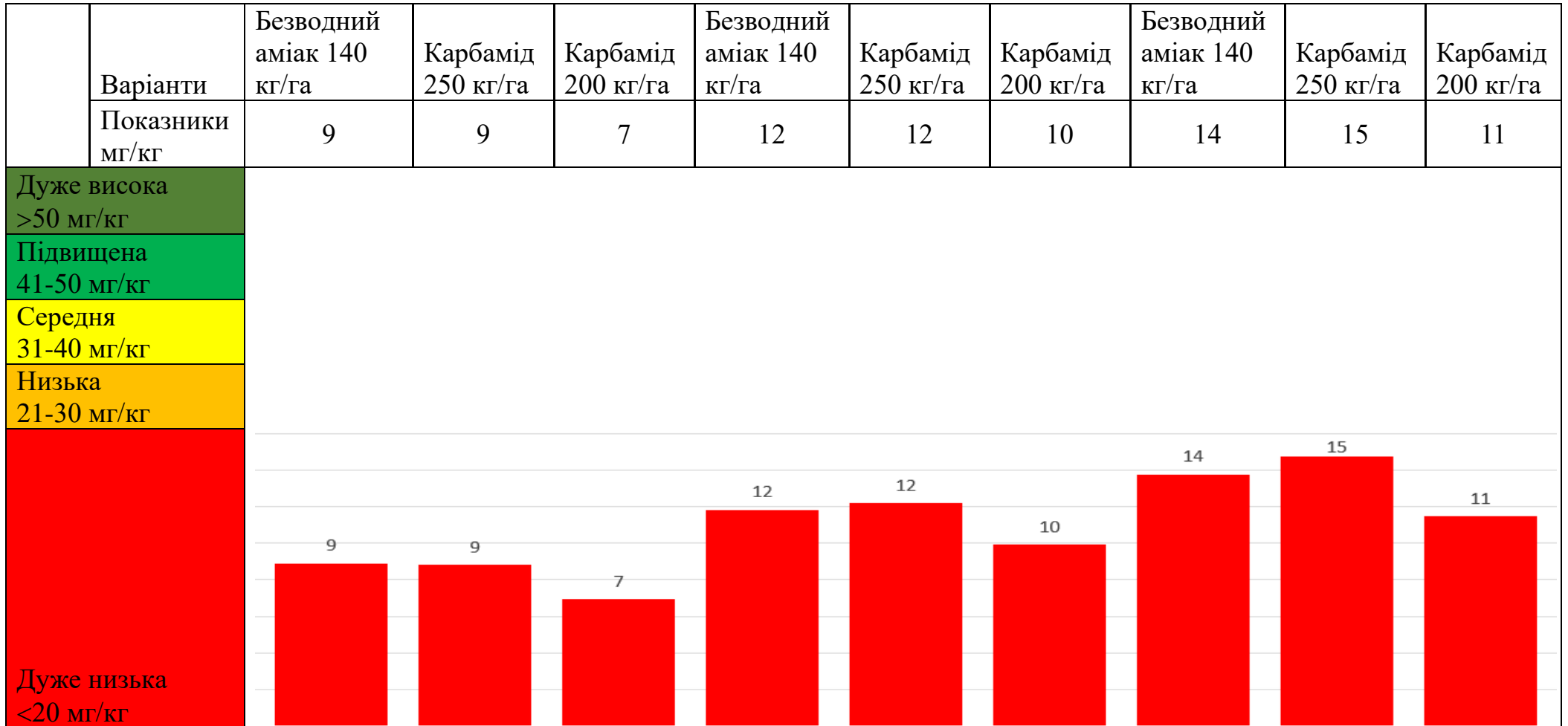
Вміст калію в ґрунті знизився на 85-90% в порівнянні з показниками на початкових етапах вегетації, що свідчить про високий рівень його споживання кукурудзою. Калій є ключовим елементом для регуляції водного балансу, посилення стійкості до стресів та сприяє транспорту речовин у рослині. Потреба в калію зростає особливо в період формування і наливу зерна, оскільки цей елемент підтримує синтез вуглеводів і їхнє переміщення до качанів.

Таким чином, аналіз залишкового вмісту поживних елементів в ґрунті за кінцевий етап вегетації ВВСН 87-89 допомагає зрозуміти ефективність засвоєння поживних елементів та їх вплив врожайність і якість зерна кукурудзи.

Таблиця 3.7

№	Зони	Низького забезпечення	Середнього забезпечення	Високого забезпечення
---	------	-----------------------	-------------------------	-----------------------

Вміст мінерального азоту ($N-NH_3 + N-NH_4$) в ґрунті на етапі вегетації ВВСН 87-89 (08.09.2024 р)

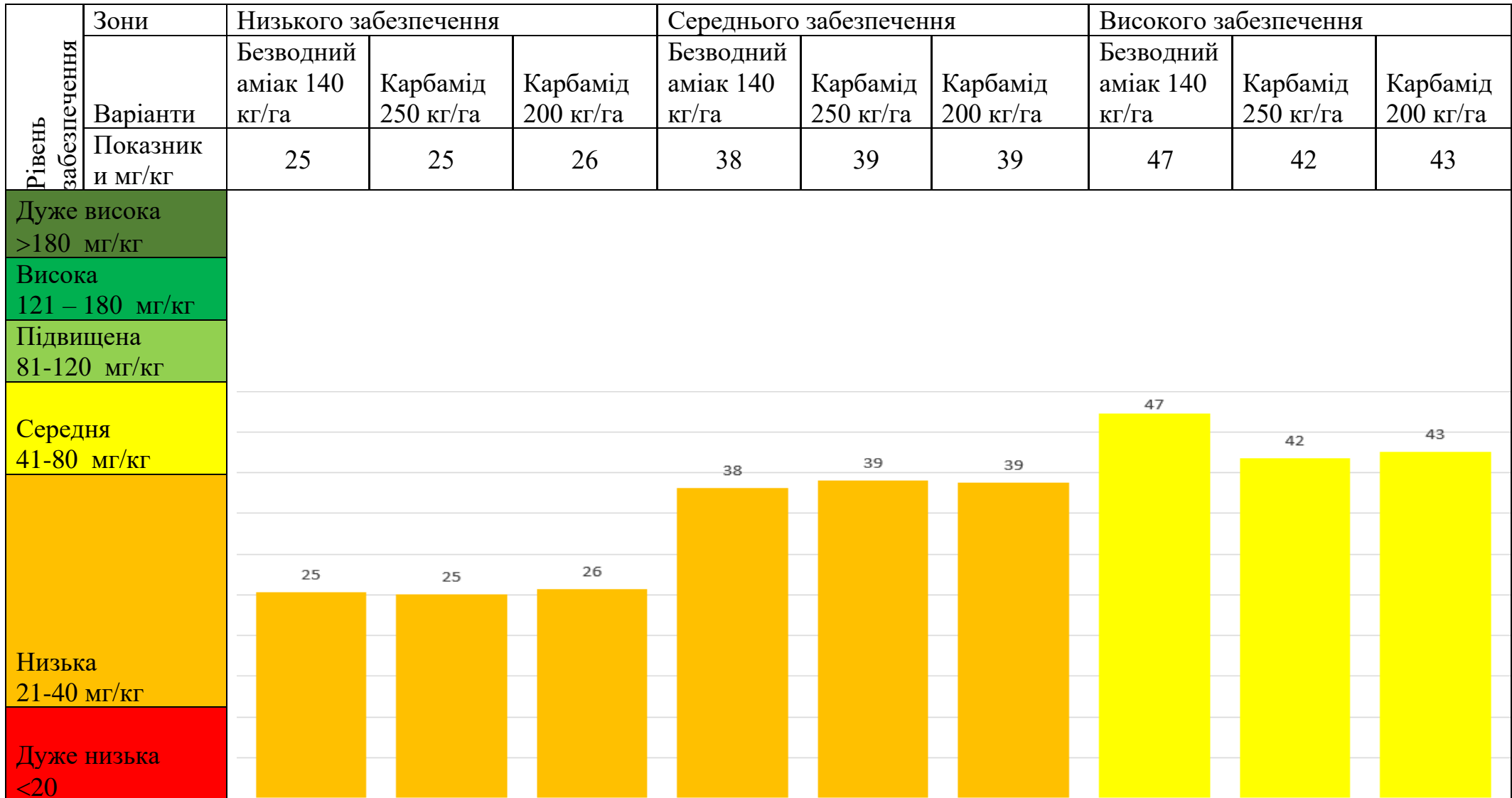


Таблиця 3.8

Вміст фосфору (P_2O_5) в ґрунті на етапі вегетації ВВСН 87-89 (08.09.2024 р)

Рівень забезпечення	Зони	Низького забезпечення			Середнього забезпечення			Високого забезпечення		
	Варіанти	Безводний аміак 140 кг/га	Карбамід 250 кг/га	Карбамід 200 кг/га	Безводний аміак 140 кг/га	Карбамід 250 кг/га	Карбамід 200 кг/га	Безводний аміак 140 кг/га	Карбамід 250 кг/га	Карбамід 200 кг/га
	Показники мг/кг	63	60	59	63	64	57	62	66	65
Дуже висока >200 мг/кг										
Висока 151-200 мг/кг										
Підвищена 101-150 мг/кг										
Середня 51-100 мг/кг										
Низька 21-50 мг/кг										
Дуже низька <20 мг/кг										

Таблиця 3.9



Вміст калій (K_2O) в ґрунті на етапі вегетації ВВСН 87-89 (08.09.2024 р)

3.2 Вміст поживних елементів в рослинах кукурудзи за використання різних видів та норм азотних добрив в різних зонах поля

Відбір рослинних зразків кукурудзи вимагає дотримання спеціальних умов для забезпечення репрезентативності результатів, що є важливим для точного оцінювання стану живлення рослин. Відбір проводився в суху погоду, на кожній досліджуваній ділянці по 10 рослинних зразків (листок біля качана) в діагональному напрямку. Зрізані листки обережно очищали від пилу та бруду, маркували та готували до аналізів. Зберігали в темних та сухих умовах. Також на кожній дослідній ділянці, відбиралося по одному качану з рослини, для визначення якісних показників зерна кукурудзи (табл. 4.3).

Проведений аналіз рослин на вміст поживних елементів у різних зонах забезпечення ґрунту елементами живлення за етапи вегетації ВВСН 51-53, ВВСН 87-89 (табл. 3.10), свідчить, що ділянки на яких вносився безводний аміак у нормі 140 кг/га демонструють вищі показники вмісту поживних елементів в рослинах в порівнянні з іншими варіантами, на ділянках де вносився карбамід у нормі 250 кг/га спостерігався вищий вміст поживних елементів, ніж варіанти з карбамідом у нормі 200 кг/га, проте поступається безводному аміаку, ділянки де вносився карбамід у нормі 200 кг/га демонструють найменшу ефективність у всіх зонах забезпечення. Отже, безводний аміак у нормі 140 кг/га був найбільш ефективним варіантом для всіх зон забезпечення на етапі вегетації ВВСН 51-53.

Проаналізувавши хімічний склад рослин на вміст поживних елементів на кінцевих етапах вегетації ВВСН 87-89, можна зробити висновки, що найвищі показники вмісту поживних елементів в рослинах спостерігалися в зоні високого забезпечення ґрунту, особливо на варіантах де вносили безводний аміак у нормі 140 кг/га, що вказує на його кращу ефективність у порівнянні з карбамідом. Це також підкреслює значення зонального підходу до внесення добрив, що дозволяє оптимізувати живлення кукурудзи. Загалом, безводний аміак показав стабільну ефективність для підтримки поживного балансу в

кукурудзі на всіх етапах, а зона високого забезпечення сприяла максимальному засвоєнню поживних елементів.

Таблиця 3.10

Динаміка вмісту поживних елементів в рослинах кукурудзи гібрид Р-9889 (в % на суху речовину) за етапи вегетації ВВСН 51-53 - ВВСН 87-89, мг/кг

Зона поля	Варіанти	ВВСН 51-53			ВВСН 87-89		
		N	P	K	N	P	K
Низького забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	6,97	0,96	1,47	5,18	1,37	0,88
	Карбамід 250 кг/га	6,62	0,88	1,25	5,15	1,25	0,75
	Карбамід 200 кг/га	5,96	0,92	1,13	5,09	1,31	0,68
Середнього забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	7,19	1,08	1,63	5,20	1,54	0,98
	Карбамід 250 кг/га	6,8	0,96	1,38	5,16	1,37	0,83
	Карбамід 200 кг/га	6,06	1	1,26	5,10	1,43	0,75
Високого забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	7,41	1,2	1,79	5,22	1,71	1,08
	Карбамід 250 кг/га	6,98	1,04	1,57	5,18	1,48	0,94
	Карбамід 200 кг/га	6,17	1,12	1,38	5,11	1,60	0,83

3.3 Біометричні показники рослин кукурудзи за використання різних видів та норм азотних добрив в різних зонах поля

Систематичний моніторинг біометричних показників дозволяє простежити, як рослина реагує на внесені добрива на різних етапах розвитку. Це дозволяє визначити, чи забезпечує обрана норма та вид добрив належний рівень росту та розвитку.

Біометричні показники, такі як висота, діаметр стебла та площа листкової поверхні, можуть вказувати на нестачу або надлишок певних поживних елементів в рослині. Наприклад, зменшення росту та відставання в розвитку може сигналізувати про дефіцит елементів живлення, таких як азот, тоді як надмірне накопичення біомаси може вказувати на його надлишок.

Біометричні показники рослин дають можливість прогнозувати потенціал урожайності кукурудзи ще до збору врожаю. Регулярний моніторинг площі листкової поверхні та кількості листків допомагає зрозуміти рівень фотосинтетичної активності, а отже, й потенційну продуктивність рослин.

Періодичний аналіз біометричних показників дозволяє оперативно реагувати на зміни у стані рослин, що можуть бути спричинені несприятливими погодними умовами. Змінюючи програму підживлення, ми компенсуємо вплив стресових факторів і підтримуємо оптимальний ріст кукурудзи.

Отже, регулярне вимірювання біометричних показників протягом вегетації у поєднанні з інформацією про систему живлення дозволяє оптимізувати агротехнічні рішення та максимально покращити ефективність застосування добрив.

Таблиця 3.11

Біометричні показники рослин кукурудзи в макростадії ВВСН 13-15 в різних зонах забезпечення, 2024 р

Зона поля	Варіанти	Висота, см	Довжина міжвузля, см	Діаметр стебла	Маса надземної частини, г	Кількість листіків, шт/роsl.	Площа листякової поверхні, см ²
Низького забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	73	7,1	1,9	446	7	4620
	Карбамід 250 кг/га	74	7,2	2,0	452	7	4623
	Карбамід 200 кг/га	71	6,9	1,9	432	7	4607
Середнього забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	75	7,8	2,1	491	7	4789
	Карбамід 250 кг/га	76	8,1	2,1	492	7	4793
	Карбамід 200 кг/га	74	7,6	2,1	466	7	4752
Високого забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	78	8,9	2,1	492	7	4876
	Карбамід 250 кг/га	79	9,2	2,1	501	7	4896
	Карбамід 200 кг/га	76	8,8	2,0	472	7	4869

Таблиця 3.12

Біометричні показники рослин кукурудзи в макростадії ВВСН 51-53 в різних зонах забезпечення, 2024 р

Зона поля	Варіанти	Висота, см	Довжина міжвузля, см	Діаметр стебла	Маса надземної частини, г	Кількість листіків, шт/росл.	Площа листяної поверхні, см ²
Низького забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	286	12	3,1	1031	11	10889
	Карбамід 250 кг/га	286	12	3,1	1035	11	10879
	Карбамід 200 кг/га	283	11	3,1	1028	10	10865
Середнього забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	288	12	3,2	1064	12	10990
	Карбамід 250 кг/га	289	12	3,2	1073	12	10994
	Карбамід 200 кг/га	286	12	3,1	1066	11	10879
Високого забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	291	12	3,2	1086	13	10988
	Карбамід 250 кг/га	292	12	3,3	1098	13	10985
	Карбамід 200 кг/га	288	12	3,2	1081	12	10966

Таблиця 3.13

Біометричні показники рослин кукурудзи в макростадії ВВСН 87-89 в різних зонах забезпечення, 2024 р

Зона поля	Варіанти	Висота, см	Довжина міжвузля, см	Діаметр стебла	Маса надземної частини, г	Кількість листіків, шт/роsl.	Кількість качанів, шт/роsl.	Площа листяної поверхні, см ²
Низького забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	296	21	3,7	1248	12	2	13752
	Карбамід 250 кг/га	297	22	3,7	1259	13	2	13756
	Карбамід 200 кг/га	296	21	3,7	1241	12	2	13732
Середнього забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	297	22	3,8	1261	13	2	13798
	Карбамід 250 кг/га	298	22	3,8	1271	14	2	13812
	Карбамід 200 кг/га	296	22	3,7	1258	13	2	13768
Високого забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	303	22	3,9	1293	14	2	14021
	Карбамід 250 кг/га	304	23	3,9	1294	14	2	14030
	Карбамід 200 кг/га	300	22	3,8	1288	14	2	13998

Аналізуючи біометричні показники кукурудзи (табл. 3.11-3.13) на різних етапах вегетації (ВВСН 13-15; ВВСН 51-53; ВВСН 87-89), спостерігається суттєвий вплив різних варіантів добрив і рівнів забезпечення ґрунту на ріст та розвиток рослин кукурудзи. Досліджувались різні варіанти та норми азотних добрив: безводний аміак 140 кг/га, карбамід 200 кг/га, карбамід 250 кг/га.

У фазі вегетації ВВСН 13-15 всі біометричні показники залежали від зони забезпечення поживними елементами, чим вища забезпеченість зони тим закономірно вищі показники, такі як висота рослин коливалася в межах 71-79 см, найвищі значення були отримані на варіантах внесення карбаміду у нормі 250 кг/га, дещо нижчі показники були в безводного аміаку, найнижчі показники спостерігалися на варіантах де вносили карбамід у нормі 200 кг/га. Відповідно показник довжини міжвузля був максимальним в зоні високого забезпечення ґрунту і на варіантах внесення карбаміду 250 кг/га (8,8-9,2 см), а найменші показники у зоні низького забезпечення (6,9-7,2 см) і на варіантах де вносили карбамід у нормі 200 кг/га. Маса надземної частини коливалася в залежності від зони забезпечення і була в межах 432-501 г. Кількість листків на всіх зонах була однаковою. Площа листової поверхні залежала від зони забезпечення, чим вищий рівень родючості тим вищі показники площі листової поверхні, максимальні значення були отримані на варіантах внесення карбаміду у нормі 250 кг/га.

У мікрофазу вегетації ВВСН 51-53 показники біометрії рослин кукурудзи коливалися залежно від зони забезпечення поживними елементами, показник висоти рослин був в межах 283-292 см, найвищі значення отримані на варіантах із внесення карбаміду у нормі 250 кг/га, дещо нижчі показники були за внесення безводного аміаку, найнижчі показники були на варіантах де вносили карбамід у нормі 200 кг/га. Показники довжини міжвузля були в межах 11-12 см і особливо не залежали від зони забезпечення. Маса надземної частини коливалася в залежності від зони забезпечення і була в межах 1028-1098 г. Кількість листків залежала від зони забезпечення і коливалася в межах 10-13

листоків, найвищі значення були отримані на варіантах внесення карбаміду у нормі 250 кг/га. Площа листової поверхні залежала від зони забезпечення,

найвищі значення були отримані на варіантах внесення карбаміду у нормі 250 кг/га.

У мікрофазу вегетації ВВСН 87-89 всі біометричні показники варіювалися залежно від зони забезпечення, чим вища забезпеченість зони елементами живлення тим вищі біометричні показники, висоти рослин знаходилась в межах 296-304 см, найвищі значення отримані на варіантах із внесення карбаміду у нормі 250 кг/га, дещо нижчі показники були в безводного аміаку, найнижчі значення були в карбаміду у нормі 200 кг/га. Показники довжини міжвузля були в межах 21-22 см і особливо не залежали від зони забезпечення. Маса надземної частини коливалася в залежності від зони забезпечення і була в межах 1241-1294 г. Кількість листків значно коливалася в межах 12-14 листків і залежала від зони забезпечення, найвищі значення були отримані на варіантах внесення карбаміду у нормі 250 кг/га. Площа листкової поверхні залежала від зони забезпечення, найвищі значення були визначені на варіантах внесення карбаміду у нормі 250 кг/га. Кількість качанів 2 шт/рослину була стабільною для всіх варіантів внесення азотних добрив та зон забезпечення.

На всіх етапах вегетації найвищі показники були отримані за застосування карбаміду 250 кг/га, тоді як найнижчі – за внесення карбаміду 200 кг/га. Безводний аміак 140 кг/га забезпечував проміжні результати.

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ УРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ В РІЗНИХ ЗОНАХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Вплив на формування структурних елементів врожаю кукурудзи гібриду Р-9889 різних видів та норм азотних добрив в різних зонах поля

Структурні елементи врожаю рослин кукурудзи залежать від багатьох факторів, насамперед від зони забезпечення поживними елементами.

У зоні низького забезпечення спостерігаються помітно нижчі значення в порівнянні з іншими зонами, таких показників структури врожаю як: довжина та діаметр качана, кількість рядів зерен в качані, кількість зерен в ряду, маса зерна з одного качана, маса 1000 зерен. Причиною цьому може бути менша низький фон поля в порівнянні з іншими зонами, що певною мірою обмежило розвиток та формування качанів. Через менший вміст азоту сформувалася менша кількість зерен в ряді, також була помітно менша маса 1000 зерен в порівнянні з іншими зонами забезпечення, що значно вплинуло на врожайність.

У середньо забезпечених зонах показники структури врожаю знаходяться в оптимальних значеннях, завдяки більшій забезпеченості вмісту поживних елементів в порівнянні з низькою зоною забезпечення, рослина отримує достатньо поживних елементів для розвитку та формування качанів, спостерігається оптимальне нарощування зерен у рядках, також збільшення маси зерен з качана та маси 1000 зерен.

Зона високого забезпечення демонструє максимальний потенціал гібриду кукурудзи Р-9889, саме в цій зоні було отримано найвищі показники структури врожаю в порівнянні з іншими зонами поля. Причиною цьому може бути висока забезпеченість поживними елементами в ґрунті відповідно до інших локацій, що забезпечило максимальний розвиток та формування качанів, що забезпечило максимальну врожайність.

Аналіз впливу різних зон забезпечення на формування структурних елементів врожаю (табл. 4.1) кукурудзи гібриду Р-9889 показав відповідно довжина качана помітно варіювалася залежно від зони забезпечення, на низькій зоні забезпечення довжина в середньому становила від 16,7 см (карбамід 250 кг/га) до 18,2 см (безводний аміак 140 кг/га), у середній зоні забезпечення довжина зросла до 18,5 см (карбамід 250 кг/га), у зоні високого забезпечення спостерігалися найбільша довжина качанів до 20 см (карбамід 250 кг/га). Діаметр качана також варіювався залежно від зони забезпечення, на низьких та середніх фонах коливався в межах 2,5-2,8 см, на високих фонах становив 2,8 см. У всіх зонах забезпечення найвищі показники спостерігалися в варіанті з карбамідом 250 кг/га. Кількість рядів зерна на качані в зоні низького та середнього забезпечення становила 16, незалежно від типу та норми добрива. У зоні високого забезпечення відзначено збільшення кількості рядів до 19 (при внесенні карбаміду 250 кг/га). Кількість зерен в ряду змінювалася залежно від зон забезпечення, на низькій зоні забезпечення кількість зерен в середньому становила від 35 (карбамід 250 кг/га) до 40 (карбамід 200 кг/га), на середній зоні забезпечення кількість незначно зросла до 42 (карбамід 250 кг/га), у зоні високого забезпечення спостерігалася найбільша кількість зерен 43 (при внесенні карбамід 250 кг/га та безводний аміак 140 кг/га).

Загальна кількість насінин змінювалися по зонах забезпечення, найменша була у зоні низького забезпечення при внесенні карбаміду 250 кг/га 564 шт. У середній зоні незначне коливання 643-675, у зоні високого забезпечення значне коливання показників від 644 шт (карбамід 200 кг/га) до 821 шт (карбамід 250 кг/га). Маса зерен з 1 качана в зоні низького забезпечення коливалася 202 г до 228 г. У зоні високого та середнього забезпечення показники маси зерен зросли до 257-259 (карбаміду 250 кг/га). Маса 1000 насінин в зоні низького забезпечення коливалася 337 г до 373 г. У зоні високого та середнього забезпечення показники маси 1000 зерен зросли до 413-424 (карбаміду 250 кг/га).

Таблиця 4.1

Структура врожаю рослин кукурудзи на зерно гібрид Р-9889 в різних зонах забезпечення, 2024 р

Зона поля	Варіанти	Показники							
		Довжина качана, см	Діаметр качана, см	Кількість рядів, шт	Кількість зерен в ряду, шт	Кількість насінин, шт	Маса качана без зерна, г	Маса зерен з 1 качана, г	Маса 1000 насінин, г
Низького забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	18,2	2,5	16	39	625	35,33	212	337
	Карбамід 250 кг/га	16,7	2,8	16	35	564	27,14	202	351
	Карбамід 200 кг/га	18,1	2,7	16	40	642	32,32	228	373
Середнього забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	18,4	2,6	16	40	643	35,94	241	413
	Карбамід 250 кг/га	18,5	2,8	16	42	675	30,38	243	355
	Карбамід 200 кг/га	18,2	2,7	16	40	643	36,68	234	398
Високого забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	18,4	2,7	18	43	775	35,31	257	386
	Карбамід 250 кг/га	20,0	2,8	19	43	821	38,76	259	424
	Карбамід 200 кг/га	19,0	2,8	16	40	644	39,42	257	379

4.2 Вплив різних видів та норм азотних добрив на приріст врожайності на різних зонах поля

Аналіз впливу різних видів та норм азотних добрив на приріст врожайності (табл. 4.2 та рис. 4.1) кукурудзи на зерно гібриду Р-9889 на різних зонах забезпечення показав що:

Різні зони забезпечення поживними елементами мають суттєвий вплив на ефективність добрив. У зоні низького забезпечення застосування карбаміду у нормі 200 кг/га забезпечує менший приріст врожайності в порівнянні з варіантами де вносили безводний аміак 140 кг/га та 250 кг/га. Варіанти де вносився карбамід у нормі 250 кг/га показали найвищі показники врожайності.

В умовах середнього забезпечення варіанти де вносився безводний аміак у нормі 140 кг/га спостерігалися нижчі показники приросту врожайності порівняно з іншими варіантами. Карбамід у нормі 200 кг/га забезпечує кращі показники приросту врожайності в порівнянні з безводним аміаком. Найвищі показники приросту врожайності в зоні середнього забезпечення було досягнуто за внесення карбаміду 250 кг/га.

У високозабезпеченій зоні поля найбільший приріст врожайності серед всіх варіантів удобрення досягається за внесення карбаміду у нормі 250 кг/га, саме цей варіант удобрення забезпечує найбільшу ефективність і дозволяє максимально реалізувати потенціал врожайності гібриду кукурудзи Р-9889.

Варіанти де вносився безводний аміак у нормі 140 кг/га та карбамід 200 кг/га також забезпечили приріст до врожайності на зоні високого забезпечення, але значно менший ніж варіант де вносився карбамід у нормі 250 кг/га.

Отже, визначено, що ділянки де вносився карбамід у нормі 250 кг/га показали найбільшу ефективність та приріст врожайності на всіх зонах забезпечення в порівнянні з іншими варіантами, такими як безводний аміак у нормі 140 кг/га та карбамід у нормі 200 кг/га, які в свою чергу забезпечили хороші результати але значно нижчі.

Таблиця 4.2

Порівняння приросту врожаю рослин кукурудзи на зерно Р-9889 в різних зонах забезпечення, 2024 р

Зона поля	Варіанти	Урожайність, т/га	Приріст урожаю в порівнянні з:			
			низькою зоною забезпечення		середньою зоною забезпечення	
			т/га	%	т/га	%
Низького забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	9,4	0,0	0,0	-0,2	-2,1
	Карбамід 250 кг/га	9,5	0,0	0,0	-1,0	-9,5
	Карбамід 200 кг/га	9,2	0,0	0,0	-0,5	-5,2
Середнього забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	9,6	0,2	2,0	0,0	0,0
	Карбамід 250 кг/га	10,5	1,0	11,0	0,0	0,0
	Карбамід 200 кг/га	9,7	0,5	5,0	0,0	0,0
Високого забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	10,3	0,6	7,0	0,7	4,7
	Карбамід 250 кг/га	11,1	2,1	22,0	0,6	10,5
	Карбамід 200 кг/га	10,1	0,7	8,0	0,4	2,1

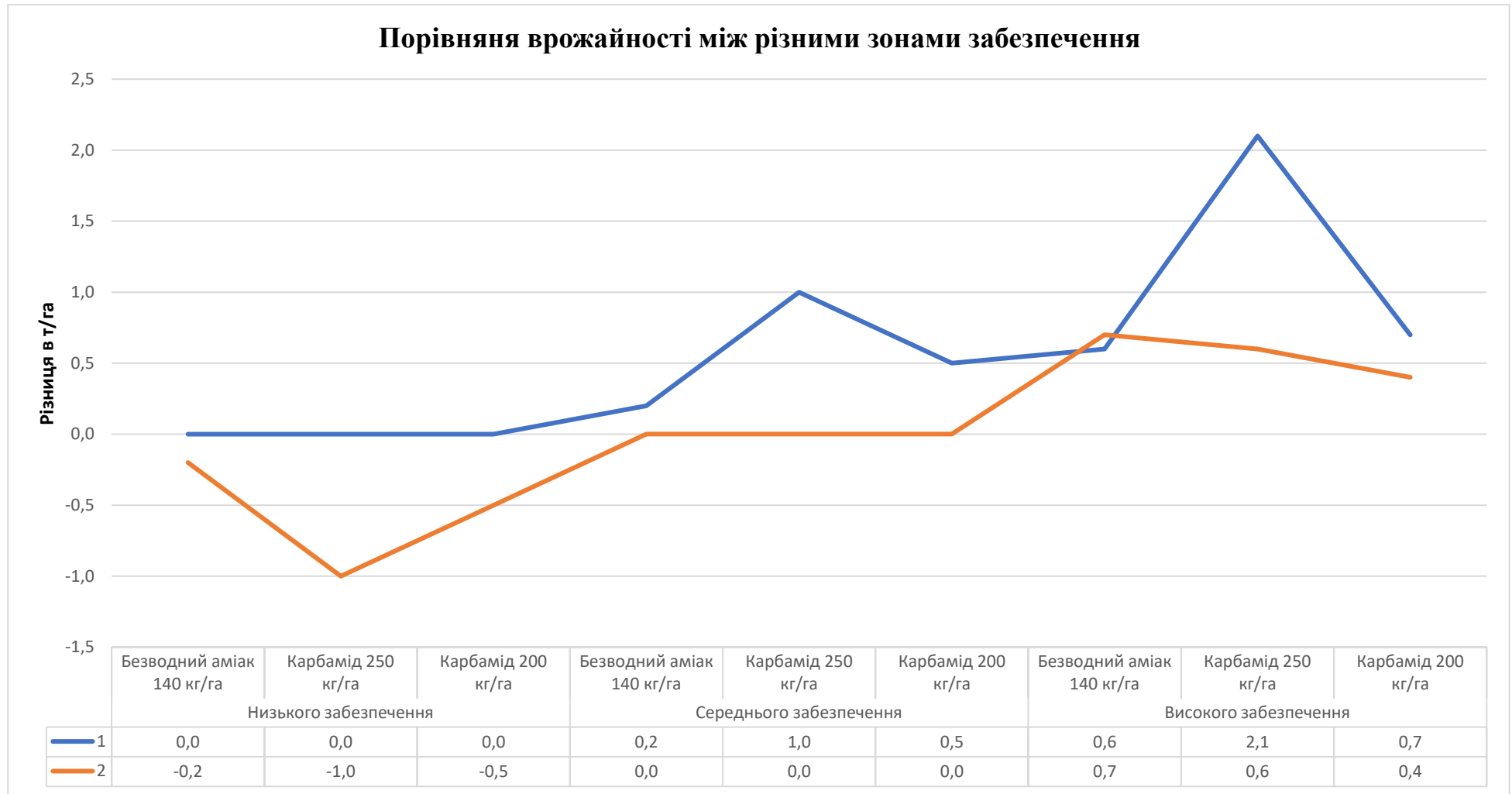


Рис. 4.1 Порівняння врожайності між різними зонами забезпечення

4.3 Вплив азотних добрив на показники якості зерна у низькій, середній та високій зонах забезпечення елементами живлення

Аналіз впливу різних видів та норм азотних добрив на якість зерна кукурудзи гібриду Р-9889 на різних зонах забезпечення показав, що азотні добрива сприяють покращенню ключових показників якості зерна, таких як вміст білка, крохмалю та олії (табл. 4.3).

У зоні низького забезпечення спостерігався слабший вплив азотних добрив на якість через низький вміст поживних елементів у ґрунті. У випадку де вносився карбамід у нормі 200 кг/га та 250 кг/га визначено вищий вміст крохмалю в порівнянні з безводним аміаком. Найвищий вміст білку серед всіх варіантів забезпечило внесення безводного аміаку у нормі 140 кг/га.

Показник вмісту олії майже не змінюється за різних видів та норм азотних добрив та зон забезпечення, та коливається в межах 3,6-3,7%.

У середньо забезпеченій зоні спостерігається контрастніше покращення якості зерна. Варіанти де вносився карбамід у нормі 200 кг/га та 250 кг/га показники вмісту крохмалю дещо нижчі в порівнянні з низькою зоною забезпечення, але помітно збільшується вміст білку. Безводний аміак показує вищі показники вмісту білка, але поступається за показниками вмісту крохмалю карбаміду. Значення вмісту олії змінюється в залежності від типу добрива, варіюючись від 3,5% до 3,7%. Найменший показник в карбаміду 250 кг/га.

У зоні високого забезпечення ґрунт добре насичений поживними речовинами, що дозволяє повною мірою реалізувати потенціал азотних добрив. В варіантах карбаміду у нормі 200 кг/га та 250 кг/га показники вмісту крохмалю дещо нижчі в порівнянні з низькою зоною забезпечення, але помітно збільшується вміст білку. Показники вмісту білка в безводного аміаку дещо нижчі в порівнянні з середньої зоною забезпечення і за показниками вмісту крохмалю поступається карбаміду. Значення вмісту олії майже не змінюється в залежності від зони забезпечення та типу добрива, варіюючись від 3,6% до

3,7%. Це свідчить про те, що рівень забезпечення азотом та вид добрива мають незначний вплив на цей показник.

Таблиця 4.3

**Якісні показники зерна кукурудзи гібриду Р-9889 в різних зонах
забезпечення, 2024 р**

Зона поля	Варіанти	Якісні показники зерна			
		Вміст олії, %	Вміст білку, %	Вміст вологи, %	Крохмаль, %
Низького забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	3,7	8,5	14,7	72,6
	Карбамід 250 кг/га	3,6	7,4	13,9	73,3
	Карбамід 200 кг/га	3,6	7,6	15,3	73,1
Середнього забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	3,7	9,3	14,1	71,9
	Карбамід 250 кг/га	3,5	8,4	12,8	72,7
	Карбамід 200 кг/га	3,7	8,6	14,2	72,3
Високого забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	3,6	8,7	12,9	72,4
	Карбамід 250 кг/га	3,6	8,5	14,1	72,7
	Карбамід 200 кг/га	3,7	8,0	14,9	73,2

Залежно від зони забезпечення коливається вміст крохмалю, дослідження показало що в зоні низького забезпечення вміст крохмалю вищий і зменшується в середній та високій зонах забезпечення. Найвищі показники вмісту даного показника був в середній зоні забезпечення.

Застосування різних форм і норм азотних добрив має різний вплив на якість зерна. Безводний аміак позитивно впливає на вміст білка в зерні, що може бути важливим для підвищення харчової цінності продукту. Карбамід сприяє підвищенню вмісту крохмалю, що може покращити його енергетичну цінність.

Таким чином, вибір добрив залежить від цілей виробництва, тому якщо важливий вміст білка, рекомендується використовувати безводний аміак, а для підвищення вмісту крохмалю – карбамід.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОБРЕННЯ КУКУРУДЗИ РІЗНИМИ ВИДАМИ ТА НОРМАМИ АЗОТНИХ ДОБРИВ НА РІЗНИХ ЗОНАХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Ціна добрив є одним із ключових факторів, які впливають на вибір варіанту азотного живлення. У нашому дослідженні розглядаються два види азотних добрив – безводний аміак у нормі 140 кг/га та карбамід у двох різних нормах 200 кг/га та 250 кг/га. Також слід зауважити, що дані добрива мають різну ціну і ефективність залежно від умов застосування та рівня забезпечення ґрунту поживними елементами.

Безводний аміак є одним із самих дешевших азотних добрив на ринку, оскільки має низьку собівартість на одиницю азоту. Ціна безводного аміаку в 2024 році становить 8500 грн/т, витрати на 1 га значно нижчі у порівнянні з карбамідом, що робить його привабливим для господарств, які прагнуть знизити витрати на добрива. Безводний аміак забезпечує швидке надходження азоту, що добре підходить для стартового росту рослин, особливо за умов достатньої вологості ґрунту. В різних зонах забезпечення такий варіант забезпечує стійкий результат, хоча його ефективність поступається карбаміду у випадках, коли потрібно підтримувати рівень азоту протягом всього вегетаційного періоду.

Основною перевагою безводного аміаку є його низька ціна. Однак, має свої недоліки, пов'язані з високою летючістю, що потребує точного і швидкого внесення для зменшення втрат азоту при внесенні. Також для внесення безводного аміаку потребується додаткове обладнання, що ускладнює процес внесення та збільшує витрати.

Карбамід є значно дорожчим добривом, ціна в 2024 році становить в середньому 21500 грн/т, значно вищі витрати на 1 га в порівнянні з безводним аміаком і вимагає більшої норми для досягнення максимальної ефективності. За норми внесення 250 кг/га витрати на добриво значно зростають, однак, це повністю компенсується збільшенням врожайності. Карбамід ефективно забезпечує ґрунт азотом, особливо в умовах, коли потрібне тривале

забезпечення рослин цим елементом протягом вегетаційного періоду. Карбамід володіє довгостроковою дією, після внесення амідна форма азоту розкладається і поступово переходять в амонійну форму NH_4^+ , з часом амонійна форма перетвориться на нітратну форму NO_3^- , що робить його ефективним на різних зонах забезпечення.

Основною перевагою карбаміду є рівномірне вивільнення азоту протягом вегетаційного періоду культури, що сприяє ефективному та тривалому живленню рослин кукурудзи. Головним недоліком карбаміду є висока ціна, а також можливі втрати азоту через випаровування при поверхневому внесенні.

Таблиця 5.1

Економічна ефективність застосування добрив на різних рівнях забезпечення

Зона поля	Варіанти	Урожайність т/га	Ціна продукції грн/т	Валовий прибуток грн	Виробничі витрати грн/га	Витрата на добрива грн/га	Собівартість грн	Чистий прибуток грн/га	Рентабельність %
Низького забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	9,4	6700	62980	21 771	1190	2443	40 019	64
	Карбамід 250 кг/га	9,5	6700	63650	21 771	5350	2855	36 529	57
	Карбамід 200 кг/га	9,2	6700	61640	21 771	4280	2832	35 589	58
Середнього забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	9,6	6700	64320	21 771	1190	2392	41 359	64
	Карбамід 250 кг/га	10,5	6700	70350	21 771	5350	2583	43 229	61
	Карбамід 200 кг/га	9,7	6700	64990	21 771	4280	2686	38 939	60
Високого забезпечення	Безводний аміак 140 кг/га	10,3	6700	69010	21 771	1190	2229	46 049	67
	Карбамід 250 кг/га	11,1	6700	74370	21 771	5350	2443	47 249	64
	Карбамід 200 кг/га	10,1	6700	67670	21 771	4280	2579	41 619	62

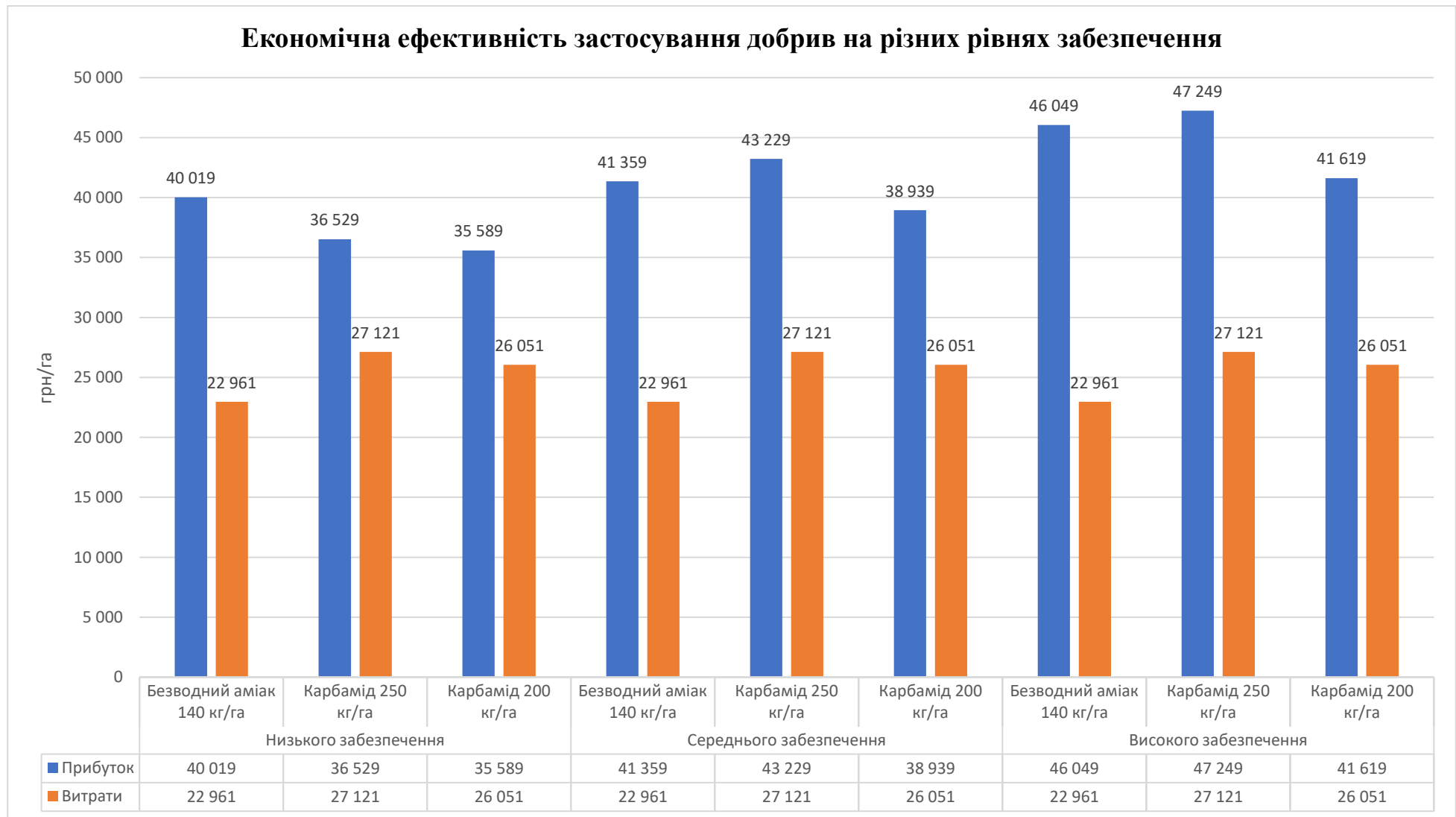


Рис. 5.1 Економічна ефективність застосування добрив на різних рівнях забезпечення

На основі отриманих результатів (табл. 5.1 та рис. 5.1) визначено щодо економічної ефективності застосування різних видів та норм азотних добрив на різних рівнях забезпечення ґрунту.

За низького рівня забезпечення та внесення безводного аміаку у нормі 140 кг/га витрати на виробництво становили 21771 грн/га, собівартість склала 2443 грн, а витрати на добрива – 1190 грн/га. Це забезпечило чистий прибуток 40019 грн/га, рентабельність складає 64 %. На варіантах де вносився карбамід у нормі 250 кг/га витрати на добрива зростають до 5350 грн/га, що підвищує собівартість до 2855 грн. Чистий прибуток склав 36529 грн/га, що дещо вище ніж за внесення безводного аміаку, а рентабельність склала 57%, що нижче ніж за внесення останнього. За умови внесення карбамід у нормі 200 кг/га витрати на добрива склали 4280 грн/га, собівартість незначною мірою нижча ніж за внесення карбаміду 250 кг/га і становить 2832 грн, але чистий прибуток менший і складає 35589 грн/га, при цьому рентабельність вища ніж при внесенні карбаміду 250 кг/га і нижча ніж у безводного аміаку і становить 58%. Отже, на низькому рівні забезпечення найбільшу врожайність і чистий прибуток забезпечив карбамід 250 кг/га, хоч його рентабельність дещо нижча порівняно із безводним аміаком через вищі витрати.

За середньо забезпеченої зони використання безводного аміаку у нормі 140 кг/га витрати на добрива залишаються на рівні 1190 грн/га, а собівартість становить 2392 грн. Це забезпечує чистий прибуток 41359 грн/га та задовільну рентабельність 64 %. На варіантах, де застосовували карбамід у нормі 250 кг/га витрати на добрива становлять 5350 грн/га, собівартість – 2583 грн. Чистий прибуток склав 43229 грн/га, що дещо вищий ніж за внесення безводного аміаку, а рентабельність склала 61%. На варіантах де вносили карбамід у нормі 200 кг/га витрати на добрива становлять 4280 грн/га, собівартість дещо вища ніж за внесення карбаміду 250 кг/га і становить 2686 грн, чистий прибуток менший і складає 38939 грн/га, при цьому рентабельність становить 60%. Отже, на середньому рівні забезпечення найвищий економічний результат склався за

внесення карбаміду 250 кг/га, що дозволило забезпечити максимальний чистий прибуток і врожайність.

За високого рівня забезпечення і внесення безводного аміаку у нормі 140 кг/га витрати на добрива були на рівні 1190 грн/га, а собівартість становить 2229 грн. Це забезпечує чистий прибуток 46049 грн/га та відміну рентабельність 67 %. На варіантах внесення карбаміду у нормі 250 кг/га витрати на добрива становлять 5350 грн/га, при цьому собівартість на високій зоні забезпечення становить 2443 грн/т. Чистий прибуток склав 47249 грн/га, що дещо вище порівняно із безводним аміаком, а рентабельність склала 64%. За внесення карбаміду у нормі 200 кг/га витрати на добрива склали 4280 грн/га, собівартість незначною мірою вища ніж за внесення карбаміду 250 кг/га і становить 2579 грн, але чистий прибуток менший і становить 41619 грн/га, рентабельність значно нижча ніж за внесенні карбаміду 250 кг/га і безводного аміаку та становить 62%. Отже, в зоні високого забезпечення найкращий економічний результат показав карбамід у нормі 250 кг/га – він забезпечив найвищу врожайність та чистий прибуток серед усіх варіантів.

Отже, безводний аміак у нормі 140 кг/га, як добриво підходить для господарств із обмеженим бюджетом, які прагнуть мінімізувати витрати на добрива. Він показує стабільні результати на різних рівнях забезпечення, але потребує точного внесення через летючість.

Карбамід у нормі 200 кг/га та 250 кг/га є оптимальним вибором для господарств, які готові інвестувати більше для досягнення максимальної врожайності. Він показує найвищу економічну ефективність на всіх рівнях забезпечення, особливо на середніх та високих проявляє максимальну ефективність, також є хорошим вибором для забезпечення довготривалого забезпечення культури азотом.

ВИСНОВОК

На основі проведених досліджень та отриманих даних було доведено суттєвий вплив різних видів та норм азотних добрив на вміст поживних елементів у ґрунті протягом вегетації, а також на процеси росту та розвитку рослин кукурудзи, врожайність та якість зерна кукурудзи. Зокрема, внесення карбаміду у нормі 250 кг/га сприяло ефективному забезпеченню ґрунту азотом на всіх етапах вегетації культури. Безводний аміак у нормі 140 кг/га також продемонстрував хорошу ефективність, але значно нижчу від карбаміду у нормі 250 кг/га.

Дослідження впливу добрив на біометричні показники рослин кукурудзи підтвердили, що внесення карбаміду 250 кг/га забезпечує кращий ріст та розвиток рослин, особливо на високо забезпечених зонах.

Аналіз структури врожаю показав, що на варіантах де вносили карбамід у нормі 250 кг/га були досягнуті найвищі показники врожайності та якості зерна, тоді як застосування карбаміду у нормі 200 кг/га забезпечило найнижчі результати.

Економічна оцінка залежить від бюджету господарства та агрохімічних умов поля. Безводний аміак є бюджетним рішенням, але карбамід у нормі 250 кг/га показує найвищу показники врожайності та чистого прибутку. Слід відмітити, що карбамід є значно дорожчим за безводний аміак, але він забезпечує рівномірне надходження азоту, що є важливим для стабільного росту та розвитку рослин на різних рівнях забезпечення, роблячи його кращим вибором для господарств, що прагнуть збільшити продуктивність культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аверчев О., Нікітенко М., Йосипенко І. Проблеми та перспективи відновлення аграрного сектору в післявоєнний період. Синергія науки і бізнесу у повоєнному відновленні Херсонщини: матеріали Міжнародної науковопрактичної конференції (ХНТУ, 26-28 квітня 2023 р.) у 2-х т.; Т. 2 / за ред. О.В. Чепелюк. – Одеса: Олді+, 2023. 406 с., С. 283–287. URL: https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789_8348 (дата звернення 24.02.2024).
2. Анішин Л. Біологічно-активні препарати // Сільський час. - 2004,- №5 (534). -С.4-6.
3. Анішин Л. Вітчизняні біологічно активні препарати просяться на поля України // Пропозиція. -2002. -№10. -С. 48- 50.
4. Анішин Л. Регулятори росту рослин: сумніви і факти // Пропозиція. - 2002. -№5. -С. 64 - 65.
5. Анішин Л. Технологічна дисципліна і здобутки вітчизняної науки захистять від пошкодних катаклізмів // Пропозиція. -2003. -№8-9. - С. 60 - 61.
6. Барабаш М, Круковська Г. Використання біологічних препаратів – крок до біологічного землеробства // Пропозиція. -2003. -№4. - С.65 - 66.
7. Векірчик К., Конончук О. Вплив регулятора росту Емістиму С на деякі фізіологічні процеси, ріст розвиток і продуктивність сої культурної в умовах Тернопільської області // Тези доповідей II Міжнародної конференції. -Львів: СПОЛОМ, 2004. -С. 137 – 138.
8. Герасименко С.М. Емістим С і Агростимулін – ефективні засоби передпосівної обробки насіння // Пропозиція. -2001. - № 8-9. С. 60.
9. Глотова І. Прямо в ціль: як працює та що дає аграріям точне землеробство. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/pramo-v-cil-ak-pracue-ta-so-dae-agrariam-tocne-zemlerobstvo/>
10. Гойчук А.Ф., Копитко П.Г., Грищаєнко З.М., Трифонова М.Ф., Господаренко Г.М. та ін. Біологічні та агроекологічні основи підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. / Біологічні науки і проблеми

рослинництва:36. Наук, праць УДАУ (спец, випуск, присвячений 160-річчю навчального закладу). - Умань, 2003. - С. 5-14.

11. Гончаренко С.І. Інноваційні ресурсозберігаючі технології як фактор підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка. 2017. Вип. 185. С. 131 - 142.

12. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П., Леонтюк І.Б., Голодрига О.В., Заболотний О.І. Біологічні процеси і продуктивність сільськогосподарських культур при застосуванні хімічних і біологічних препаратів на шляхи зменшення гербіцидного навантаження на зовнішнє середовище // Вчені Вищої школи України – селу: Праці.міжн. наук, конф., 5-7 липня, 2006 р. -Київ-Умань, 2006. -С.73-87.

13. Дем'янюк О.С., Шацман Д. О. Агроекологічна та економічна оцінка застосування ґрунтових і страхових гербіцидів при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Лівобережного Лісостепу України. Збалансоване природокористування. 2019. № 2. С. 57-64. Doi: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2019.184147>

14. Дзюбецький Б.В., Рибка В.С., Черчель В. Ю. [та ін.] Сучасні проблеми та економіко-енергетичні аспекти вирощування різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи в умовах Степу України. Хранение и переработка зерна. 2007. № 5. С. 14-17

15. Ільчук М. М., Коновал І. А. Прогнозування обсягів та економічної ефективності виробництва зерна кукурудзи в Україні. Біоресурси і природокористування. 2013. Т. 5. № 3-4. С. 137-146.

16. Ласло О. Впровадження технологій точного землеробства в Україні / О. Ласло // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2011. – №1 – С. 49 – 50.

17. Лихочвор В. Застосування регуляторів росту рослин (морфо- регуляторів, ретардантів) на посівах зернових культур // Пропозиція. - 2003. - №4. - С.56 - 57.

18. Мазильнікова Г.В., Шевченко І.О., Черемха Б.М. Вивчення ефективності дії біостимуляторів на донорно-акцепторні відносини у рослин // Елементи регуляції в рослинництві: 36. наук. пр. - К.: ВВП "Компас", 1998. - С. 32-38.
19. Методика польового дослід (Зрошуване землеробство): Навчальний посібник / [В.О. Ушкаренко, Р.А. Вожегова, С.П. Голобородько, С.В. Коковіхін]. – Херсон: Грінь Д.С., 2014. – 448 с.
20. Моргун В.В., Яворська В.К., Драгатов І.В. Проблема регуляторів росту у світі і її вирішення в Україні // Физиология и биохимия культурных растений. - 2002. - 34, №5. - С.371-375.
21. Морозов В.В., Лисогоров К.С, Шапоринська Н.М. Геоінформаційні системи в агросфері: навчальний посібник. Херсон: ХДУ, 2007. 223 с.
22. М.П. Малярчук, Д.І. Котельников, А.В. Щепель, Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно за різних способів обробітку ґрунту та удобрення в сівозміні на зрошенні, с. 44-45
23. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур: монографія / В. Ф. Камінський, В. Ф. Сайко, М. В. Душко, Н. М. Асанішвілі та ін. Київ: Вініченко, 2017. 580 с.
24. Одосій О. Яким був 2012-2013 маркетинговий рік для зернової галузі / О. Одосій. - К.: Держззовнішінформ, 2014. - С.12-14.
25. Офіційний сайт Raven. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ravenind.com/>
26. Офіційний сайт Trimble. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.trimble.com/>
27. Офіційний сайт Drone.UA. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://drone.ua/>
28. Офіційний сайт Precision Agriculture – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://preagri.com/index.htm>

29. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозбереженні технології вирощування гібридів кукурудзи: монографія. Дніпропетровськ: Арт-прес, 2009. 224 с.
30. Пастернак О. Перспективи кукурудзи в Україні / О. Пастернак // Агробізнес сьогодні. - К., 2015. - №7(230). - С. 24-29.
31. Пономаренко С.П. Регулятори росту рослин і життя без неврожаїв // Агробізнес сьогодні. - 2002 . - №2 (4). - С. 18 - 19.
32. Регулятори росту рослин - агротехнологія ХХІ сторіччя // Пропозиція. - 2002. - №1. - С.69.
33. Регулятори росту в рослинництві // Рекомендації по застосуванню.-К., 2007.-27 с.
34. Рекомендації по застосуванню регуляторів росту рослин у сільськогосподарському виробництві України. - К., 2001 р.
35. Рекомендації із застосування регуляторів росту рослин у сільськогосподарському виробництві. - К., 2004. - 32 с.
36. Роботи в полі: які задачі та за яких умов виконують інформаційні технології в агробізнесі. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/roboti-v-poliaki-zadaci-ta-za-akih-umov-vikonuut-informacijni-tehnologii-v-agrobiznesi>.
37. Салатенко В.Н., Зінченко О.І., Білоножко М.А. За ред. О.І.Зінченка /Рослинництво: Підручник.- К.: Аграрна освіта, 2003. - 591 с.
38. Сакало В.Д., Пономаренко С.П., Боровикова Г.С. // Регулятори росту рослин у землеробстві. - К.: Аграрна наука, 1998. - С.48-51.
39. Технології вирощування сільськогосподарських культур за різних систем землеробства / Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України / За ред. д. с.-г. н. В. Ф. Камінського. Київ: Едельвейс, 2015. С. 190-221.
40. Технологія вирощування кукурудзи на зерно / [М.П. Малярчук, Ю.О. Лавриненко, В.А. Писаренко, В.В. Гамаюнова]. // Деловой агрокомпас: Херсонский областной ежемесячный журнал. – 2005. – № 4/5 (106). – С.20-25
41. Терек О.І. Ріст рослин. - Львів: "ЛНУ", 2007. - 248 с.

42. Точне землеробство. Agrifac. URL: <https://www.agrifac.com/ua/sustainable-farming/precision-farming/> (дата звернення: 15.01.2024).
43. Циков В. С., Матюха Л. П. Бур'яни: шкодочинність і система захисту. Дніпропетровськ: Енем, 2006. 86 с.
44. Шевчук Г.М. Еколого-економічне обґрунтування органічного сільськогосподарського виробництва (на прикладі Рівненської області). Маркетинг і менеджмент інновацій, 2011, № 4, Т. 1., с. 241—251 URL: https://mmi.sumdu.edu.ua/wp-content/uploads/mmi/volume-2-issue-4-part-1/mmi2011_4_1_241_251.pdf (дата звернення: 12.02.2024).
45. Шевченко М. С., Рибка В. С., Ляшенко Н.О. Основні пріоритети раціонального розвитку виробництва зерна кукурудзи на Дніпропетровщині. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2016. № 10. С. 118-124.
46. Шумік С.А., Таран Н.Ю., Драга М.В. Мієнко М.М. Вивчення особливостей дії регуляторів росту на адаптивні властивості зернових культур // Регулятори росту рослин у землеробстві: 36. наук. пр. - К. - 1998. - С. 40-44.
47. Яворська В., Драгозов І., Мусіяка В. Регулятори росту зберігають сортову типовість сільськогосподарських культур // Пропозиція. – 2004. - №8 - 9. - С.70.
48. Який реальний фінансовий ефект може забезпечити точне землеробство. "Агробізнес Сьогодні". URL: <https://agro-business.com.ua/agro/podiia/item/26250-ya-kyi-realyi-ifynansovy-i-efekt-mozhe-zabezpechyty-tochnezemlerobstvo.html> (дата звернення: 11.02.2024).
49. Fatema Ranpura. Organic grower / Fatema Ranpura. - ISAAA [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.isaaa.org>
50. Jacob T. Bushong. Effect of Preplant Irrigation, Nitrogen Fertilizer Application Timing, and Phosphorus and Potassium Fertilization on Winter Wheat Grain Yield and Water Use Efficiency / Jacob T. Bushong // International Journal of Agronomy. - Periodical, Internet resource. - 2013. - P.12-14.