

МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет агрономії
Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

Допущено до захисту

«_____» _____ 2024 р.

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

_____ Олена ЧЕРНО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

ВПЛИВ ВИДІВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА ФОРМУВАННЯ
ВРОЖАЮ КУКУРУДЗИ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконав – студент II курсу, групи 13 м-а
спеціальності 201 Агрономія
КУЛЕША Антон Павлович

Керівник – ГОСПОДАРЕНКО Григорій,
д. с.-г. н., професор

Умань – 2024

Зміст

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ КУКУРУДЗИ ПІД ВПЛИВОМ РІЗНОГО УДОБРЕННЯ (огляд літератури)	6
РОЗДІЛ 2 ГІБРИД КУКУРУДЗИ ДІАЛОГ 300 ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	15
РОЗДІЛ 3 УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	18
3.1 Характеристика чорнозему опідзоленого в досліді.....	18
3.2 Погодні умови.....	19
3.3 Схема стаціонарного досліді.....	25
3.4 Агротехнологія вирощування кукурудзи у досліді.	27
3.5 Методика проведення досліджень.....	28
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	29
4.1 Агрохімічні властивості ґрунту після тривалого застосування добрив у польовій сівозміні	29
4.2 Вплив видів мінеральних добрив на ріст рослин кукурудзи	36
4.3 Вплив видів мінеральних добрив на динаміку площі листової поверхні рослин кукурудзи.....	38
4.4 Формування продуктивності кукурудзи за різного удобрення.....	39
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПІД КУКУРУДЗУ РІЗНИХ ВИДІВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ.....	45
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	49
6.1 Організація умов і заходів з охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив.....	49
6.2 Охорона навколишнього природного середовища під час застосування мінеральних добрив	52
ВИСНОВКИ.....	56
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	68

ВСТУП

Обґрунтування теми. Зернова галузь є основою стабільного розвитку основних галузей АПК України. З урахуванням того, що природно-кліматичні умови і ґрунти сприяють формуванню високої продуктивності культур, вона не забезпечує внутрішніх потреб і експорту зерна [70].

Кукурудза є однією з основних зернових культур, але її продуктивність за роками залишається нестабільною. Практика вирощування кукурудзи показує, що найбільш недостатньо обґрунтованою складовою технології її вирощування залишається збалансоване мінеральне живлення. Тому одержання високих урожаїв кукурудзи можливе лише за комплексного забезпечення потреби рослин різними елементами живлення. Найбільш ефективним і швидкодієним, а у більшості регіонів України вирішальним чинником, який сприяє збільшенню врожаю та якості зерна кукурудзи є удобрювальні продукти неорганічного походження [72].

Кукурудза – високовимоглива до ґрунтової родючості культура. За сприятливих умов вона добре реагує на внесення добрив. За їх допомогою можна змінювати спрямованість процесів обміну речовин і активізувати накопичення в рослинах корисних речовин – білків, жирів, вуглеводів, тощо.

Оплата 1 кг діючої речовини добрив додатковим приростом урожайності зерна кукурудзи на чорноземах типових і опідзолених становить 4,4–7,6 кг. Особливо ефективним є внесення азотних добрив, потім фосфорних [73].

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки сучасних систем застосування мінеральних добрив залежно від властивостей ґрунту, погодних умов, врахування економічних та екологічних аспектів, а також поліпшення якості продукції.

Мета дослідження – теоретичне і практичне обґрунтування особливостей формування продуктивності кукурудзи залежно від видів мінеральних добрив та їх поєднань.

Об'єкт досліджень – процеси росту та розвитку кукурудзи, динаміка наростання листостеблової маси залежно від удобрення.

Предмет досліджень – чорнозем опідзолений, гібрид кукурудзи Діалог 300.

Для досягнення поставленої мети дослідженнями передбачалося:

- визначити вплив видів мінеральних добрив та їх поєднань на продуктивність кукурудзи;
- з агрономічного та економічного поглядів встановити оптимальну дозу застосування мінеральних добрив під кукурудзу;
- провести економічне оцінювання застосування різних видів мінеральних добрив під кукурудзу.

Наукова новизна одержаних результатів:

- встановлено, що тривале застосування різних видів мінеральних добрив у польовій сівозміні по різному впливає на поживний режим чорнозему опідзоленого;
- найбільший вплив на збільшення врожайності кукурудзи і поліпшення показників якості зерна мають азотні добрива та їх поєднання з фосфорними;
- обґрунтовано оптимальну дозу мінеральних добрив, яка забезпечує найвищу продуктивність кукурудзи.

Методи дослідження. В роботі використані методи: польовий – для визначення взаємодії об'єкта досліджень з біотичними і абіотичними чинниками агроценозу; лабораторні: хімічний – для визначення агрохімічних показників ґрунту, рослин, та визначення якості зерна; морфофізіологічний – для визначення розвитку рослин кукурудзи; математико-статистичний – для визначення достовірності отриманих результатів досліджень; порівняльно-розрахунковий – для визначення економічної ефективності різних видів мінеральних добрив у технології вирощування кукурудзи.

Особистий внесок здобувача. Полягає в безпосередній участі здобувача у визначенні мети й завдань досліджень, проведенні польових і

лабораторних досліджень. Автор самостійно опрацював та систематизував літературні джерела інформації, провів статистичну обробку отриманого експериментальних даних, провів апробацію результатів та написав дипломну роботу.

Апробація результатів досліджень. Основні положення та результати досліджень доповідались і обговорювались на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Рубіновські читання», приуроченій до 180-річчя від дня заснування Уманського національного університету садівництва (16 травня, м. Умань). та були опубліковані (Матер. Всеукр. наук.-практ. конф. «Рубіновські читання» приуроченої до 180-річчя від дня заснування Уманського національного університету садівництва (16 травня, м. Умань). Умань : УНУС, 2024. С. 7–8).

РОЗДІЛ 1

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ КУКУРУДЗИ ПІД ВПЛИВОМ РІЗНОГО УДОБРЕННЯ (огляд літератури)

Зерно кукурудзи у структурі балансу фуражу займає основне місце, як найурожайніша та енергоємна культура. Нині це одна з найбільш цінних польових культур, яка за врожайністю зерна перевищує всі кормові культури. У світовому сільськогосподарському виробництві за площами посіву та валовими зборами зерна вона стабільно посідає третє місце [69].

Нині в Україні основним напрямом розвитку аграрного сектору національної економіки є інтенсифікація виробництва. Застосування інтенсивних технологій дає можливість підвищувати урожайність культур, якість продукції і їх стійкість до несприятливих чинників довкілля. В зв'язку з цим ученими проводяться дослідження з удосконалення систем удобрення, підвищення їх значення у відновленні родючості ґрунту та орієнтуванні на зменшення витрат праці та енергії [74, 80].

Зі значної кількості заходів, які впливають на відновлення та підвищення родючості ґрунту, одним з найважливіших є його удобрення. Цілеспрямованим регулюванням водного, повітряного, теплового та поживного режимів ґрунту забезпечуються необхідні умови для росту й розвитку рослин [69, 83].

Україна займає майже 1/6 світового ринку кукурудзи і на сучасному етапі розвитку аграрного сектору її економіки перед товаровиробниками зернової продукції стоїть завдання – підвищити продуктивність культури для повного задоволення потреб внутрішніх та експортних потреб. Основним у вирішенні цього питання є вирощування високоврожайних гібридів кукурудзи, а також застосування передових енергозберезувальних технологій [1]. Нині в Україні рекомендовано до вирощування понад 250 гібридів різних груп стиглості. Тому важливо вивчити реакцію гібридів на

систему удобрення в конкретних природно-кліматичних умовах. Завдяки саме цьому чиннику можливо значно підвищити продуктивність кукурудзи [41, 58].

Майже на всіх типах ґрунтів кукурудза може давати високі врожаї, але для цього рослини необхідно забезпечити всіма елементами живлення в оптимальному діапазоні. Це зазвичай відбувається завдяки достатньому удобренню, оптимальному обробітку ґрунту, утримання посівів без бур'янів [75,87]. Однак для одержання вищої урожайності необхідно підбирати родючіші ґрунти з доброю водо- та повітропроникністю [2, 5]. Верхній шар ґрунту при цьому має бути розпушеним, щоб не перешкоджати розвитку кореневої системи, а також повинен у достатній кількості забезпечувати рослини рухомими формами елементів живлення [20, 79].

Кукурудза відноситься до групи сільськогосподарських культур, які не переносять кислої реакції ґрунтового розчину (оптимальне значення $pH_{\text{сол}}$ 6,0–7,0). Погано росте на перезволожених ґрунтах важкого гранулометричного складу, що сильно запливають, знижує продуктивність на засолених ґрунтах [10, 17]. Врожайність значно знижується на ґрунтах із $pH_{\text{сол}}$ менш як 5,5, а за $pH_{\text{сол}}$ 5,0 і менше ґрунти потрібно обов'язково вапнувати для її вирощування. При цьому вапняні добрива найліпше вносити під попередник [4, 21].

Коренева система кукурудзи добре розвинена. Завдяки цьому вони може засвоювати поживні речовини і воду з великого об'єму ґрунту і з більш глибоких шарів. Однак, основна маса її (близько 60 %) розташована у верхньому шарі ґрунту 0–20 см [16, 63].

У дослідженнях Г. М. Господаренка з колегами [26, 35] було встановлено, що поживні елементи рослини кукурудзи поглинають зазвичай до настання фази воскової стиглості зерна, тобто практично впродовж всієї вегетації. При цьому до фази молочної стиглості зерна рослини накопичують до 90 % елементів живлення від загального винесення з урожаєм і 80 % з

сухою речовиною. Переважна більшість елементів живлення засвоюється рослинами у період швидкого росту і відбувається це за короткий проміжок часу – від фази викидання волотей до початку цвітіння. При цьому на формування 1 т зерна з відповідну кількість листостеблової маси засвоюють: 15–30 кг N, 6–12 – P₂O₅ і 20–30 кг K₂O.

За періоду вегетації у рослин кукурудзи виділяють дві важливі критичні фази розвитку щодо забезпечення макро- та мікроелементами – 3–5 та 7–8 листків. На початку вегетації (до утворення першого надземного вузла) рослини кукурудзи ростуть повільно. Але в цей період формуються генеративні органи, які визначають майбутній рівень урожай [70, 78]. Кількість качанів на рослині та кількість зерен у них у першу чергу залежить від забезпеченості елементами живлення. Особливе значення при цьому має фосфор. На початку росту рослини кукурудзи ростуть повільно, мають слабкорозвинену кореневу систему, що не може інтенсивно поглинати поживні речовини з ґрунту. На цьому етапі розвитку рослин кукурудзи досить важливо стимулювати для розвитку кореневої системи крім фосфору, ще й мікроелементами – манганом, цинком і бором [14, 82].

Важливе значення має поліпшене мінеральне живлення рослин кукурудзи у фазу 7–8 листків. Це сприяє збільшенню озерненості качана, поліпшуються показники якості зерна. Тому саме у цей період необхідно забезпечити оптимальну потребу рослин у мікроелементах: цинку, мангані, борі, міді. Нестача мінерального живлення в період від сходів до фази 7–8 листків у подальшому не може бути компенсована. Саме в цей період формується стебло, коренева система та генеративні органи. До початку викидання волотей засвоєння елементів живлення рослинами досягає максимуму [25, 60].

Забезпеченість рослин азотом найбільше впливає на продуктивність сучасних гібридів кукурудзи, хоч на початкових етапах росту рослин його засвоєння незначне – 3–5 % від усієї кількості. Основним чинником, який призводять до зниження засвоєння азоту рослинами навесні є низькі

температури ґрунту. Вони при цьому жовкнуть, а ріст гальмується. З фази 6–8 листків азот інтенсивно надходить у рослини кукурудзи. Так, починаючи від фази восьми листків до засихання квіткових стовпчиків засвоюється 85 % загальної кількості азоту. Решту азоту рослини кукурудзи засвоюють майже до початку досягання зерна. Найінтенсивніше кукурудза засвоює азот за 10–20 діб до викидання волотей [3, 42].

У Поліссі, на бідних на азот підзолистих ґрунтах, а також у Лісостепу на чорноземах вилужених та опідзолених для формування високого врожаю кукурудзи зазвичай не вистачає азоту та необхідної суми активних температур. Азотні добрива підвищують урожай і одночасно поліпшують якість зерна, у силосній масі кукурудзи збільшують вміст протеїну [12, 31, 33].

Дослідженнями [45] на ґрунтах легкого гранулометричного складу встановлено, що високі дози азотних мінеральних добрив необхідно вносити роздільно. Частину загальної дози (N_{30-40}) потрібно перенести у підживлення за проведення міжрядного обробітку ґрунту, коли рослини кукурудзи мають висоту не більше 20 см. На суглинкових ґрунтах, навіть за достатнього зволоження, внесення частини азоту в підживлення, не кажучи вже про фосфорні й калійні добрива, не сприяє збільшенню врожаю [34].

За умов достатнього зволоження досить високий ефект дає підживлення рослин азотом у ранні фази (2–3 листки). Однак є дані, що не лише на ранніх етапах розвитку кукурудзи азотні добрива дають високий ефект. Так, дослідженнями вчених Національного аграрного університету встановлено, що найбільші прирости врожаю зерна отримують від позакореневого підживлення кукурудзи. При цьому найефективнішим виявилось дворазове застосування азотних добрив на IV та VI етапах органогенезу [66].

На ювенільних стадіях розвитку рослини кукурудзи ростуть повільно. Засвоєння елементів живлення при цьому мінімальне. Однак мінеральне живлення рослин, особливо фосфором, повинно бути оптимальним [35].

Отже, в системі удобрення кукурудзи обов'язковим технологічним заходом має бути внесення в рядки під час сівби фосфорних добрив у дозі 10–20 кг/га P_2O_5 [15]. Однак кращий результат дає розділення шаром ґрунту 2–4 см насіння і добрива. Це пояснюється тим, що висока концентрація ґрунтового розчину може пошкодити насіння. Доза внесення азоту за рядкового удобрення не повинна перевищувати 10 кг/га [46].

На бідних ґрунтах необхідно вносити у рядки повне мінеральне добриво. Найліпше для цього використовувати складні добрива. На малобуферних ґрунтах проявляється негативна дія рядкового внесення підвищених доз мінеральних добрив [89].

Рослини кукурудзи засвоюють фосфор з ґрунту впродовж вегетації більш-менш рівномірно. Оптимальне забезпечення ним стимулює розвиток добре розгалуженої кореневої системи, сприяє закладанню репродуктивних органів рослин, стимулює пришвидшене утворення качанів, що підвищує врожай і пришвидшує його досягання [19, 90, 92].

На чорноземних ґрунтах Степу кукурудза особливо вибаглива до фосфорного живлення. За його нестачі гальмується ріст і розвиток квіток, зменшується маса зерна в качані, листки стають темно-зеленими з фіолетово-червоним відтінком, поступово відмирають [29, 65].

Кукурудза має підвищену потребу в живленні калієм [23, 32]. Оптимальне забезпечення живлення цим елементом сприяє підвищенню стійкості рослин кукурудзи до вилягання, знижується ураження кореневими і стебловими гнилями [19]. Рослинам кукурудзи калій потрібен для накопичення крохмалу і цукру в зерні. Тому оптимальним вважається коли вміст у молодих рослинах (висотою до 25 см) становить – у діапазоні 4–5 % K_2O на суху речовину [18, 85].

На початку вегетації рослини кукурудзи найінтенсивніше засвоюють калій з ґрунту. У другій половині вегетації накопичення калію в рослинах може знижуватись унаслідок відтоку у ґрунт. Найбільша потреба в калійних

добривах на ґрунтах легкого гранулометричного складу, а також за вирощування кукурудзи після соняшнику, коренеплодів, картоплі, кукурудзи, особливо на силос, тобто калієфільних культур [22].

Ознаками нестачі калійного живлення є: зниження висоти рослини і зменшення розмірів листків, краї листків жовкнуть і засихають, коренева система слабо розвинута, викидання волотей гальмується, знижується стійкість рослин до вилягання [42].

На ґрунтах суглинкового складу під кукурудзу фосфорні мінеральні та калійні мінеральні добрива необхідно вносити під зяблевий обробіток ґрунту. Азотні добрива краще вносити навесні. За монокультури кукурудзи у перший рік бажано внести гній (50 т/га) і повну дозу мінеральних добрив. У наступні роки необхідно вносити лише мінеральні добрива. Однак якщо у перший рік було внесено більше ніж 50 т/га гною, то з мінеральних добрив необхідно внести лише азотні. При цьому доза азоту не повинна перевищувати 100 кг/га. В наступні роки органічні добрива не вносять [9].

За умов зрошення дії азотних добрив значно посилюється і, навпаки, фосфорних і калійних – зменшується, що пояснюється мобілізацією природних запасів фосфору й калію [13].

Під кукурудзу дозу внесення мінеральних добрив розраховують за фактичним вмісту в ґрунті рухомих сполук елементів живлення, а також враховують величину запланованої урожайності. Для формування врожаю зерна 10 т/га їх доза повинна становити $N_{150-200}P_{60-90}K_{100-150}$. За внесення мінеральних добрив на тлі органічних дози їх можна зменшити [15].

Підживлення азотними добривами на тлі основного удобрення посилює дію основного, але не проходить його заміна. Зазвичай потреба в підживленні азотними добривами виникає лише на слабозабезпечених поживними речовинами, в першу чергу азотом дерново-підзолистих, сірих опідзолених ґрунтах та чорноземах вилужених [7, 30].

Досить ефективним технологічним заходом, направленим на підвищення продуктивності кукурудзи є раннє підживлення рослин у фазу 3–

5 листків. Перш за все це потрібно робити на бідних ґрунтах, а також за малих доз внесення добрив в основне удобрення. Запізнення з підживленням знижує його ефективність. Також збільшується вегетаційний період рослин кукурудзи. Ефективними є позакореневі підживлення кукурудзи 6–8%-м розчином карбаміду до викидання волоті. Цей технологічний захід перш за все сприяє поліпшенню якості зерна [42, 73].

Важливе значення для кукурудзи має магній. Він входить до складу молекул хлорофілу, а також бере участь у синтезі білків та амінокислот. За його нестачі між жилками старих листків проявляється жовте забарвлення [71]. Зазвичай нестача магнію проявляється на ґрунтах легкого гранулометричного складу з кислою реакцією. Це негативно впливає на процесах цвітіння та запилення, зменшує зав'язування качанів та їх озерненості. Оптимальна норма внесення магнієвих добрив зазвичай становить 40–60 кг/га MgO [15].

Поряд з макроелементами, у живленні кукурудзи важливу роль мають мікроелементи. Найбільш важливими для живлення кукурудзи є: цинк, мідь, бор, манган та ін [14]. Основним мікроелементом для кукурудзи на чорноземних ґрунтах є цинк. Особливо гостро зростає в ньому потреба на ґрунтах з високим вмістом гумусу, рухомих сполук фосфору, за нейтральної і лужної реакції ґрунту. При нестачі цинку рослини кукурудзи сповільнюють ріст. Це відбувається через скорочення міжвузлів. Також знижується кількість зерен у качані, або вони не зав'язуються. Цинкові добрива можна вносити як у ґрунт у дозі 1–2 кг/га д. р. або проводити листові підживлення. Листкові підживлення ефективні лише на ранніх етапах розвитку рослин кукурудзи [14].

Досить ефективними є позакореневі підживлення цинком (300–400 г/га) та міддю (250–300 г/га) у фази 3–5 та 7–11 листків. Для попередження опіків листків до робочого розчину, до складу якого входить сульфат цинк і сульфат міді, додають вапно (1 кг на 100 л розчину) [94].

У живленні рослин кукурудзи важливе значення має мідь. Вона сприяє

активації окисно-відновних процесів, сприяє підвищенню вмісту білка і цукрів у зерні. Також сприяє утворенню в клітинах лігніну. За нестачі міді в живленні кукурудзи рослини відстають у рості, міжвузля утворюються короткими, верхушки молодих листків нахиляються і стають блідими, а їх край засихають [98]. Дефіцит міді зазвичай проявляється на легких за гранулометричним складом ґрунтах з високим вмістом гумусу, достатню забезпечених кальцієм, а також на тлі високих доз азотних і фосфорних добрив [24, 96].

У стресових ситуаціях (посуха, низькі температури тощо) зазвичай єдиним способом забезпечення рослин мікроелементами є позакореневі підживлення. Навіть незначна їх кількість корисна, оскільки вони швидко засвоюються. Проведення позакорневих підживлень мікродобривами можна поєднувати з внесенням гербіцидів [8].

У польовому стаціонарному досліді встановлено, що за перебігом та інтенсивністю супутних біологічних процесів перетворення сполук азоту азотфіксації і денітрифікації в ґрунті кореневої зони кукурудзи та підвищенням продуктивності культури найкращим було внесення мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ [6]. На зрошуваному чорноземі Молдови за вмісту азоту нітратних сполук в шарі ґрунту 0–100 см у фазу 5 – 6 листків додаткове внесення 150 кг/га д. р. азотних добрив не впливало на урожайність кукурудзи, яка досягала 11,0–11,5 т/га [97].

У дослідях на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті внесення азотних добрив суттєво впливало на збільшення врожайності кукурудзи. При цьому більш ефективними виявились дози N_{30} і N_{60} . За дози N_{90} урожайність різко знижувалась, навіть у відношенні до контролю. Від дози N_{120} рослини кукурудзи були низькорослими і без качанів. Ефективним при виявилось внесення в ґрунт 3 т/га вапна у поєднанні з азотними добривами – урожайність зерна була у два рази більшою [88].

Інтенсифікація технології вирощування кукурудзи передбачає використання високих і надвисоких доз мінеральних добрив [63]. Однак для

підвищення продуктивності кукурудзи і підвищення економічної вигоди необхідно в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах встановити дози різних видів мінеральних добрив і їх поєднання які б забезпечували найвищий чистий дохід з одиниці площі посіву. Одержати такі дані можна в умовах стаціонарного польового досліджу. Саме в таких умовах можна всебічно дослідити і зробити висновки щодо забезпечення рослин елементами живлення.

РОЗДІЛ 2

ГІБРИД КУКУРУДЗИ ДІАЛОГ 300 ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Рід кукурудзи (*Zea L.*) має один вид – кукурудза (маїс) культурна (*Zea mays L.*). Кукурудза культурна (2п-42) – однорічна трав'яниста рослина, яка зовнішнім виглядом відрізняється від інших злакових рослин. Її коренева система мичкувата, добре розвинена, має кілька ярусів коренів: зародкові, гіпокотильні, епикотильні, підземні вузлові та надземні стеблові (повітряні, або опірні). Коренева система проникає у ґрунт до 2,5 м і більше та поширюється в сторони понад 1 м.

Стебло у кукурудзи міцне, округле, грубе, , заповнена нещільною паренхімою. Висота його залежно від біологічних особливостей сорту чи гібрида та чинників довкілля від 0,60 до 5–6 м. Товщина може сягати семи см. кількість міжвузлів на стеблі У ранньостиглих гібридів кукурудзи кількість міжвузлів на стеблі 8–12, у пізньостиглих – до 30–40 і більше. Листки на стеблі розміщуються почергово. Їх кількість на стеблі відповідає кількості стеблових вузлів. На стеблі зазвичай утворюються 2–3 качани, які мають парну кількість рядів зерен – від 8 до 24 і більше. Плід у кукурудзи – гола зернівка різних розмірів і форми, консистенції та забарвлення [95].

У стаціонарному досліді вирощували простий модифікований гібрид кукурудзи Діалог 300, виведений у СГП – НЦ насіннєзнавства та сортовивчення [62]. Внесений до Державного реєстру сортів рослин, дозволених для вирощування в Україні з 2015 року. Це середньоранній гібрид з ФАО 280, рекомендований для вирощування у зонах Степу й Лісостепу на зерно та силос.

Гібрид невибагливий до ґрунтів і придатний для вирощування за мінімального обробітку ґрунту. Стійкий до вилягання та ламкості стебла (8–9

балів), корневих гнилей, має високу жаро- та посухостійкість (8,5 бали), відрізняється груповою стійкістю до основних хвороб (9,0 балів) (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика простого модифікованого гібриду кукурудзи Діалог 300

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Тип гібриду	Простий модифікований
Група стиглості	середньоранній
ФАО	280

МОРФОЛОГІЧНІ ТА АГРОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Тип зерна	зубовидний
Колір зерна	жовтий
Висота рослини	235–250 см
Кількість листків на основному стеблі	15–16
Висота кріплення нижнього качана	85–90 см
Потенціал урожайності зерна	13–14 т/га

СТІЙКІСТЬ ДО ХВОРОБ ТА СТРЕСОВИХ ЧИННИКІВ

Гельмінтоспоріоз	7
Фузаріоз	8
Пухирчаста сажка	8
Посухостійкість	8

СТРУКТУРА ВРОЖАЮ

Кількість рядів зерен у качані	16–17
Кількість зерен у ряду	27–29
Маса 1000 зерен	270–280 г

Високоврожайний, середня врожайність у степовій зоні в державному сортовипробуванні склала 7,0 т/га, у Лісостеповій – 9,9 т/га. Потенціальна врожайність зерна 13–14 т/га.

Високотехнологічний у насінництві та товарному виробництві. Насінництво ведеться на стерильній основі за схемою повного відновлення фертильності.

Агротехнологічні вимоги: рекомендований для вирощування на зерно і силос у зоні Степу та Лісостепу України. Забезпечує високу віддачу при вирощуванні за інтенсивною технологією за умови створення оптимального поживного режиму ґрунту внесенням оптимальних доз добрив. Рекомендована густота стояння рослин у Південному та Центральному Степу 35–40, у Північному Степу 45–50, у Лісостепу 60–70 тисяч на гектарі.

Переваги: це високоадаптивний гібрид, що відрізняється високою екологічною стабільністю, має потенціал продуктивності понад 13 т/га зерна в умовах Степу і Лісостепу. Вигідний у насінництві: материнська форма високоврожайна. Крім того, зерно оранжево-кременисте, тому під час збирання ділянок гібридизації його легко можна відокремити від зубовидного зерна качанів батька. Належить до двох перших гібридів кукурудзи, отриманих з використанням інноваційних ДНК-технологій [62].

РОЗДІЛ 3

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Характеристика чорнозему опідзоленого в досліді

Експериментальну частину роботи було виконано в 2023–2024 сільськогосподарському році на дослідному полі НВВ Уманського національного університету садівництва. Ґрунтовий покрив під стаціонарним дослідом – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі.

Генетичні горизонти ґрунту характеризуються такими морфологічними особливостями:

Не_(0–42) – темно-сірого кольору, рівномірно гумусований, структура розпилено-зернисто-грудкувата; має підорну ущільнену плужну підшову грудкувато-горіхувато-брилистої структури; перехід до наступного горизонту помітний.

Нрі_(42–70) – темно-бурого кольору з відтінком материнської породи, гумусний і слабоілювіований, структура дрібногоріхувата, пронизаний коренями і ходами землерийок, перехід до наступного горизонту помітний.

РІh_(70–100) – темно-палевого кольору, слабогумусований нерівномірно, структура горіхувато-стовпчаста, в ходах землерийок ґрунтова гумусована масою з верхніх горизонтів.

Рі (h)_(100–120) – порода темно-палевого кольору з призмоподібною структурою. Перехід до ґрунтоутворювальної породи поступовий.

Рк₍₁₂₀₎ – лес темно-палевого кольору та дрібнзернистої структури. Містить карбонати (цвілі, прожилки, окремі скупчення), зустрічаються ходи землерийок.

Лінія скипання карбонатів на глибині 120 см [84].

Під час закладання дослідів (2010 р.) шар ґрунту 0–20 см мав такі агрохімічними властивості: вміст гумусу (за ДСТУ 4289) – 3,81 %; рН_{KCl} (за ДСТУ ISO 10390) – 5,7; гідролітична кислотність (за методом Каппена згідно

ДСТУ 7537) – 2,8 смоль/кг; ступінь насиченості основами – 90 %; азоту легкогідралізованого (за методом Корнфілда згідно з ДСТУ 7863) – 105 мг/кг; рухомих сполук фосфору – 105 мг/кг і калію – 132 мг/кг (за модифікованим методом Чирикова згідно з ДСТУ 4115) [26].

За агрохімічними властивостями чорнозем опідзолений досліду придатний для вирощування польових культур у зоні Лісостепу за умови оптимізації умов їх живлення внесенням необхідної кількості добрив. Він має високу природну родючість і за умов належного рівня агротехнології здатний забезпечити формування високої продуктивності районованих сортів і гібридів польових культур.

3.2 Погодні умови

Продуктивність сільськогосподарських культур залежить від рівня культури землеробства, тобто господарської діяльності, та погодних умов, що склалися за передвегетаційний і вегетаційний періоди.

Клімат західної частини Черкаської області помірно-континентальний. За основними показниками погоди він перехідний від недостатнього до нестійкого зволоження. За даними метеостанції Умань, середня температура повітря в червні – +20,9 °С, в січні – –3,4 °С, а середньорічна – +8,8 °С. Значне відхилення температур від кліматичної норми спостерігається в окремі роки.

За теплий період року зазвичай випадає 395 мм опадів. Проте їх розподіл під час вегетації нерівномірний. За холодний період року зазвичай випадає 191 мм. Гідротермічний коефіцієнт – 1,1. Він може значно змінюватися як по роках, так і періодах вегетації культур.

Вегетаційний період зазвичай триває 210 діб, з них активна вегетація сягає – 165 діб.

Високими температурами характеризується літо – 19 °С, але в окремі роки можуть бути відхилення від 18 до 23 °С. Літній сезон за кількістю тепла

та вологи сприяє оптимальній вегетації сільськогосподарських культур. Західні вітри зазвичай приносять достатню кількість опадів, але можуть бути літні посухи. Їм сприяють нестача опадів і високі температури повітря. Внаслідок цього значно зменшується вологість ґрунту.

Осінній період у регіоні зазвичай теплий і сонячний. В останні роки він тривалий. Мінлива погода з дощем і снігом характерна для пізньої осені, проте це сприяє поповненню запасів ґрунтової вологи.

Зимовий період, особливо в останнє десятиріччя, зазвичай теплий, з відлигами і хмарною погодою. Ґрунт взимку часто розмерзається. Це сприяє накопиченню у ґрунті вологи.

У цілому агрокліматичні умови регіону проведення досліджень сприятливі для вирощування сільськогосподарських культур помірного поясу, у тому числі і кукурудзи [84].

За результатами зведених щоденних спостережень, які проводили на метеостанції Умань у сезон 2023–2024 сільськогосподарського року спостерігалось відхилення від типових умов (середнє за 30 років – з 1991 по 2020 рр.) як за температурним режимом повітря, так і за кількістю атмосферних опадів (табл. 2).

Як і в попередньому році, агрометеорологічні умови формування врожаю кукурудзи до середини липня були цілком сприятливі. Сівбу було проведено в ранні строки – у третій декаді квітня, що близько до середніх багаторічних строків. Зволоження ґрунту під час сівби було достатнім (у шарі ґрунту 0–20 см запаси вологи були більш як 30 мм). Проте в квітні і перших двох декадах травня трималася прохолодна погода. Це гальмувало ріст і розвиток рослин кукурудзи. У другій половині липня і до кінця вегетації посуха мала негативний вплив на кінцеву врожайність.

У травні опади майже були відсутні, проте зволоження ґрунту завдяки осінньо-зимовим опадам упродовж травня–червня було близьким до оптимального. На кінець червня вологозабезпечення посівів кукурудзи було

добрим, хоч запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту знизилися до 100–120 мм).

Завдяки раннім строкам сівби та ранньому початку накопичення ефективного тепла вище $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (перехід середньодобової температури повітря через $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ відбувся 4–6 квітня, що на 2–2,5 тижні раніше звичайного), фазовий розвиток кукурудзи відбувався із випередженням середніх багаторічних строків. Так, фаза 5-й листок відмічалася на 10-18 днів раніше середніх багаторічних строків – у 2-й половині травня. На кінець травня, в залежності від строків сівби, на посівах сформувалось 7-9 листків. Висота рослин на 31.05 становила 34–57 см. На 31.06 на посівах кукурудзи завершувалося листкоутворення (на рослинах в залежності від сорту утворилося 13–15 листків), на ранніх посівах відмічалось викидання волоті. Висота рослин становила 90–200 см. Стан посівів переважав добрий. Водночас, через сильні дощі місцями відмічалось полягання та замулення посівів.

У липні кукурудза, залежно від строків сівби та сортового складу, знаходилася у фазах викидання волоті, цвітіння волоті, цвітіння качана, на ранніх посівах у кінці липня відмічалася молочна стиглість зерна (на 1–2,5 тижні раніше звичайного).

Агрометеорологічні умови для росту, розвитку та формування врожаю кукурудзи погіршали та ускладнювалися високими температурами повітря, які співпали із формуванням початків та наливом зерна кукурудзи та дефіцитом ґрунтової вологи. Особливо несприятливою була значна кількість днів із температурою повітря вдень $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, за якої при утворенні достатньої кількості початків (2–4) повноцінним виявився лише один (південно-східні райони).

Ґрунтова засуха, що розпочалася в середині липня поглибилась та поширилась на більшу частину території регіону. Так, запаси продуктивної вологи метрового шару ґрунту на 31.07 були недостатні, лише на окремих площах північно-східної частини Черкаської області – добрі. Проте, завдяки

чергуванню спеки з прохолодою, значним перепадам температури повітря від дня до ночі, підвищеній вологості повітря в денні години та тривалим росам, які дозволяли рослинам відновити баланс вологи в нічні години, втрата тургору спостерігалась лише в денні години, подекуди спостерігалось підсихання нижнього листя кукурудзи. Однак, суттєвого погіршення стану посівів не було.

На фазу молочної стиглості зерна (кінець липня – початок серпня) на одній рослині утворилося переважно 1,5–1,9 (у південних районах – 1,0) качани, у яких налічувалося від 490 до 650 зерен, загальна маса качанів на одній рослині 240–410 г. Стан посівів був добрий.

У серпні зерно кукурудзи, залежно від строків сівби і скоростиглості гібридів, внаслідок тривалої дії високих температур, досягло молочної, воскової та місцями повної стиглості, що у середньому на 10–20 діб раніше звичайного.

Погодні умови в період збирання до жовтня переважали сприятливі. Упродовж 2024 року (див. табл. 2), як і зазвичай, спостерігались значні аномалії температури повітря та нерівномірний упродовж сезонів розподіл опадів. Характерною особливістю року були тепла зима з достатньою кількістю опадів, що сприяло поповненню ґрунтових запас вологи.

Погодні умови весняного періоду видалися холодними, дощовими. Ґрунт тривалий час не прогрівався, хоч був не мерзлий із зими. Це зумовило і строк сівби кукурудзи. Сівбу її провели в кінці другої декади квітня, тому сходи були нерівномірні, що пояснюється бездощів'ям у кінці місяця.

Минулорічна дощова осінь з дуже пізнім завершенням збору пізніх зернових, призвела до того, що довелося одночасно з плановими польовими роботами виконувати й непланові – завершувати основну підготовку ґрунту. На додаток, холодна і дощова весна надала велику перевагу перед минулим роком – таких запасів вологи у метровому шарі ґрунту, не було давно.

На початку другої декади травня 2024 року запаси продуктивної вологи під посівами сої у шарі ґрунту (0–20 см) були достатніми (31 мм).

Вологозабезпечення метрового шару ґрунту (0–100 см) було оптимальним (160 мм). При цьому необхідно зазначити, що агрометеорологічні умови для росту й розвитку кукурудзи у другій–третій декаді травня були сприятливими.

Опадів за сільськогосподарський рік випало 487 мм, що на 99 мм менше середньобаторічного показника, або становить 83 % кліматичної норми. Найбільш сухо було у червні, серпні, вересні, навпаки – надмірно дощовим видався квітень і травень.

Так, за березень–квітень опадів випало 145,7 мм, що на 68,7 мм більше середньорічного показника. Отже, особливо посушливими були червень, серпень і вересень.

Показники температури повітря впродовж 2023–2024 сільськогосподарського року були вищими, а лише в травні дещо нижчою середніх багаторічних показників, що сприяло значним втратам запасів води із ґрунту. За таких умов забезпеченість кукурудзи водою була в цілому на початку вегетації доброю, а в подальшому задовільною.

Отже, за даними метеорологічних спостережень були відхилення показників погодних умов від середньобаторічних даних. У цілому в рік проведення дослідження вони були сприятливими для вирощування польових культур, в тому числі і для кукурудзи.

У більшості місяців року спостерігалася позитивна аномалія температури повітря – на 1–4 °С вище кліматичної норми. При цьому найвищі відхилення температури відносно норми зафіксовано у лютому, травні–серпні.

Незважаючи на відхилення показників погодних умов порівняно з багаторічними, у загальному 2024 рік був сприятливим для вирощування сільськогосподарських культур, в тому числі і для кукурудзи.

Таблиця 2

Погодні умови у рік проведення дослідження (за даними метеостанції Умань)

Рік	За рік	Місяць											
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кількість опадів, мм													
Середньобогаторічна	586	43	43	40	38	34	36	41	52	81	68	49	61
2023–2024 с.-г. рік	487,2	33,5	62,3	55,0	29,8	14,9	89,5	56,2	41,8	56,5	17,9	17,7	12,1
Відхилення, ±	-99	-9,5	+19,3	+15,0	-8,2	-19,1	+53,5	+15, 2	-10,2	-24,5	-50,1	-31,3	-48,9
Температура повітря, °С													
Середньобогаторічна	8,8	8,3	2,8	-1,8	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19,0	20,9	20,1	14,5
2023–2024 с.-г. рік	11,8	11,7	4,6	1,2	-1,6	4,2	4,5	13,0	15,3	21,2	24,3	23,1	19,7
Відхилення, ±	+3,0	+3,4	+1,8	+3,0	+1,8	+6,5	+2,0	+3,3	–0,1	+2,2	+3,3	+3,0	+5,2

У першій декаді вересня переважала мінлива за температурним режимом погода. На початку декади продовжувала утримуватися спека, яка впродовж останніх днів змінилася на помірно теплу вдень і прохолодну вночі погоду. У кінці серпня запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту (0–20 см) на полях, призначених під посів озимих культур на більшості площ були недостатніми (11–20 мм) та незадовільними (менш як 10 мм продуктивної вологи).

3.3 Схема стаціонарного дослідів

Дослідження проведено в стаціонарному досліді (№ 87 реєстрації НААН) [81], який було закладено у 2010 році. Він розміщений на північній околиці м. Умані з географічними координатами 48° 46' пн. ш. і 30° 14' сх. д. (табл. 3).

Таблиця 3

Схема стаціонарного дослідів

Насиченість 1 га сівозмінної площі	Культури сівозміни			
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	—	—	—	—
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	P ₆₀ K ₇₀	P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₅₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ K ₇₀	N ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₅₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	N ₇₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₆₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀

Метою проведення польового дослідів є визначення ефективності різних видів, доз і поєднань мінеральних добрив на властивості ґрунту та продуктивність сільськогосподарських культур.

Варіанти дослідів в межах повторності розміщено послідовно, повторення – триразове (рис. 1). Дослідна ділянка – 110 м², облікова – 72 м² (рис. 2).

1-ша повторність					2-га повторність					3-тя повторність				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Рис. 1 Розміщення варіантів у польовому досліді

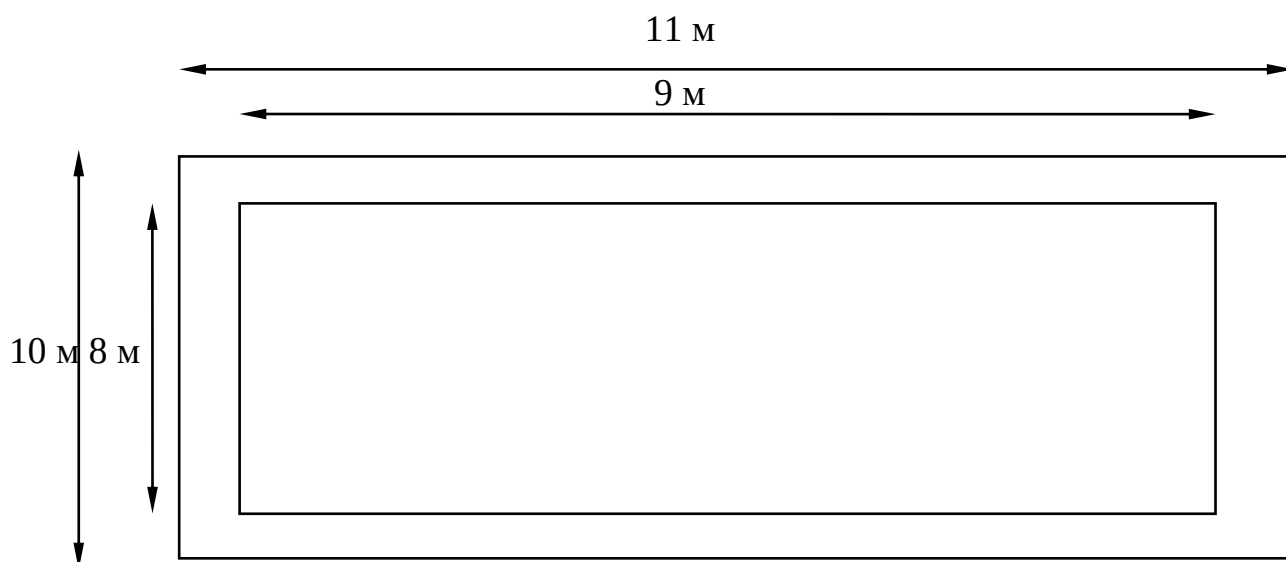


Рис. 2 Схема та розміри ділянки досліді (загальна й облікова)

У досліді вносяться такі мінеральні добрива: аміачна селітра, суперфосфат гранульований і калій хлористий. Фосфорні та калійні добрива вносяться восени, азотні – навесні, в підживлення пшениці озимої і під передпосівний обробіток ґрунту. Нетоварну частину врожаю культур (солома, стебелиння) залишали для удобрення ґрунту.

Агротехнологія вирощування культур, за виключенням удобрення, – загальноприйнята для Правобережного Лісостепу.

Насиченість добривами 1 га площі сівозміни розрахована за господарським винесенням основних елементів живлення сільськогосподарськими культурами. Схему досліді дозволяє за одержаними

результатами встановити можливість зниження доз внесення окремих видів мінеральних добрив і визначити оптимальне їх поєднання.

Збирання врожаю й насіння проводили прямим комбайнуванням. Облік урожаю зерна та листкостеблової маси кукурудзи проводили методом пробного снопа.

3.4 Агротехнологія вирощування кукурудзи у досліді

Суть агротехнології вирощування кукурудзи за інтенсивною технологією полягає в оптимізації умов росту й розвитку рослин упродовж вегетаційного періоду. Це пояснюється тим, що кукурудза є культурою великих потенційних можливостей, вимогливою до родючості ґрунту, яка добре реагує на удобрення.

Кукурудзу в досліді вирощували після пшениці озимої за прийнятою в регіоні технологією, за винятком варіантів досліду з удобренням. Після збирання пшениці озимої проводили дискування у два сліди на глибину 5–6 см. Через два тижні на дослідних ділянках згідно схеми досліджень вносили мінеральні добрива: суперфосфат гранульований (P_2O_5 – 20 %) та калій хлористий (K_2O – 60 %). Добрива на ділянках вносили вручну згідно схеми досліду.

Основний обробіток ґрунту проводили плугом на глибину 25–27 см.

На провесні ґрунт вирівнювали важкими боронами. Передпосівну культивуацію проводили у день сівби на глибину 5–6 см, тобто на оптимальну глибину загортання насіння. Згідно схеми досліду під передпосівну культивуацію вручну вносили аміачну селітру. Сівбу проводили зерною сівалкою SEMEATO нормою висіву 65 тис. шт/га. Після сівби площу коткували кільчасто-шпоровими котками.

У фазу 3–5 листків у культури для знищення сходів бур'янів о посіви обробляли гербіцидом Пріма нормою 0,5 л/га.

Збирання врожаю кукурудзи проводили у фазу повної стиглості зерна.

3.5 Методика проведення досліджень

Ґрунтові проби відбирали і готували до аналізу відповідно до вимог ДСТУ 4287 [48] і ДСТУ ISO 11464 [52]. У ґрунтових зразках було визначено такі агрохімічні показники:

- вологість ґрунту – гравіметричним методом [53];
- кислотність ґрунту pH_{KCl} – за ДСТУ ISO 10390 [51];
- гідролітичну кислотність – за ДСТУ 7537 [49];
- вміст увібраних основ – згідно MBV 31–497058–007–2005 [67];
- вміст азоту легкогідролізованих сполук за методом Корнфілда [50];
- рухомі сполуки фосфору й калію – за модифікованим методом Чирикова за ДСТУ 4115 [47].

У рослинних зразках визначали вміст сухої речовини гравіметричним методом [36].

Для оцінювання впливу удобрення на ріст і розвиток рослин кукурудзи відбирали зразки для визначення:

- висоти рослин – вимірюванням лінійкою;
- площу листової поверхні – методом висічок.

Облік урожаю зерна кукурудзи проводили виламуванням і зважуванням качанів з усієї облікової площі.

Для оцінювання впливу удобрення та показники якості зерна кукурудзи визначали: вміст білка й крохмалю – за ДСТУ 4117 [56], масу 1000 зерен – за ДСТУ ISO 520 [54].

Показники урожайності кукурудзи піддавались статистичній обробці з використанням дисперсійного аналізу [55].

Економічна ефективність вирощування кукурудзи за різного удобрення визначалась за цінами, що склались на період збирання врожаю.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Агрохімічні властивості ґрунту після тривалого застосування добрив у польовій сівозміні

Поряд з завданням підвищення урожайності, невід'ємною вимогою сучасного сільськогосподарського виробництва є поліпшення якості вирощеної продукції. У формуванні якісного врожаю важливе значення мають заходи, направлені на створення оптимальних умов життєдіяльності рослин упродовж вегетаційного періоду. В комплексі цих заходів важливе значення має забезпечення рослин основними елементами живлення. Вони, як відомо, мають значний та різний вплив не тільки на величину, але і на якість урожаю [57].

Проведеними дослідженнями встановлено, що під впливом тривалого застосування різних видів мінеральних добрив, їх доз і поєднань у польовій сівозміні проходять зміни агрохімічних властивостей родючості ґрунту.

Оцінка родючості ґрунтів враховує низку показників. Серед них важливе місце належить кислотності ґрунтового середовища. Від неї залежить інтенсивність росту й розвитку рослин [27], ефективність застосування добрив, діяльність мікроорганізмів і ступінь розчинності важкодоступних сполук елементів живлення [77]. Підвищений рівень кислотності не лише знижує урожай, але й його якісні характеристики [76].

Внаслідок внесення в ґрунт великої кількості розчинних мінеральних добрив підвищується його обмінна кислотність. Вона негативно впливає на розвиток чутливих до кислотності культур і ґрунтових мікроорганізмів [15].

Реакція ґрунту вважається інтегральним показником цілого комплексу його властивостей. З даних табл. 4 видно, що під впливом тривалого вирощування культур у польовій сівозміні без добрив, так і на тлі застосування їх різних видів і доз кислотність верхнього шару ґрунту

підвищилась.

Таблиця 4

**Обмінна кислотність (pH_{KCl}) ґрунту за тривалого (з 2010 р.)
застосування добрив у польовій сівозміні, 2024 р.**

Варіант досліджу		Шар ґрунту, см		
Насиченість 1 га добривами у сівозміні	Доза добрив під кукурудзу	0–20	20–40	40–60
Без добрив (контроль)	—	5,6	5,8	5,9
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	5,6	5,8	5,9
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	5,5	5,6	5,8
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	5,6	5,7	5,8
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	5,5	5,6	5,8

Так, якщо перед закладкою досліджу в 2010 році показник $pH_{сол}$ становив 5,7, тобто реакція ґрунту характеризувалась як близька до нейтральної, то через 14 років $pH_{сол}$ знизилось до 5,5 у варіантах з високими дозами внесення мінеральних добрив (N₁₁₀K₈₀ і N₁₁₀P₆₀K₈₀). Отже, на основі проведених досліджень можна зробити висновок, що найбільший підкислювальний ефект дає внесення азотних і калійних добрив.

Гідролітична кислотність ґрунту – є одним з основних властивостей його кислотного-основного стану та індикатором зміни колоїдно-хімічного комплексу ґрунту під дією тривалого застосування мінеральних добрив. Проведеними дослідженнями встановлено, що на зміну величини гідролітичної кислотності найбільш вплив чинить саме застосування азотних і калійних добрив. Дослідженнями було встановлено, що зміни кислотності відбуваються до глибини 40–60 см (табл. 5). Так, у контрольному варіанті величина гідролітичної кислотності в шарі ґрунту 0–20 см становила 2,9 смоль/кг, а за внесення повної дози мінеральних добрив – 3,8 смоль/кг.

Такиж значний вплив на підкилення ґрунту мало застосування лише азотних і калійних добрив. Навіть у варіанті без застосування добрив було відмічено тенденцію підвищення гідролітичної кислотності – з 2,8 до 2,9 смоль/кг.

Таблиця 5

**Гідролітична кислотність (Нг) ґрунту за тривалого (з 2010 р)
застосування добрив у польовій сівозміні (2024 р.), смоль/кг**

Варіант досліджу		Шар ґрунту, см		
Насиченість 1 га добривами у сівозміні	Доза добрив під кукурудзу	0–20	20–40	40–60
Без добрив (контроль)	—	2,9	1,9	1,8
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	3,1	2,1	1,8
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	3,7	2,7	1,9
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	3,3	2,4	1,8
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	3,8	2,7	1,9

На основі проведених досліджень було встановлено, що гідролітична кислотність чорнозему опідзоленого у процесі сільськогосподарського використання зазнає змін, не лише у верхньому 0–20 см, але і в нижніх шарах ґрунту. Її показники значно змінились у бік погіршення, що свідчить про необхідність проведення підтримувального вапнування.

Залежно від хімічного складу материнських порід, типу ґрунтоутворення, проходять зміни складу обмінних катіонів у різних типах ґрунтів. Вони відбуваються у досить широких межах. Це обумовлюється та коригується в процесі окультурення ґрунту. Чорнозем опідзолений за своїми природними властивостями достатньо насичений основами. Однак у процесі тривалого сільськогосподарського використання відбувається погіршення його кислотно-основних властивостей. Одним з важливих показників кислотно-основного стану ґрунту є насиченість основами.

Встановлено, що зміни суми увібраних основ були аналогічними змінам кислотних показників ґрунту. Залежно від варіанту дослідів і шару ґрунту вона становила 21,7–26,7 смоль/кг і була найнижчою за високих доз внесення мінеральних добрив (табл. 6).

Таблиця 6

**Сума увібраних основ за тривалого (з 2010 р.) застосування добрив у
польовій сівозміні (2024 р.), смоль/кг**

Варіант дослідів		Шар ґрунту, см		
Насиченість 1 га добривами у сівозміні	Доза добрив під кукурудзу	0–20	20–40	40–60
Без добрив (контроль)	—	24,6	25,6	26,7
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	24,1	23,8	26,1
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	22,0	23,3	25,9
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	23,3	24,2	26,6
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	21,7	24,0	25,2

Добрива є досить швидкодіючим і ефективним засобом регулювання поживного режиму ґрунту. На чорноземі опідзоленому з основних елементів живлення найбільший вплив на продуктивність сільськогосподарських культур має азот. Сучасні їх сорти і гібриди потребують як родючих ґрунтів, так і високого рівня азотного живлення [64].

Дослідження показали, що за тривале використання чорнозему опідзоленого важкосуглинкового без застосування мінеральних добрив погіршує агрохімічні його показники. Так, вміст азоту легкогідролізованих сполук у контрольному варіанті без застосування мінеральних добрив становив у шарі 0–20 см 96 мг/кг, що менше на 9 мг/кг ґрунту на період закладання дослідів (табл. 7). У варіантах з внесенням різних видів мінеральних добрив вміст азоту мінеральних сполук зріс до 98 мг/кг у варіанті

$P_{60}K_{80}$ та до 118 мг/кг у варіанті з повною дозою мінеральних добрив ($N_{110}P_{60}K_{80}$). Найбільший вплив на забезпечення рослин азотом мало застосування азотний, а потім фосфорних добрив. Вплив калійних добрив на цей показник був незначним.

Таблиця 7

**Вміст азоту легкогідролізованих сполук за тривалого (з 2010 р.)
застосування добрив у польовій сівозміні (2024 р.), мг/кг**

Варіант досліджу		Шар ґрунту, см		
		0–20	20–40	40–60
Насиченість 1 га добривами у сівозміні	Доза добрив під кукурудзу			
Без добрив (контроль)	—	96	91	84
$P_{60}K_{80}$	$P_{60}K_{110}$	98	94	85
$N_{110}K_{80}$	$N_{160}K_{110}$	105	104	89
$N_{110}P_{60}$	$N_{160}P_{60}$	115	111	92
$N_{110}P_{60}K_{80}$	$N_{160}P_{60}K_{110}$	118	113	94

Дослідженнями встановлено, що сільськогосподарське використання ґрунту та внесення добрив також впливає, хоч і в меншій мірі, на вміст азоту легкогідролізованих сполук і в нижніх шарах ґрунту – 0–20 і 20–40 см.

Отже, тривале систематичне використання ґрунту для вирощування сільськогосподарських культур польової сівозміни призводить до погіршення його азотного режиму, тоді як застосування мінеральних добрив сприяє його поліпшенню.

Вміст фосфору у ґрунті є важливим інтегральним показником його родючості та легко піддається регулюванню внесення мінеральних та органічних добрив. Достовірне збільшення вмісту загального фосфору у верхньому шарі ґрунту відбувається завдяки фосфору добрив і біологічної

діяльності кореневої системи. Зменшення насичення сівозміни добривами зумовлює погіршення фосфатного режиму ґрунту. Це впливає на динаміку рухомих сполук фосфору та збільшує від'ємний баланс фосфору [37].

Як показали проведені дослідження, вміст рухомих сполук фосфору у контрольному варіанті досліді без застосування мінеральних добрив становить – 90 мг/кг, тобто ступінь забезпеченості рослин фосфором була середньою (табл. 8).

Таблиця 8

**Вміст рухомих сполук фосфору за тривалого (з 2010 р.) застосування
добрив у польовій сівозміні (2024 р.), мг/кг**

Варіант досліді		Шар ґрунту, см		У шарі 0–40 см	Ступінь забезпеченос ті рослин
		0–20	20–40		
Насиченість 1 га добривами у сівозміні	Доза добрив під кукурудзу				
Без добрив (контроль)	—	90	88	89	Середній
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	126	112	119	Підвищений
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	85	83	84	Середній
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	122	112	117	Підвищений
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	120	110	115	Підвищений

Особливо значне зниження вмісту рухомих фосфатів порівняно з вихідним вмістом у 2010 році (105 мг/кг) було відмічено на ділянках досліді з внесенням N₁₁₀K₈₀ – до 85 мг/кг у шарі ґрунту 0–20 см. За інших систем удобрення вміст рухомих сполук фосфору підвищувався і відповідно становив – 120–126 мг/кг, тобто ступінь забезпеченості рослин фосфором був підвищеним. Необхідно також зазначити, що внесення фосфорних добрив сприяло підвищенню вмісту рухомих фосфатів і в шарі ґрунту 20–40 см. Це, на нашу думку, перш за все пояснюється оранкою в сівозміні під кукурудзу

на 25–27 см.

Отже, внесення мінеральних добрив у польовій сівозміні впродовж тривалого періоду сприяє збільшенню вмісту рухомих сполук з 105 мг/кг до 120–126 мг/кг за внесення фосфорних мінеральних добрив.

За систематичного застосування добрив у ґрунті проходить низка перетворень, у результаті яких утворюються різні сполуки калію. Вони характеризуються різною доступністю для рослин. Оскільки перетворення калійних добрив у різних ґрунтах відбуваються неоднаково, тому виникла необхідність вивчити зміни вмісту рухомих сполук калію в чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу під впливом систематичного застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні.

Як показали проведені дослідження вміст рухомих сполук калію в шарі ґрунту 0–20 см у контрольному варіанті дослідів становив – 125 мг/кг. Це свідчить, що ступінь забезпеченості рослин калієм була підвищеною (табл. 9).

Таблиця 9

Вміст рухомих сполук калію за тривалого (з 2010 р.) застосування добрив у польовій сівозміні (2024 р.), мг/кг

Варіант дослідів		Шар ґрунту, см		У шарі 0–40 см	Ступінь забезпеченості рослин
Насиченість 1 га добривами у сівозміні	Доза добрив під кукурудзу	0–20	20–40		
Без добрив (контроль)	—	125	98	112	Підвищений
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	148	121	135	Високий
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	137	125	131	Високий
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	116	93	105	Підвищений
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	130	122	126	Високий

За внесення калійних добрив у польовій сівозміні в усіх варіантах

досліді вміст рухомих сполук калію підвищувався і відповідно становив – 130–148 мг/кг. Тобто за такого вмісту рухомих сполук калію ступінь забезпеченості рослин буде високою. У варіанті досліді без внесення калійних добрив добрив ($N_{110}P_{60}$) вміст рухомих сполук калію у шарі ґрунту 0–20 см становив 116 мг/кг, тобто його вміст знизився відносно початкового рівня на 16 мг/кг.

У варіанті з високою дозою внесення мінеральних добрив ($N_{110}P_{60}K_{80}$) вміст рухомих сполук калію становив 130 мг/кг. Тобто відносно контрольного варіанту досліді його вміст збільшився лише на 5 мг/кг і ступінь забезпеченості рослин калієм у цьому варіанті була високою. У шарі ґрунту 20–40 см також відбулися зміни вмісту рухомих сполук калію, хоч і менш значні.

Отже, отримані в тривалому стаціонарному польовому досліді дані показують значний вплив систематичного застосування мінеральних добрив у сівозміні на поживний режим і фізико-хімічні показники ґрунту. Застосування різних видів мінеральних добрив і їх поєднань дозволяє в необхідних межах регулювати агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого, а саме підвищувати вміст рухомих сполук основних елементів живлення і формувати необхідний їх запас у ґрунті.

4.2 Вплив видів мінеральних добрив на ріст рослин кукурудзи

Одним із основних завдань застосування удобрювальних продуктів у землеробстві є оптимальне забезпечення рослин елементами живлення та відновлення родючості ґрунтів. Поживні речовини необхідні кукурудзі впродовж усього періоду вегетації. Без цього не може бути сформований запрограмований рівень урожаю. За нестачі елементів живлення рослини відстають у рості й розвитку, листки набуває жовтуватого забарвлення. У кінцевому результаті це все відобразиться на продуктивності кукурудзи [39].

Встановлено, що на момент утворення 4–5-го листків висота надземної частини, залежно від варіанту дослідів становила від 22 до 34 см (табл. 10). Не дивлячись на те, що рослини у цей період ростуть повільно, поліпшення їх живлення позитивно впливає на ростові процеси. Повільний ріст кукурудзи спостерігається до червня. У липні–серпні вона інтенсивно росте, що пояснюється посиленням ростом міжвузля. Коренева система глибше проникає в ґрунт, що дозволяє освоїти великий його об'єм. Інтенсивне засвоєння поживних речовин у цей період призводить до того, що надземна маса досягає висоти, яка у два рази перевищує висоту у фазу 4–5-го листків. У фазу викидання волотей вона становить від 159 до 218 см залежно від варіанту дослідів.

Таблиця 10

Динаміка висоти кукурудзи за різних видів мінеральних добрив та їх поєднань (2024 р.), см

Варіант дослідів		Фаза росту й розвитку рослин				
Насиченість 1 га добривами у сівозміні	Доза добрив під кукурудзу	4–5 листків	9–10 листків	Викидання волотей	Молочно- воскова стиглість	Повна стиглість
Без добрив (контроль)	—	22	64	159	201	206
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	26	78	176	216	219
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	29	86	195	246	249
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	32	95	215	255	257
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	34	98	218	260	263

Найбільша висота рослин у фазу молочно-воскової стиглості була у варіанті дослідів з внесенням азотних і фосфорних і повного мінерального добрива і відповідно становила 255 і 260 см.

Одержані дані свідчать, що висота рослин знаходиться в значній залежності від видів мінеральних добрив та їх поєднань.

4.3 Вплив видів мінеральних добрив на динаміку площі листкової поверхні рослин кукурудзи

Надземна маса кукурудзи наростає досить нерівномірно. Навіть за сприятливих погодних умовах від сходів до сьомого листка рослини повільно накопичують біомасу. Після цього у рості рослини настає перелом – вони переходять до періоду інтенсивного росту. Найбільше надземна маса кукурудзи наростає на кінець цвітіння. Потім повільно накопичується маса качанів. До настання повної стиглості маса рослин поступово зменшується.

Встановлено, що площа листкової поверхні кукурудзи у різні фенологічні фази залежала від видів внесених мінеральних добрив (табл. 11).

Таблиця 11

Вплив добрив на площу листкової поверхні рослин кукурудзи у тривалому польовому досліді (2024 р.), тис. м²/га

Варіант досліді		Фаза росту й розвитку рослин			
Насиченість 1 га добривами у сівоzmіні	Доза добрив під кукурудзу	4–5 листкі в	9–10 листків	Викидання волотей	Молочно-воскова стиглість
Без добрив (контроль)	—	0,43	15,6	44,3	40,1
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	0,48	18,0	47,1	42,3
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	0,56	18,9	49,5	44,6
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	0,58	20,1	52,8	49,2
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	0,54	22,1	53,4	50,2

Збільшенню площі листової поверхні рослин кукурудзи на чорноземі опідзоленому сприяє внесення мінеральних добрив, особливо азотних і фосфорних. Площа листової поверхні була більшою порівняно з контролем у всіх варіантах досліду з удобренням у всі фази розвитку. Найбільших значень вона набувала у фазу викидання волотей і складала 53,4 тис. м²/га у варіанті з внесенням N₁₁₀P₆₀K₈₀.

Найпомітніша різниця між варіантами досліду за листовим індексом була в другій половині вегетації. При цьому у варіанті з внесенням N₁₁₀P₆₀K₈₀ площа листків рослин кукурудзи була на 20 % більшою за контроль.

Отже, максимальне значення площі листової поверхні рослини кукурудзи мають у період від викидання волотей до формування й наливу зерна. Ці показники в усіх варіантах досліду були в оптимальних межах для польових культур.

4.4 Формування продуктивності кукурудзи за різного удобрення

Велике значення в структурі врожаю кукурудзи має структура качана. Це господарсько цінні показники – кількість рядів зерен, зерен у ряді, маса 1000 зерен [46]. У досліді було встановлено певні зміни показників структури урожаю залежно від особливостей вирощування культури. Оскільки кукурудза у своєму розвитку проходить низку важливих етапів, то на кожному з них формується один із складників урожайності – кількість зернин в качані, маса 1000 зерен тощо.

Важливим показником продуктивності кукурудзи і, відповідно, показником реакції культури на удобрення є кількість зерен у качані. Так, найменшою кількістю зерен в качані у рік проведених досліджень серед досліджуваних варіантів з удобренням характеризувались рослини, вирощені у варіанті без добрив і за внесення лише фосфорних і калійних добрив – відповідно 407 і 422 шт (табл. 12).

У варіанті з внесенням азотних мінеральних добрив кількість зерен у

качані зростала до 443–481 шт. залежно від варіанту дослідів. Також необхідно зазначити, що на озерненість качаа значний вплив має поліпшення фосфорного живлення рослин.

Таблиця 12

Вплив тривалого застосування різних видів мінеральних добрив на складові структури урожаю кукурудзи, 2024 р.

Варіант дослідів		Кількість зерен у качані	Маса 1000 зерен, г	Маса зерен з качана, г
Насиченість 1 га добривами у сівозміні	Доза добрив під кукурудзу			
Без добрив (контроль)	—	407	267	109
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	424	271	115
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	443	275	122
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	476	278	132
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	481	280	135

Отже, внесення різних видів мінеральних добрив має помітний вплив на кількість зерен у качані і відповідно на формування в цілому урожаю зерна кукурудзи.

Важливим показником структури урожаю також є маса 1000 зерен. Дані про вплив різного удобрення на масу 1000 зерен кукурудзи наведено в табл. 11. З даних табл. 11 видно, що на формування маси 1000 зерен був суттєвим і особливо істотним вплив умов мінерального живлення. Так, на тлі внесення у сівозміні P₆₀K₈₀ маса 1000 насінин становила 267 г. У цьому варіанті вона перевищувала контрольний варіант без застосування мінеральних добрив на 4 г. За внесення мінеральних добрив у парних комбінаціях, до складу яких входив азот, відобразилось на зростанні маси 1000 зерен до 275–278 г. У варіанті з повною дозою мінеральних добрив

(N₁₁₀P₆₀K₈₀) сприяло поліпшенню ростових процесів і відповідно формуванню більш крупнішого зерна, ніж у варіанті без застосування азотних добрив. Маса 1000 зерен становила 280 г, що перевищувало масу контрольного варіанту дослідів на 13 г або на 5 %.

Отже, на формування маси 1000 зерен кукурудзи найбільший вплив має внесення азотних добрив, потім фосфорних. Вплив калійних добрив на цей показник був несуттєвим – менше 1 %.

До основних показників структури врожаю кукурудзи відносять кількість зерен у качані. Вона зумовлюється генетичним потенціалом продуктивності гібриду (довжина качана, кількість рядів, кількість зерен у ряду), погодних умов у період формування суцвіття, цвітіння і формування зерен; розміру і активності роботи фотосинтетичного апарата у період закладання та формування качана й зерен, конкуренції між окремими рослинами, впливу несприятливих чинників – хвороб і шкідників. Дані про вплив різних доз добрив на масу зерна з качана кукурудзи наведені в табл. 11. Вона зумовлена його довжиною, виповненістю верхівки, кількістю рядів зерен і зерен у ряду, а також їх величиною. Встановлено, що на формування маси зерн у качані впливали види внесених мінеральних добрив. При цьому найбільший вплив мали азотні добрива.

Величина урожаю і якість рослинної продукції є основними показниками, які визначають рівень продуктивності сільськогосподарських культур та цінність їх продукції для національної економіки [68].

Урожайність є узагальненою оцінкою кожного агротехнологічного заходу. Аналіз експериментальних даних одержаних у тривалому стаціонарному досліді показав, що мінеральні добрива сприяють поліпшенню поживного режиму ґрунту, мають значний вплив на мінеральне живлення рослин, забезпечують при цьому збільшення величини урожаю кукурудзи і поліпшення його якості (табл. 13).

Як свідчать дані табл. 13, у 2024 році в проведеному досліді найнижча врожайність зерна кукурудзи була у контрольному варіанті без внесення

мінеральних добрив і становила 6,87 т/га. Дослідження показали, що на величину одержаного врожаю суттєвий вплив має рівень удобрення. Так, врожайність зерна кукурудзи за вирощування на удобрених ділянках повним мінеральним добривом була 8,92 т/га.

Таблиця 13

Вплив різних видів мінеральних добрив та їх поєднань на врожайність зерна кукурудзи і його якість у 2024 р.

Варіант досліду		Урожайність, т/га	Приріст урожаю від добрив		Вміст, %	
Насиченість 1 га добривами у сівозміні	Доза добрив під кукурудзу		т/га	%		
			білка	крохмалю		
Без добрив (контроль)	—	6,87	—	—	7,18	64,1
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	7,34	0,56	8	7,58	63,7
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	7,91	1,04	15	7,80	62,3
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	8,68	1,81	26	9,35	60,9
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	8,92	2,05	30	9,46	59,4

NIP₀₅

0,51

Отже, внесення мінеральних добрив позитивно відображалось на рості врожайності. Так, у варіанті досліду P₆₀K₈₀ врожайність кукурудзи зросла на 0,56 т/га або на 8 %, у варіанті N₁₁₀K₈₀ врожайність зросла на 1,04 т/га або на 15 % і найвищою величиною урожаю, а відповідно і приростом від внесення мінеральних добрив характеризувався варіант N₁₁₀P₆₀K₈₀. У цьому варіанті досліду приріст урожайності від внесення мінеральних добрив становив 2,05 т/га або 30 % і був найвищим. Ефективність саме цього варіанту удобрення підтверджується і показником NIP₀₅ – 0,51.

За врожайністю кукурудзи на ділянках досліду парними комбінаціями основних елементів живлення і повного мінерального добрива встановлено, що найбільший вплив на формування урожаю зерна мають азотні добрива.

На фосфорно-калійному тлі приріст урожаю від поліпшення азотного живлення становив 1,58 т/га, або 22 %. Застосування фосфорних добрив було менш ефективним але приріст урожайності зерна був достовірним – 1,01 т/га або 13 %. Калійні добрива були найменш ефективними. Приріст урожайності кукурудзи становив лише 0,24 т/га і був у межах помилки досліду.

Отже, для забезпечення високої врожайності кукурудзи слід забезпечити рослини високим фоном мінерального живлення, особливо азотом.

Пріоритетним напрямком в удобренні кукурудзи має бути внесення мінеральних добрив, направлене на поліпшення якості зерна кукурудзи – головним чином це має бути збільшення вмісту в ньому білкових сполук. Численні досліді, проведені в різних ґрунтово-кліматичних зонах, показують, що цього можна досягнути перш за все посиленням азотного живлення [93]. За посиленого азотного живлення, як вказують [28, 57] та інші автори, синтез білків завдяки первинним продуктам фотосинтезу (вуглеводам) відбувається інтенсивніше. У зв'язку з цим кількість вуглеводів зменшується. Це призводить до зниження вмісту крохмалю і жиру, для утворення яких вуглеводи є вихідними сполуками.

Як показали проведені дослідження, в контрольному варіанті досліду вміст білка в зерні кукурудзи становить 7,18 % (див. табл. 13).

Дослідженнями було встановлено, що вміст білку підвищується досить виразно у тих варіантах, де застосовуються азотні мінеральні добрива. І саме у цих варіантах вміст білка в зерні є значно більшим, ніж на ділянках без добрив. Так, для гібриду, що висівався в досліді, у варіанті з внесенням азотно-калійних і азотно-фосфорних мінеральних добрив вміст білку становив відповідно 7,80 і 9,35 %, у варіанті застосування повної дози мінеральних добрив – 9,46 %.

Проте, у варіантах досліду, де вміст білка підвищувався, відмічалось зменшення вмісту крохмалю (див. табл. 13).

При внесенні мінеральних добрив вміст крохмалю знизився у варіанті з застосуванням азотних мінеральних добрив відповідно до 62,3 і 60,9 % порівняно з контролем, у варіанті із повною дозою мінеральних добрив $N_{110}P_{60}K_{80}$ вміст крохмалю становить – 59,4 %.

Отже, види мінеральних добрив та їх поєднання у системі удобрення кукурудзи мають значний вплив на формування врожаю та якості зерна кукурудзи. При цьому найбільше значенні у формуванні продуктивності кукурудзи на чорноземі опідзоленому в умовах Правобережного Лісостепу мають умови азотного живлення рослини.

РОЗДІЛ 5

**ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПІД
КУКУРУДЗУ РІЗНИХ ВИДІВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

Кукурудза як зернова культура має важливе значення в стабільному розвитку сільськогосподарського виробництва. В останні десятиріччя її площі посіву в Україні значно зросли. Валові збори зерна також збільшилися. При цьому одне з важливих місць у технології вирощування кукурудзи займає система застосування добрив. Це обумовлено, з одного боку, високою вимогливістю культури до умов мінерального живлення, а з іншого – вартістю мінеральних добрив. У зв'язку з цим важливе значення має розробка ресурсо- та енергоощадних технологій оптимізації живлення кукурудзи [61].

На ефективність мінеральних добрив значний вплив має технологія їх застосування – строки, дози, способи і технічні засоби внесення. За інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур від правильного її вибору у певних ґрунтово-кліматичних умовах залежить доступність рослинам і величина втрат елементів живлення з добрив, їх вплив на врожай, якість і довкілля. Основними показниками економічної ефективності застосування добрив є вартісні показники – собівартість, валовий дохід, прибуток. Критерієм економічної ефективності є рівень доходів, що дозволяє розширити виробництво. При цьому необхідно враховувати при розрахунку економічної ефективності й інші показники – як ті, що безпосередньо пов'язані з рівнем виробництва, так і ті, що опосередковано впливають на нього. З урахуванням складності оцінювання в сучасних умовах виробництва впливу окремих заходів на кінцевий результат застосування мінеральних добрив, при визначенні економічної ефективності розраховується сумарний економічний ефект. Впровадження всього їх комплексу, який відрізняється залежно від природно-економічних умов господарств, наявності матеріальної бази та рівня організації виробничого

процесу залежить кінцевий результат [44].

Розрахунки виробничих витрат на вирощування кукурудзи проводили за нормативними витратами згідно технологічних карт проведення певних операцій. В основу розрахунку економічної ефективності було покладено ціни реалізації на зерно кукурудзи і ціни придбання добрив і паливно-мастильних матеріалів, що склалися четвертому кварталі 2024 року.

До витрат, що пов'язані із застосуванням добрив, враховувалися їх вартість, витрати на навантаження, перевезення і внесення добрив, а також витрати, що пов'язані з приростом врожаю, одержаного завдяки внесенню мінеральних добрив.

Розрахунки економічної ефективності застосування мінеральних добрив під кукурудзу у польовій сівоzmіні показано в табл. 14.

Таблиця 14

Економічна ефективність застосування різних видів мінеральних добрив під кукурудзу у польовій сівоzmіні (за цінами 2024 року)

Показник	Варіант досліджу				
	Без добрив (контроль)	P ₆₀ K ₁₁₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	N ₁₆₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀
Врожайність, т/га	6,87	7,34	7,91	8,18	8,92
Ціна 1 т зерна, грн	9800	9800	9800	9800	9800
Вартість зерна за ціною реалізації, грн/га	67326	71932	77518	80164	87416
Матеріально грошові витрати, грн/га	25274	36786	40121	39235	45434
Собівартість зерна, грн/т	3679	5012	5072	4796	5093
Умовно-чистий прибуток грн/га	42052	35146	37397	40929	41982
Рівень рентабельності, %	166	96	93	104	92

Із даних табл. 14 видно, що матеріально-грошові витрати, пов'язані із вирощуванням кукурудзи у польовій сівозміні становлять 25274–45434 грн на 1 га площі сівозміни. За внесення повної дози мінеральних добрив вони збільшуються в 1,8 раза порівняно з варіантом, де добрива не вносили. Найнижчі витрати були у варіанті без добрив – 25274 грн на 1 га.

Найнижча собівартість 1 т кукурудзи була у варіанті без добрив – 3679 грн, а найвища – у варіанті з повною дозою мінеральних добрив ($N_{160}P_{60}K_{110}$) – 5093 грн.

Важливим показником економічної ефективності застосування добрив під кукурудзу є умовно чистий прибуток. Найвищий умовно чистий прибуток 1 га кукурудзи було отримано у варіантах дослідів $N_{160}P_{60}K_{110}$ та без добрив (контроль) і становив 41982–42052 грн, а найнижчий – у варіанті $P_{60}K_{110}$, що становив 35146 грн.

З проведених розрахунків економічної ефективності застосування різних видів і доз мінеральних добрив під кукурудзу в польовій сівозміні можна зробити висновок, що з усіх досліджуваних варіантів удобрення економічно вигідним є варіант $N_{160}P_{60}K_{110}$ у якому одержано найвищу величину умовно чистого прибутку з відносно високим рівнем рентабельності 92 %.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

6.1 Організація умов і заходів з охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив

У сучасних інтенсивних технологіях вирощування сільськогосподарських культур широко застосовують механізацію, засоби захисту рослин і добривальні продукти. Це сприяє підвищенню продуктивності культур, але й вимагає організації відповідних умов і охорони праці [11].

Основні положення з охорони праці встановлені і регламентуються Конституцією України (основним законом), Кодексом законів про працю, Законом «Про охорону праці», а також розробленими на їх основі й відповідно до них нормативно-правовими актами.

У сільському господарстві охорона праці має велике значення. Особливо це стосується роботи з пестицидами і добривальними продуктами. Правильне і своєчасне внесення добривальних продуктів у ґрунт потребує застосування високопродуктивної техніки, чіткої організації робіт. При цьому необхідно створити необхідні гігієнічні умови для працівників.

Не виконання правил техніки безпеки, експлуатації машин та вимог санітарії зумовлює виникнення небезпечних ситуацій у виробництві (НС). Проте небезпечні ситуації не початкова ланка під час визначення шкідливих чинників. Передумовою виникнення (НС) є небезпечна умова (НУ). Небезпечною умовою при внесенні добрив можуть бути:

НУ₁ – відсутність кваліфікованих робітників для налагодження трактора чи сільськогосподарських машин;

НУ₂ – робітники не мають необхідної професійної підготовки з питань охорони праці;

НУ₃ – відсутні захисні щитки частин трактора чи інших машин, що рухаються;

НУ₄ – не дотримуються правила техніки експлуатації трактора, сільськогосподарських машин і механізмів.

Наявність на робочому місці цих небезпечних умов праці призводить до виникнення небезпечної дії (НД). Небезпечною дією вважається ситуація, неправильний рух, або ж бездіяльність у відповідній ситуації, що за наявності НУ може викликати травмонезбезпечні, аварійні чи катастрофічні явища. Для кожної небезпечної умови є свої небезпечні дії:

НД₁ – ремонт і регулювання трактора та сільськогосподарських машин з не заглушеним двигуном;

НД₂ – потрапляння тракториста або інших робочих у небезпечну або робочу зону трактора чи інших сільськогосподарських машин;

НД₃ – тракторист або інший робочий дуже близько наблизився до частин трактора чи іншої машини, що рухається;

НД₄ – підвищене навантаження на трактор або сільськогосподарської машини.

За умови поєднання небезпечних умов і дій настає небезпечна ситуація (НС):

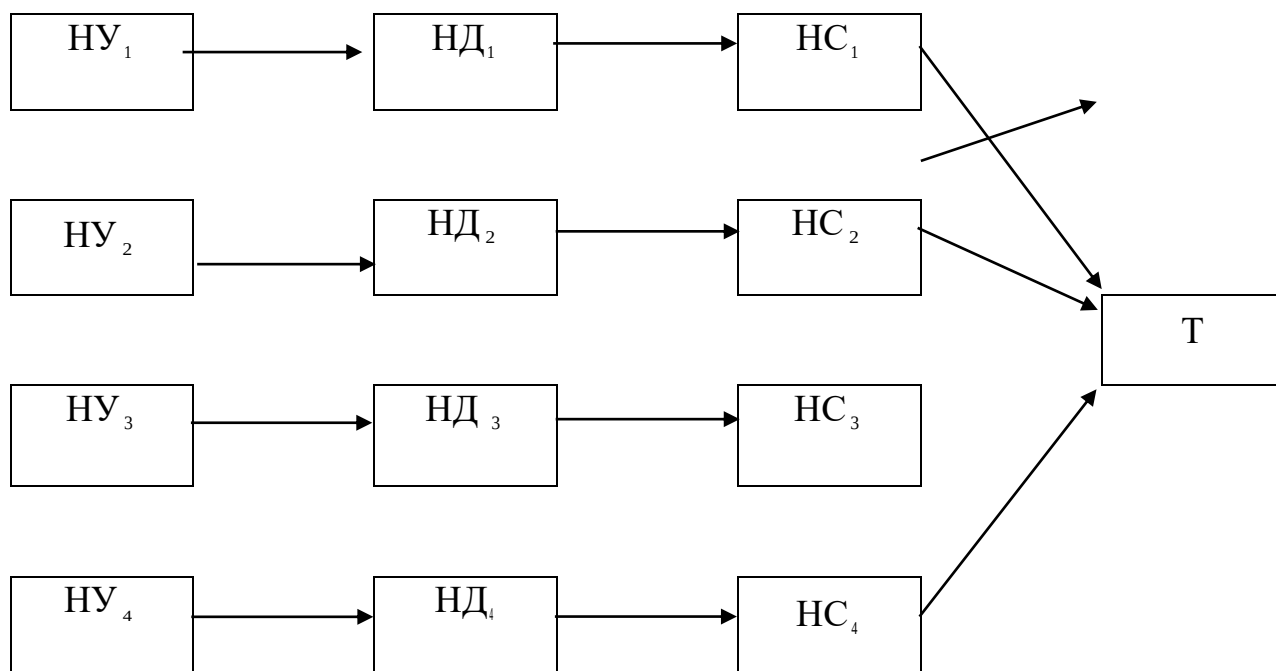
НС₁ – наїзд або рух трактора чи інших машин без управління;

НС₂ – вплив робочих органів трактора чи інших машин під час виконання роботи;

НС₃ – захоплення одягу або частин тіла незахищеними частинами трактора чи інших машин, що рухаються;

НС₄ – обрив кріплення робочих органів, поломка валів, транспортерів, обрив пасів і цепів.

За виникнення небезпечної ситуації неминучою умовою можливих наслідків буде травма (Т). Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, умов і ситуацій під час внесення мінеральних добрив можна відобразити за допомогою такої схеми:



Модель можливих небезпечних ситуацій під час внесення удобрювальних продуктів

Отже, для запобігання виникнення травм під час внесення удобрювальних продуктів необхідно передбачити і запобігти виникненню усіх можливих небезпечних умов, небезпечних дій і небезпечних ситуацій. Для цього необхідно:

1. Організувати і провести навчання працівників з питань охорони праці;
2. Забезпечити необхідний контроль під час проведення сільськогосподарських робіт;
3. Не використовувати у роботі трактор та сільськогосподарські машини без захисних щитків і некваліфікованого налагодження;
4. Забезпечити виконання вимог виробничої санітарії під час роботи безпосередньо з удобрювальними продуктами;
5. Категорично заборонено піднімати працівників на машини під час їх руху, а також спускання з них.

Для підвищення рівня техніки безпеки і охорони праці під час виконання робіт з удобрювальними продуктами необхідно впроваджувати наступні заходи:

1. Якісно проводити інструктажі з питань охорони праці;

2. Проводити навчання працівників з охорони праці відповідно до діючого законодавства з наступною перевіркою рівня знань;
3. Під час проведення сільськогосподарських робіт посилити контроль за виконанням правил безпеки праці.

6.2 Охорона навколишнього природного середовища під час застосування мінеральних добрив

У технології вирощування кукурудзи застосовують у значній кількості пестициди і добривальні продукти, які можуть негативно впливати на довкілля. Проте це відбувається лише за умови їх неправильного внесення або застосування неякісних препаратів.

Агротехнологія кукурудзи передбачає застосування якісних продуктів. Тому варто завчасно та продумано вибирати посівний матеріал певного гібриду із відповідними біологічними характеристиками, добривальні продукти і дозволені до використання засоби захисту рослин. Вибір якісного насінєвого матеріалу потребує особливої уваги, оскільки це сприятиме одержанню дружних сходів і оптимальної густоти стояння рослин.

Ґрунт є важливою екологічною складовою довкілля. У процесі землекористування він, зазнає істотного екологічного навантаження. За даними Міністерства екології і природних ресурсів України коефіцієнт екологічної стабільності землекористування низький і становить 0,41. Тобто землекористування в загальному оцінюється «стабільно нестійким».

У Законі України «Про пестициди і агрохімікати», стаття 20 зазначено, що порушення законодавства про неправильне їх використання має цивільну, дисциплінарну, адміністративну або ж і кримінальну відповідальність відповідно до чинного законодавства.

Ґрунти є однією зі складових довкілля. Це особливе природне утворення, яке має певні якості. Найважливіша з них – родючість, тобто здатність забезпечувати ріст, розвиток рослин і формування врожаю. Ця

якість ґрунту має першочергове значення в житті людини. Вплив людини на ґрунти є складовою частиною загального впливу суспільства на педосферу і природу в цілому. Вплив людини на родючий шар значно збільшився у період науково-технічної революції. При цьому не лише посилюється взаємодія людини з ґрунтом, але й змінюються основні принципи взаємодії. Прагнення людини одержувати високі врожаї обумовило збільшення обсягів застосування неорганічних добривальних продуктів. Але не завжди неорганічні добривальні продукти приносять лише користь. Є ще і негативні наслідки: погіршення стану довкілля під час видобування сировини для виробництва добривальних продуктів, їх виробництво, транспортування, зберігання та внесення у ґрунт. Нині питанню збереження довкілля в Україні приділяють значну увагу. Вчені багатьох країн розробляють комплекс заходів, що спрямовані на запобігання забрудненню біосфери як добривами, так і підприємствами, що їх виробляють [86].

Нині основним засобом підвищення продуктивності сільськогосподарських культур є внесення в ґрунт добривальних продуктів органічного та неорганічного походження. Коли ґрунт знаходиться у природному біоценозі, то в ньому проходить натуральний колообіг речовин. Елементи живлення, що виносять рослини з ґрунту, після їх відмирання знову повторно до нього повертаються. Але за вилучення основної та нетоварної частини урожаю природний колообіг порушується. Тому виникає необхідність додаткового повернення в ґрунт елементів живлення внесенням з добривальними продуктами. Однак інколи добрива вносять в кількостях, які не збалансовані зі споживанням сільськогосподарськими культурами. Тому вони стають джерелом забруднення ґрунтів, сільськогосподарської продукції, ґрунтових вод, а також природних водоймищ, річок, атмосфери.

Основними причинами забруднення довкілля, на думку М. Й. Шевчука з колегами [91], є наступні: недосконалість організаційних форм, а також технології транспортування, зберігання, змішування і внесення добривальних продуктів, недосконалість форм добривальних продуктів,

їх хімічних, фізичних і механічних властивостей. Так, суттєвим недоліком є їх транспортування від заводу до поля, а також зберігання. Розвиток науково-технічного прогресу, сучасний стан екології, передумови до біологізації рослинництва призвели до змін у відношенні до ефективності використання добрив. Важливе значення має проблеми їх економічної ефективності: теоретичному обґрунтуванню визначення економічної ефективності; розробці методик оцінювання використання; виявленню критеріїв і уточненню системи показників ефективності виробничої діяльності; пошуку шляхів підвищення економічної ефективності для стабілізації і зростання виробництва продукції рослинництва в умовах збереження довкілля.

На ефективність застосування добрив значний вплив має технологія їх застосування – строки, дози, способи і технічні засоби внесення. Важливу роль у підвищенні їх ефективності має вибір способів їх внесення. Нині найбільш ефективним і екологічно прийнятним вважається локальний, що дозволяє одержати на чорноземах 5,8–11,0 кг зерна на 1 кг азоту, що на 20–40 % більше, ніж за поверхневого розподілу добрив. Ефективність локального внесення фосфорних добрив у рядки вища на 20–35 %, ніж за поверхневого розкидання під основний обробіток ґрунту. За локального внесення мінеральних добрив нерівномірність їх розподілення по площі поля не перевищує 8–10 %, зменшується вимивання з прикореневої зони, пришвидшується розвиток рослин і досягання врожаю. Ефективним є також використання комплексних і складно-змішаних добрив. Зазвичай повне мінеральне добриво підвищує врожайність сільськогосподарських культур в 1,4–1,8 рази порівняно з парною комбінацією елементів живлення. Використанням складних добрив або тукоsumішей можна досягти того, що рослини будуть знаходити в ґрунтовому розчині всі необхідні поживні речовини в оптимальних співвідношеннях. У країнах з інтенсивним землеробством частка комплексних добрив складає 30–50 % загального обсягу їх застосування [15].

Отже, на основі узагальненого матеріалу можна зробити такий висновок: одним зі шляхів ефективного і екологічно безпечного застосування неорганічних удобрювальних продуктів є нарощування обсягів промислового їх виробництва, а також раціональніше використання видів і нових їх форм, що забезпечать збалансоване за вмістом і поєднанням елементів живлення під конкретні сільськогосподарські культури або групи культур.

ВИСНОВКИ

1. Згідно огляду літературних джерел, ефективність застосування мінеральних добрив під кукурудзу залежить від їх видів у певних ґрунтово-кліматичних умовах.
2. Виявлено, що найбільшу підкислювальну дію має внесення азотних і калійних добрив. Через 14 років їх застосування $pH_{\text{сол}}$ у шарі ґрунту 0–20 см знизилось з 5,7 до 5,5. При цьому гідролітична кислотність стала 3,7–3,8 смоль/кг за показника на контролі 2,9 смоль/кг ґрунту.
3. З'ясовано, що застосування мінеральних добрив, у першу чергу азотних, сприяє підвищенню вмісту в шарі ґрунту 0–20 см азоту лужногідролізованих сполук з 96 (контроль) до 118 мг/кг (варіант $N_{160}P_{60}K_{110}$).
4. Застосування фосфорних добрив у польовій сівозміні в дозі 60 кг/га д. р. сприяло створенню підвищеного рівня забезпеченості рослин фосфором (115–119 мг/кг ґрунту в шарі 0–20 см).
5. Виявлено, що калійні добрива, внесені в дозі 80 кг/га д. р., змінюють ступінь забезпеченості рослин калієм з підвищеного на високий (130–148 мг/кг ґрунту в шарі 0–20 см).
6. Встановлено, що вплив добрив на ріст рослин кукурудзи залежав від їх видів і поєднань. В усі фази розвитку рослини кукурудзи найбільшу висоту мали у варіанті дослідів $N_{160}P_{60}K_{110}$. При цьому найбільший вплив мала азотна складова повного добрива.
7. Показано, що у фазу викидання волотей кукурудзи азотні добрива збільшували площу листків на 13 %, а фосфорні – на 8 %. Калійні добрива майже не впливали на цей показник.
8. Проаналізовано і встановлено, що найбільший вплив на кількість зерен у качані та їх масу мають азотні добрива, потім – фосфорні. Вплив калійних добрив незначний.

9. Доведено, що за характером впливу на врожайність найбільший вплив мали азотні добрива – 22 %, фосфорні – 13 %, тоді як дія калійних добрив була в межах помилки досліду.

10. Встановлено, що всі види мінеральних добрив сприяють підвищенню вмісту білка в зерні кукурудзи, тоді як вміст крохмалю знижують. Так, у варіанті $N_{160}P_{60}K_{110}$ порівняно з контролем вміст білка підвищувався на 32 %, а крохмалю – знижувався на 7 %.

11. З погляду економічної ефективності в нинішніх умовах ціноутворення на добрива, паливно-мастильні матеріали та зерно кукурудзи, найбільш економічно виправданою є дозою внесення мінеральних добрив $N_{160}P_{60}K_{110}$, що забезпечує рівень рентабельності 104 %.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під кукурудзу доза внесення мінеральних добрив за нинішніх умов господарювання повинна становити $N_{160}P_{60}K_{110}$, що сприятиме відновленню родючості ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Азуркін В. О., Поліщук І. С., Мазур В. А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння для виробництва біоетанолу. *Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. Сер.: Сільськогосподарські науки*. 2011. Вип. 8 (48). С. 27–30.
2. Асанішвілі Н. М., Юла В. М., Шляхтурова С. П. Формування елементів структури врожаю кукурудзи під впливом технології вирощування в Лісостепу. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2020. Вип. 96. С. 663–676.
3. Бомба М., Дудар І., Литвин О. та ін. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від площі живлення. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер. Агрономія*. 2013. № 17(2). С. 64–67.
4. Базалій В. В., Коковіхін С. В., Михайленко І. В. Моделювання продукційного процесу рослин кукурудзи в умовах зрошення півдня України з використанням інформаційних технологій. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 80. С. 14–20.
5. Бикін А. В., Тарасенко О. В. Вологозабезпечення рослин кукурудзи за внесення мінеральних добрив і прямої сівби. *Наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 22. С. 133–137.
6. Буджерак А. І., Остапенко І. В., Приймак Г. П. Формування продуктивності сучасних гібридів кукурудзи під впливом добрив. *Біологічні науки і проблеми рослинництва (Зб. наук. пр. УДАУ)*. 2003. С. 840–844.
7. Величко В. А. Екологія родючості ґрунтів. Київ : Аграрна наука, 2010. 274 с.
8. Гож О. А., Марченко Т. Ю., Котов Б. С. Вплив комплексних мікродобрив на основні біометричні параметри гібридів кукурудзи. «Біологічні дослідження – 2014»: Зб. наук. пр. V Всеукр. н.-п. конференції молодих учених і студентів. 2014. С. 28–31.
9. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив. Київ : Нічлава, 2002. 344 с.

10. Гаврилюк В. М. Кукурудза в вашому господарстві. Київ : Світ, 2001. 234 с.
11. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці; за ред. М. П. Гандзюка. Київ : Каравела, 2011. 384 с.
12. Гень С. П. Урожайність зерна кукурудзи залежно від систем удобрення і обробітку ґрунту. *Бюл. Інституту с. г. степової зони*. 2011. № 1. С. 117–121.
13. Глушко Т. В. Вплив зрошення та мінеральних добрив на урожайність гібридів кукурудзи в умовах південного Степу України. *Зрошуване землеробство*. 2012. Вип. 57. С. 116–118.
14. Господаренко Г. М. Агрохімія мікроелементів. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2023. 416 с.
15. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2024. 572 с.
16. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.
17. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ : «СІК ГРУП Україна», 2016. 276 с.
18. Господаренко Г. М., Любич В. В., Леонова К. П. Агрохімічні параметри родючості чорнозему опідзоленого та врожайність кукурудзи залежно від вапнування і удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2022. №126. С. 22–28. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.4>.
19. Господаренко Г. М., Любич В. В., Леонова К. П., Стоцький В. В. Вплив вапнування чорнозему опідзоленого та удобрення на врожайність кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2022. №13. С. 35–39.
20. Господаренко Г. М., Любич В. В., Мартинюк А. Т. Агрохімічні властивості ґрунту за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. №19. С. 34–38. DOI: [10.32848/agrar.innov.2023.19.5](https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.5).
21. Господаренко Г. М., Любич В. В., Мартинюк А. Т., Стасіневич О. Ю. Параметри родючості ґрунту та продуктивність польової сівоzmіни за

внесення добрив і вапна. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2023. Вип. 102. Ч. 1. С. 7–16. DOI: 10.32782/2415-8240-2023-102-1-7-16.

22. Господаренко Г. М., Любич В. В., Стоцький В. В. Вплив різних видів і доз добрив на продуктивність зернової сівозміни. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Агрономія і біологія». 2022. Вип. 2 (48). С. 46–50. DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.7>.

23. Господаренко Г. М., Мартинюк А. Т., Бойко В. П. Продуктивність польової сівозміни у разі калійдефіцитної системи удобрення. *Вісник Полтавської ДАА*. 2021. № 1. С. 28–37.

24. Господаренко Г. М., Нікітіна О. В., Прокопчук І. В. Еколого-економічне обґрунтування рівня та системи удобрення в польовій сівозміні. Матер. IV Міжнар. н.-п. конф. «Актуальні проблеми сучасної аграрної науки». Умань : ВПЦ «Візаві», 2016. С. 36–38.

25. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Бойко В. П. Поживний режим ґрунту в польовій сівозміні за різного удобрення. *Вісник Уманського НУС*. 2019. №1. С. 37–43.

26. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Кривда Ю. І., Нікітіна О. В. Агрохімічні показники якості чорнозему опідзоленого після тривалого (49 років) застосування добрив у польовій сівозміні. *Зб. наук. пр. «Охорона ґрунтів»*. 2014. Вип. №1. С. 135–139.

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

28. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В., Садовський І. С. Структура врожаю кукурудзи залежно від системи удобрення в умовах Правобережного Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. №1(7). С. 26–38. DOI: 10.54651/agri.2023.01.04

29. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Мартинюк А. Т. Агроекономічні перспективи застосування азотних добрив під польові культури. *Зб. наук. пр.*

Уманського НУС. 2021. Вип. 99. Ч. 1. С. 6–16. DOI: 10.31395/2415-8240-2021-99-1-6-16.

30. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Мартинюк А. Т., Бойко В. П. Винесення основних елементів живлення з ґрунту культурами польової сівозміни за різного удобрення. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. №91. С. 31–40.

31. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Нікітіна О. В. Агрохімія калію; за заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.

32. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Новак А. В. Вплив метеорологічних умов та удобрення на врожайність кукурудзи у Правобережному Лісостепу. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2023. Вип. 102. Ч. 1. С. 26–34. DOI: 10.32782/2415-8240-2023-102-1-26-34.

33. Господаренко Г. Система удобрення кукурудзи. *Пропозиція*. Спецвипуск. 2020. №3. С. 10–13.

34. Господаренко Г. Удобрення кукурудзи. *The Ukrainian Farmer*. 2020. № 10 (130). С. 64–66.

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

36. Господаренко Г. М. Урожайність кукурудзи за НРК-дефіцитних систем удобрення в польовій сівозміні. Матеріали VII Всеукр. наук.-пр. конф. «Актуальні питання аграрної науки» (Умань, 21 грудня 2020 р.). Умань : УНУС, 2020. С. 10–12.

37. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Бойко В. П. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив кукурудзою. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2019. Вип. 95. Ч. 1. С. 76–89.

38. Господаренко Г., Прокопчук І., Бойко В. Урожайність і якість зерна кукурудзи за різного удобрення в польовій сівозміні. *Вісник Львівського НАУ. Агрономія*. 2021. № 25. С. 142–145.

39. Господаренко Г., Стоцький В. Формування врожаю кукурудзи за різного удобрення в польовій сівозміні. Матеріали Всеукр. наук.-практ.

інтернет-конф. «Рубіновські читання» (16 травня 2023 р., Умань). Умань : Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2023. С. 19–20.

40. Господаренко Г. М. Живлення та удобрення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2015. №8 (303). С. 30–32.

41. Господаренко Г. М. Удобрення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2010. №10(185). С. 18–19.

42. Демиденко О. В. Відтворення чорнозему в агроценозі. Чорнобай : Чорнобаївське КПП, 2020. 108 с.

43. Дем'янчук О. П. Продуктивність та кормова цінність різностиглих гібридів кукурудзи залежно від строку сівби і позакореневого підживлення в умовах Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.12. Вінниця, 2006. 19 с.

44. Дробітько А. В., Нікончук Н. В. Структура рослин та урожайність кукурудзи залежно від способу сівби і густоти рослин. *Наукові праці*. 2011. С. 15–17.

45. ДСТУ 4115–2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. [Чинний від 2003–01–01]. Київ: Державний комітет України з питань технологічного регулювання та споживчої політики, 2002. 9 с.

46. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005–07–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.

47. ДСТУ 7537:2014. Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності. [Чинний від 2015–04–01]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 14 с.

48. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016–07–01]. Київ, 2016. 9 с.

49. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН ((ISO 10390:2005, IDT). [Чинний від 2009–10–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 8 с.

50. ДСТУ ISO 11464-2007. Якість ґрунту. Попереднє обробляння зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464:2006, IDT). Чинний від 2009-10-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2012. 18 с.
51. ДСТУ ISO 11465-2001. Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод (ISO 11465:1993, IDT). [Чинний від 2003-01-01]. Київ : Держстандарт України, 2002. 6 с.
52. ДСТУ ISO 520:2015 (ISO 520:2010, IDT) Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен [Чинний від 2016-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2015. 4 с.
53. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії; за ред. В. О. Єщенка. Київ: Дія, 2005. 288 с.
54. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії: ДСТУ 4117:2007. [Чинний від 2007–08–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 4 с.
55. Костромітін В. М., Музафаров Н. М., Панченко І. А. Вплив агрофонів живлення на врожайність і якість зерна гібридів кукурудзи. *Селекція і насінництво*. 2008. №95. С. 215–222.
56. Кавецький О., Ісичко О. Перспективність використання ранньостиглих гібридів кукурудзи. *Пропозиція*. 2005. № 1. С. 54–55.
57. Каменшук Б. Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 85–92.
58. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Формування якості зерна кукурудзи різних напрямів використання залежно від технології вирощування в Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 74–84.
59. Карпіщенко О. І., Карпіщенко О. О. Еколого-економічні проблеми використання мінеральних добрив. *Вісник СумДУ*. Серія «Економіка». 2013. №2. С. 5–11.
60. Каталог сортів та гібридів. Одеса: Селекційно-генетичний інститут – НЦНС, 2021. 182 с.

61. Лихочвор В. Система удобрення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 8. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.agro-business.com.ua>.
62. Любич В. В., Господаренко Г. М., Стоцький В. В. Урожайність кукурудзи за різних доз і поєднань мінеральних добрив. *Актуальні питання агротехнологій : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції* (м. Умань, 25 жовтня 2022 р.). Умань : УНУС, 2022. С. 42–44.
63. Малярчук М. П. Котельников Д. І. Ефективність обробітку ґрунту та удобрення кукурудзи на зрошенні півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2014. Вип. 62. С. 47–49.
64. Марчук І. У. Живлення та оптимальне удобрення кукурудзи. *Пропозиція*. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://propozitsiya.com>.
65. МВВ 31–497058–007–2005 Ґрунти. Метод визначення обмінних кальцію, магнію, натрію і калію в ґрунтах за методом Шолленергера в модифікації ННЦ ІА. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків : КП «Друкарня №13», 2005. С. 35–49.
66. Медведєв В. В., Пліско І. В., Накісько С. Г., Тітенко Г. В. Деградація ґрунтів у світі, досвід її попередження і подолання. Харків : Стильна типографія, 2018. 168 с.
67. Надь Я. Кукурудза. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2012. 580 с.
68. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур: монографія. В. Ф. Камінський, В. Ф. Сайко, М. В. Душко та ін. Київ : Видавничий дім «Вініченко», 2017. 580 с.
69. Нікітіна О. В. Вплив тривалого застосування добрив на вміст калію і магнію у чорноземі опідзоленому. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Спец. вип. до IX з'їзду Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків. Харків : ТОВ «Смугаста типографія», 2014. Кн. 2. С. 273–275.
70. Паламарчук В. Д., Дідур І. М., Колісник О. М., Алексєєв О. О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу Правобережного. Вінниця : ТОВ «Друк». 2020. 536 с.

71. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкін О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи. Дніпропетровськ : АРТ-ПРЕС, 2009. 224 с.
72. Петриченко В. Ф., Томашук О. В. Особливості формування показників якості зерна кукурудзи за різних технологій вирощування в Лісостепу Правобережного. *Рослинництво та ґрунтознавство (Plant and Soil Science)*. Київ, 2019. Вип. 10. № 2. С. 29–37.
73. Польовий А. М., Костюкевич Т. К., Толмачева А. В. та ін. Вплив кліматичних змін на формування продуктивності кукурудзи в Західному Лісостепу. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 1. С. 29–36.
74. Прокопчук І. В. Агроекологічне значення застосування дефекату на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу. Матер. Міжнар. н.-практ. конф. «Актуальні питання сучасної аграрної науки», 20 листопада 2015 р. Умань : РВВ Уманського НУС, 2015. С. 98–100.
75. Прокопчук І. В., Кривда Ю. І. Кислотно-основний стан чорнозему опідзоленого після тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Спец. вип. Кн. 3. Харків : ТОВ «Смугаста типографія», 2014. С. 219–221.
76. Сатановська І. П. Тривалість вегетаційного періоду різностиглих гібридів кукурудзи залежно від біологічних препаратів та погодних умов. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2013. Вип. 6. С. 148–152.
77. Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку ХХІ століття. С. А. Балюк, М. М. Мірошніченко та ін. / За ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошніченка. Київ : Альфа-стевія, 2016. 400 с.
78. Соколов В. М., Белоусов А. О. Кукурудза – культура з потужним потенціалом продуктивності. *Посібник українського хлібороба*. 2012. Т. 2. С. 202–204.
79. Стаціонарні польові досліді України. Київ : Аграрна наука, 2014. 146 с.

80. Тимофійчук О. Б. Продуктивність кукурудзи на зерно при застосуванні регуляторів росту в умовах Лісостепу західного : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Кам'янець-Подільський, 2013. 21 с.
81. Томашук О. В. Продуктивність посівів кукурудзи під впливом різних систем землеробства в умовах Лісостепу правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 84. С. 55–62.
82. Трус О. М., Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Гумус чорнозему опідзоленого та його відтворення. Умань: РВВ Уманського НУС, 2016. 228 с.
83. Турчина К. П. Ступінь рухомості калію та калійний потенціал дерново-глейових карбонатних ґрунтів. *Вісник Національного університету водного господарства*. 2012. Вип. 2 (58). С. 107–113.
84. Федоряк М. М., Москалик Г. Г. Основи екології. Чернівці : ЧНУ, 2009. 336 с.
85. Філоненко С.В. Формування зернової продуктивності кукурудзи за різних способів основного обробітку ґрунту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 3. С. 56–60.
86. Харченко В. Я. Влияние азотных удобрений на динамику почвенной кислотности и содержания алюминия в дерново-подзолистой супесчаной почве Полесья Украины под посевами кукурузы. *Агрохимия*. 2002. № 2. С. 13–16.
87. Черенков А.В., Циков В.С., Дзюбецький Б.В. та ін. Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно – гарантія стабілізації урожайності на рівні 90–100 ц/га. Дніпропетровськ, 2012. 31 с.
88. Шевченко І. М. Зміна вмісту рухомого фосфору в ґрунті за різних систем удобрення й обробітку. *Вісник Полтавської ДАА*. 2013. № 4. С. 149–152.
89. Шевчук М. Й., Веремеєнко С. І., Лопушняк В. І. Агрохімія. Ч. 2. Добрива та їх вплив на біопродуктивність ґрунту. Луцьк : Надстир'я, 2012. 440 с.

90. Ященко Л. А., Осецька А. С. Динаміка сполук фосфору у лучно-чорноземному карбонатному ґрунті за післядії добрив у сівозміні. *Вісник ХНАУ*. 2013. № 2. С. 100–104.
91. Calviño P. A., Andradeb F. A., Sadrasb V. O. Maize Yield as Affected by Water Availability, Soil Depth, and Crop Management. *Agronomy Journal*. 2003. Vol. 95. P. 275–281.
92. Fageria N. K., Baligar V. C., Clark R. B. Micronutrients in Crop Production. *Adv. in Agr.* 2002. Vol. 77. P. 185–268.
93. <http://agroua.net/plant/catalog/cg-1/c-5/info/cag-212/>
94. Milani N., McLaughlin M. J., Stacey S. P. et al. Dissolution kinetics of macronutrient fertilizers coated with manufactured zinc oxide nanoparticles. *J. Agric. Food Chem.* 2012. Vol. 25; 60(16). P. 3991–3998.
95. Орлянский Н. А. Биоэнергетическая эффективность выращивания кукурузы на зерно. *Зерновое хозяйство*. 2005. № 1. С. 20–21.
96. Zhang X., Breksa A. P., Mishchuk D. O. et al. Fertilisation and pesticides affect mandarin orange nutrient composition. *Food Chem.* 2012. Vol. 134(2). P. 1020–1024.

ДОДАТКИ

ОДНОФАКТОРНИЙ ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ

Дослід урожайність кукурудзи 2024 р.

Одиниця виміру даних

Варіантів 5, Повторностей 3

Вихідні дані

=====

=

Варіант Середнє Повторності

-

1 68.63 69.00 72.00 68.00

2 71.78 74.00 72.00 76.00

3 77.33 78.00 80.00 82.00

4 85.43 88.32 90.11 87.08

5 88.68 90.50 87.54 90.23

=====

=

Середнє по досліді - 79.44

Таблиця дисперсій

=====

=

Дисперсія Сума квадратів Ступені свободи Середній квадрат F

Загальна 178.22 8

Повторень 33.56 2

Варіантів 130.89 2 65.44 19.00

Залишку 13.78 4 3.44

=====

=

Помилка середньої = 1.07 Помилка різниці середніх = 1.52

НІР = 5.10 або 7.32%

Сила впливу фактора = 0.73

Помилка дослід у = 1.86% Варіація даних = 8.20%

10-17-2024