

Національна академія аграрних наук України
Національний науковий центр
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

БОЙКО ВАСИЛЬ ПЕТРОВИЧ

УДК 631.816.1 : 631.445.4 (477.46)

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОЗ І СПІВВІДНОШЕНЬ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У
ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ НА ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ
ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.04 – агрохімія

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Харків – 2020

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Уманському національному університеті садівництва
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор сільськогосподарських наук, професор
Господаренко Григорій Миколайович, Уманський національний університет
садівництва, професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства

Офіційні опоненти:

доктор сільськогосподарських наук, професор

Лопушняк Василь Іванович, Національний університет біоресурсів і
природокористування України, професор кафедри агрохімії та якості продукції
рослинництва імені О. І. Душечкіна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Захарченко Еліна Анатоліївна, Сумський національний аграрний університет,
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

Захист відбудеться «04» лютого 2021 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д 64.354.01 у Національному науковому центрі «Інститут
ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» за адресою:
вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного наукового центру
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» за адресою:
вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024

Автореферат розісланий « 23 » грудня 2020 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.В. Шимель

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Перед агропромисловим комплексом України, який має високий агробіологічний потенціал, ставиться завдання забезпечити не тільки національну продовольчу безпеку, але й стати одним з провідних постачальників високоякісного продовольства у світі. Вирішити це завдання можливо лише за умов охорони і відтворення родючості ґрунтів. Продуктивність і стабільність землеробства на сучасному етапі найбільше залежать від стану родючості ґрунтів. Тому розвиток сільського господарства можливий лише за умов розширеного її відтворення, яка, в свою чергу, повинна базуватися на засадах самоокупності, енергоощадності та екологічної безпеки.

Нині, після проведення земельної реформи, створено багато нових господарств з відносно невеликими площами сільськогосподарських угідь, де використання колись рекомендованих багатопільних сівозмін стало недоцільним. У них необхідно застосовувати сівозміни короткої ротації з обмеженою кількістю культур, які слід обґрунтувати з огляду на економічну й екологічну доцільність, щоб їх вирощування не зашкодило родючості ґрунту.

У попередніх дослідженнях В. В. Гамаюнової, В. В. Іваніни, І. М. Карасюка, М. В. Лісового, А. П. Лісовала, В. І. Лопушняка, Б. С. Носка, В. М. Польового та ін., на яких ґрунтувалися наші дослідження, вивчалась ефективність застосування на чорноземах органічних і мінеральних добрив під польові культури. Проте зазвичай ці досліді проводили у різних кліматичних умовах, за різної структури 8–12-пільних сівозмін і з видаленням нетоварної частини урожаю з поля, низького рівня продуктивності сільськогосподарських культур. Крім цього, переважна більшість господарств, що вирощують польові культури, нині мають чисто рослинницький напрям і, відповідно, в господарському колообігу поживних речовин відсутній гній. Спеціалізація господарств, зміна структури посівних площ, природоохоронні аспекти впливають на інтенсивність і підходи до системи удобрення сільськогосподарських культур.

Досліджень, де вивчали продуктивність короткоротаційних сівозмін залежно від рівня удобрення дуже мало. Актуальність цього напрямку досліджень очевидна. У структурі таких сівозмін зростає частка кожної культури, що може позначитися на використанні поживних речовин ґрунту та добрив. Загальноприйняте положення, що чим вищі дози внесення добрив, тим вищі врожаї сільськогосподарських культур, вже не актуальне в умовах енергетичної кризи, тому виникає потреба вивчення кількісних і якісних змін показників родючості ґрунту. Актуальним також є уточнення кількісних характеристик балансу в системі добриво–ґрунт–рослина в різних ґрунтово-кліматичних умовах з урахуванням доз добрив і співвідношення в них елементів живлення з метою розроблення практичних рекомендацій з оптимізації поживного режиму ґрунту, підвищення продуктивності сільськогосподарських культур і охорони навколишнього природного середовища. Саме ці питання і визначили напрямок наших досліджень.

Тому нині актуальним залишається системний аналіз інформації, отриманої у базових тривалих стаціонарних дослідках і встановлення закономірностей змін показників родючості ґрунтів, що дасть можливість розробити та втілити у практику системи застосування добрив, які побудовані на засадах охорони ґрунтових ресурсів і посилення процесів саморегуляції й відновлення сталого функціонування агроєкосистем. Це зумовлює потребу управління продуктивністю агроценозів на основі моніторингу стану ґрунтового покриву певного регіону за різного удобрення. Недостатнє вирішення зазначеного вище завдання і зумовило вибір теми дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основою дисертаційних досліджень є матеріали науково-дослідної роботи, яка впродовж 2016–2018 рр. входила до складу ПНД НААН 1 «Ґрунтові ресурси: прогноз розвитку, збалансоване використання та управління» на 2016–2020 рр. за завданнями 01.03.01.03.Ф «Розробити нові комплексні способи діагностування та корегування мінерального живлення рослин з урахуванням оптимального співвідношення елементів у процесі онтогенезу та сортових особливостей сільськогосподарських культур» (№ ДР 0116U000598), а також програми наукових досліджень Уманського національного університету садівництва «Оптимізація використання природного і ресурсного потенціалу агроєкосистем Правобережного Лісостепу України» (№ ДР 0116U003207), підпрограма 02 «Розробити нормативні параметри родючості чорнозему опідзоленого та оптимальні режими мінерального живлення сільськогосподарських культур» завдання 02.01 «Ефективність доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні на чорноземі опідзоленому», де автор був безпосереднім виконавцем досліджень як аспірант.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження – оцінити еволюційне спрямування характеру змін, інтенсивності трансформації основних властивостей, режимів чорнозему опідзоленого важкосуглинкового Правобережного Лісостепу за різних доз і співвідношень мінеральних добрив, їх ефективність у короткоротаційній польовій сівозміні на тлі заробляння в ґрунт незернової частини врожаю й розроблення системи удобрення для відновлення родючості ґрунту та одержання стабільних урожаїв.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення таких **завдань**:

- виявити вплив різних доз добрив на продуктивність сівозміни і баланс гумусу та основних елементів живлення в ґрунті;
- встановити зміни параметрів деяких фізико-хімічних і агрохімічних показників ґрунту, які визначають принципові питання застосування різних доз та співвідношень мінеральних добрив та дозволяють виявити шляхи регулювання його поживного режиму;
- вивчити однобічний і взаємний вплив азотних добрив з фосфорними і калійними на врожайність культур і якість продукції;
- встановити зміни вмісту та запасів гумусу в ґрунті під впливом застосування різних доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні;

- встановити мінімально-оптимальний рівень насичення польової сівозміни добривами на тлі заробляння в ґрунт нетоварної частини урожаю;

- встановити господарське та відносне винесення основних елементів живлення культурами сівозміни і коефіцієнт їх використання з мінеральних добрив;

- виявити закономірності зміни урожайності та якості зерна пшениці озимої, кукурудзи, ячменю ярого та сої за різних видів, доз добрив та їх поєднання у сівозміні;

- визначити агрохімічну, економічну та енергетичну ефективність застосування різних варіантів системи удобрення в польовій сівозміні;

- розробити рекомендації виробництву для регулювання гумусового стану і поживного режиму ґрунту.

Вирішення цих завдань дасть можливість удосконалити систему удобрення в сівозміні, що буде сприяти підвищенню продуктивності культур, відновлення родючості ґрунту, економії ресурсів та зменшенню хімічного навантаження на навколишнє природне середовище.

Методи дослідження. У роботі використано такі методи досліджень: польовий – вивчення предмету досліджень в умовах стаціонарного досліду; лабораторні – визначення агрохімічних і фізико-хімічних показників ґрунту, валового вмісту елементів живлення в рослинах і показників якості продукції рослинництва за стандартизованими і атестованими методами; балансовий – для розрахунку балансу елементів живлення та гумусу в сівозміні; розрахунково-порівняльний – для оцінювання агрохімічної, економічної і енергетичної ефективності застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні; математично-статистичний – для проведення дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізів результатів досліджень. Аналітичні роботи були виконані загальноприйнятими методами аналізу ґрунтів і рослин, що дає змогу порівняти отримані дані з результатами досліджень інших учених.

Об'єкт дослідження – закономірності впливу різних доз і співвідношень мінеральних добрив на зміну вмісту гумусу, агрохімічних, фізико-хімічних показників чорнозему опідзоленого в польовій сівозміні, врожайність сільськогосподарських культур і якість продукції.

Предмет дослідження – системи удобрення культур у сівозміні, її продуктивність, ефективність удобрення, зміни вмісту та запасів гумусу, рухомих форм азоту, фосфору й калію в чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу за різних доз і співвідношень мінеральних добрив.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше наведено теоретичне обґрунтування оптимізації мінерального живлення рослин за тривалого застосування різних доз і співвідношень мінеральних добрив у короткоротаційній польовій сівозміні на тлі заробляння у ґрунт нетоварної частини урожаю, розкрито їх дію на показники родючості чорнозему опідзоленого та формування продуктивності сільськогосподарських культур.

Встановлено, що накопичення гумусу в ґрунті адекватно антропогенному навантаженню у вигляді систематичного застосування мінеральних добрив, у першу чергу азотних. Внесення $N_{110}P_{60}K_{40}$ на 1 га сівозмінної площі на тлі залишення на полі нетоварної частини урожаю забезпечує продуктивність сільськогосподарських культур польової сівозміни на рівні з варіантом дослідів $N_{110}P_{60}K_{80}$. За умови зменшення дози калійних добрив удвічі після другої ротації чотирипільної сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя) забезпечує збереження вмісту гумусу, азоту легкогідролізованих сполук, рухомих сполук фосфору й калію в ґрунті на початковому рівні або часткове підвищення. За такого сценарію удобрення забезпечується інтенсивний баланс основних елементів живлення з показником 105–127 %.

Доведено, що процес відтворення родючості чорнозему опідзоленого більшою мірою визначається дозами азотних добрив, потім – фосфорних, про що свідчать урожаї сільськогосподарських культур і продуктивність сівозміни.

– *Удосконалено* систему удобрення пшениці озимої, кукурудзи, ячменю ярого, сої з обґрунтуванням можливості зниження доз добрив. Уточнено показники абсолютного і відносного винесення основних елементів живлення пшеницею озимою, ячменем ярим, кукурудзою, соєю залежно від удобрення.

Дістало подальший розвиток:

– підтвердження можливості зниження доз застосування мінеральних добрив у польовій чотирипільній зерновій сівозміні;

– методологія агрохімічних досліджень щодо оптимізації системи удобрення в польовій сівозміні з використанням індексу комплексного оцінювання;

– обґрунтування впливу удобрення на якість зерна й насіння сільськогосподарських культур;

– питання щодо використання показників відносного винесення основних елементів живлення для встановлення врівноваженого їх балансу і розроблення системи застосування добрив у польовій сівозміні.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розширенні та доповненні теоретичних і методичних принципів обґрунтування та розроблення системи застосування добрив у польовій сівозміні. Проведені дослідження дозволили оцінити вплив різних доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні на показники родючості ґрунту, врожайність і якість зерна та насіння сільськогосподарських культур, встановити динаміку їх змін, які мають бути покладені в основу розроблення системи удобрення. На основі встановлених закономірностей уточнено системи удобрення для господарсько-організаційних структур з різним рівнем ресурсного забезпечення. Розроблено рекомендації щодо застосування добрив для забезпечення високого рівня продуктивності сівозміни і забезпечення простого або розширеного відновлення родючості чорнозему опідзоленого. Результати досліджень пропонується використовувати для методики розрахунку доз добрив, під час вивчення динаміки агрохімічних і фізико-хімічних показників з метою моніторингу ґрунтів і проведення їх бонітетного оцінювання.

Основні результати дослідження впроваджено в ДПДГ «Саливонківське» Національної академії аграрних наук України смт. Гребінки, Васильківського району, Київської області на площі 2547,8 га (акт від 23.12.2018 р.) і СТОВ «Родина» с. Синьки Благовіщенського району Кіровоградської області на площі 1200 га (акт від 08.12.2018 р.).

Особистий внесок здобувача полягає у визначенні мети і завдань дослідження, розробленні програми та визначенні методик досліджень, опрацюванні та узагальненні літературних джерел за темою дисертаційної роботи, проведенні польового досліду, відбиранні зразків ґрунту та рослин і проведенні їх лабораторних аналізів, математичному опрацюванні здобутих експериментальних даних, оприлюдненні інформації з продуктивності сільськогосподарських культур і показників якості ґрунту в тривалому досліді, обґрунтуванні висновків і рекомендацій виробництву, апробації наукових результатів і написанні дисертаційної роботи. Одержані результати належать автору та є його науковим доробком. Публікації за темою дисертації підготовлено самостійно та в співавторстві. Зі спільних наукових праць у дисертаційній роботі автором використано власні ідеї та результати досліджень.

Апробація матеріалів дисертації. Основні результати та положення дисертаційної роботи оприлюднені та обговорювалися на XI з'їзді УТГА (м. Харків, 17–21 вересня 2018 р.), Всеукраїнській науковій конференції «Інноваційні технології виробництва рослинницької продукції» (м. Умань, 20 квітня 2016 р.), Всеукраїнській науковій конференції молодих учених «Актуальні проблеми садівництва в сучасній аграрній науці» (м. Умань, 10 травня 2016 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва» (м. Умань, 26–27 травня 2016 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми збалансованого ведення землеробства в сучасних господарсько-економічних умовах» (м. Рівне, 7 липня 2016 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасної аграрної науки» (м. Умань, 26 листопада 2016 р.), Всеукраїнській науковій конференції «Інноваційні агротехнології» (м. Умань, 28 березня 2018 р.), Всеукраїнській науковій конференції молодих учених (м. Умань, 15–16 травня 2018 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць, з яких дев'ять статей у фахових виданнях України і вісім праць у матеріалах конференцій та з'їзду.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 228 сторінках, з яких – 161 основного тексту, що складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, включає 37 таблиць і вісім рисунків. У додатках дві таблиці, акти впровадження та список опублікованих праць за темою дисертації. Список використаних джерел містить 320 найменувань, з яких – 14 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ЗНАЧЕННЯ ДОБРИВ У РОЗШИРЕНОМУ ВІДТВОРЕННІ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМІВ І ПІДВИЩЕННІ ПРОДУКТИВНОСТІ КУЛЬТУР ПОЛЬОВИХ СІВОЗМІН (огляд літератури)

У розділі розглянуто стан вивчення питання за темою дисертаційної роботи. Викладено вплив різного удобрення на зміну фізико-хімічних та агрохімічних показників родючості чорноземів, показано їх вплив на баланс поживних речовин і гумусу в ґрунті та ефективність удобрення польових культур, вплив різних видів і доз мінеральних добрив та їх поєднань на ефективність добрив і розкрито шляхи підвищення ефективності застосування мінеральних добрив під сільськогосподарські культури і у польовій сівозміні. На основі аналізу та узагальнення даних літературних джерел встановлено напрями і доцільність проведення досліджень за темою дисертації.

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

У розділі подано характеристику ґрунтових і природно-кліматичних умов регіону, їх особливості та стан у період проведення дослідження, наведено аналіз погодних умов, вказано об'єкти та методики, що використовували під час досліджень.

Експериментальну частину дослідження проводили в умовах стаціонарного польового досліду (№ 87 реєстрації НААН України), закладеного у 2011 році кафедрою агрохімії і ґрунтознавства Уманського НАУ в Правобережному Лісостепу України з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи (табл. 1). Розміщення варіантів у досліді послідовне. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур 4-пільної польової сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення досліду триразове. Загальна площа дослідної ділянки 110 м², облікова – 72 м². Відповідно до схеми досліду застосовували такі форми мінеральних добрив: аміачна селітра, суперфосфат гранульований і калій хлористий. Фосфорні та калійні добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивуацію та в підживлення пшениці озимої.

У досліді вирощували пшеницю озиму сорту Місія одеська, ячмінь ярий сорту Командор, сою сорту Аннушка і гібрид кукурудзи НК Термо. Технологія вирощування сільськогосподарських культур, за виключенням варіантів удобрення, загальноприйнята для Правобережного Лісостепу України.

У варіанті досліду виробничого контролю доза добрив розрахована за середньорічним господарським винесенням основних елементів живлення культурами сівозміни. Схему досліду складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можливість зниження доз окремих видів мінеральних добрив.

Схема дослідів

Варіант дослідів (насиченість добривами 1 га площі сівозміни)	Сівозміна			
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	—	—	—	—
N ₅₅	N ₇₅	N ₈₀	N ₃₅	N ₃₀
N ₁₁₀	N ₁₅₀	N ₁₆₀	N ₇₀	N ₆₀
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 ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀ (виробничий контроль)	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀

Збирання врожаю зерна й насіння проводили прямим комбайнуванням. Облік урожаю нетоварної продукції проводили методом пробного снопа. Нетоварну частину врожаю культур сівозміни (солома, стебелиння) залишали на полі на добриво.

Відбирання ґрунтових проб і підготовку їх до аналізу проводили згідно з вимогами ДСТУ 4287:2004 і ДСТУ ISO 11464:2007. У ґрунтових зразках визначали такі показники: вологість ґрунту – термогравіметричним методом за ДСТУ ISO 11465-2001; вмісту загального вуглецю за методом Тюрина в модифікації Симакова згідно з ДСТУ 4289:2004; кислотність ґрунту рН_{KCl} – на іонімітрі згідно з ДСТУ ISO 10390-2007; гідролітичну кислотність – за методом Каппена згідно ДСТУ 7537:2014; вміст увібраних основ – згідно МВВ 31-497058-007-2005; суму увібраних основ – за методом Каппена-Гільковиця згідно ГОСТ 27821-88; ємності катіонного обміну ґрунтом і насиченості основами – ДСТУ ISO 11260-2001; вміст азоту легкогідролізованих сполук за методом Корнфілда згідно з ДСТУ 7863:2015; рухомі сполуки фосфору – вилученням їх розчином 0,5 Н оцтової кислоти з наступним фотоколориметруванням за модифікованим методом Чирикова згідно з ДСТУ 4115-2002; рухомі сполуки калію – вилученням їх розчином 0,5 Н оцтової кислоти на полуменевому фотометрі за модифікованим методом Чирикова згідно з ДСТУ 4115-2002; рухомі сполуки сірки – за ДСТУ 8347:2015; вміст рухомих форм мікроелементів і важких металів (в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8) – методом атомно-адсорбційної спектрофотометрії згідно з ДСТУ 4770.1:2007 – ДСТУ 4770.9:2007; вміст рухомих сполук бору – за методом Бергера і Труога в модифікації ЦІНАО.

У рослинних зразках визначали: вміст сухої речовини – термогравіметричним методом; вмісту загальних форм азоту, фосфору, калію методом мокроого озолення за МВВ 31-497058-019-2005.

Для оцінювання впливу удобрення та показники якості зерна й насіння польових культур визначали вміст білка й протеїну – за ДСТУ 4117:2007, вміст клейковини – за ДСТУ ISO 21415–1:2009, жиру – згідно з ДСТУ 7491:2013, крохмалю – відповідно з ГОСТ 10845–98; масу 1000 зерен за ДСТУ ISO 520:2015 і натуру зерна за ДСТУ 4233:2003.

Для спрощення розрахунків балансу елементів живлення скоротили кількість статей як у частині надходження, так і їх вилучення. Так, кількість азоту, яка надходить у ґрунт з атмосфери опадами, насінням і фіксується вільноіснуючими мікроорганізмами прирівнювали до його сумарних витрат від вимивання, ерозії і звітрювання. Сумарну кількість фосфору й калію, що надходять з атмосфери та з насінням прирівняли до втрат від ерозії і вимивання. Тому, в кінцевому результаті, до прибуткової частини балансу ввійшло лише внесення елементів живлення з мінеральними добривами, а для азоту – ще й симбіотична азотфіксація соєю. Оскільки ефективність азотфіксації в досліді не вивчали, то коефіцієнт азотфіксації приймали за 60 %, і вважали, що соя ще половину азоту від господарського винесення містить у поживно-кореневих рештках (Господаренко Г.М. та ін., 2017).

Коефіцієнти використання основних елементів живлення з мінеральних добрив розраховували різницеvim методом, порівнюючи з варіантами досліду з парними їх комбінаціями.

Економічну ефективність застосування добрив розраховували за загальноприйнятими методиками, з урахуванням витрат за технологічними картами та реалізаційних цін IV кварталу 2018 р. (Роїк М. В. та ін., 2013). Енергетичну ефективність – за методикою О. К. Медведовського та П. І. Іваненка (1988).

Індекс комплексного оцінювання (ІКО) системи удобрення в польовій сівозміні розраховували за формулою

$$ІКО = \sqrt[n]{\frac{\Phi_1}{O_1} + \frac{\Phi_2}{O_2} + \dots + \frac{D_1}{\Phi_1} + \frac{D_2}{\Phi_2} + \dots},$$

де Φ – фактичне значення показника; O – оптимальне значення показника; D – допустиме значення показника.

Оптимальні та допустимі значення окремих показників визначали з урахуванням типових нормативів коефіцієнтів повернення елементів живлення від винесення врожайми і екологічно безпечних нормативів інтенсивності балансу фосфору і калію залежно від вмісту їх рухомих сполук у ґрунті (Господаренко Г. М., 2019). При цьому, з урахуванням вмісту в ґрунті азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда), рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирикова), вважали що екологічно безпечна інтенсивність балансу азоту, фосфору і калію відповідно становить 120; 130 і 70 %. Отже, за такого підходу було враховано сім показників: окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив; додатково умовно чистий прибуток; чистий енергетичний прибуток; баланс гумусу та інтенсивність балансу азоту, фосфору й калію.

Для статистичної обробки результатів досліджень і визначення достовірності одержаних експериментальних даних використовували пакет стандартних програм (ПК «Agrostat», MSOfficeExcel) і дисперсійний аналіз за методикою Б. А. Доспехова. Для якісного оцінювання тісноти зв'язку між досліджуваними чинниками використовували коефіцієнт кореляції за шкалою R. E. Chaddock: 0,1–0,3 – незначний; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1 – функціональний. Коефіцієнт стабільності досліджуваних показників розраховували за такою формулою:

$$K_{\text{стаб}} = V_{\text{сер}} : (\text{max} - \text{min}),$$

де $V_{\text{сер}}$ – показник середньої величини; $\text{max} - \text{min}$ – різниця між максимальним і мінімальним значенням показника в досліді.

За погодними і ґрунтовими умовами Правобережній Лісостеп України є сприятливим для вирощування високих урожаїв польових культур. Про це свідчать середньобогаторічні дані щодо кількості опадів та суми активних температур. Однак у окремі вегетаційні періоди у критичні періоди росту й розвитку рослин спостерігається недостатня кількість вологи на тлі високої і різкої амплітуди змін денних та нічних температур, які можуть бути передумовою для зниження продуктивності сільськогосподарських культур. Вплив цих чинників можна знизити завдяки удосконаленню системи застосування добрив під культури польової сівозміни. Зокрема, застосування оптимальних доз добрив, збалансованого удобрення азотними, фосфорними і калійними добривами, що сприятиме сталому підвищенню врожаю та поліпшенню якості одержаної продукції, а також сприятиме відновленню та підвищенню родючості чорнозему опідзоленого важкосуглинкового.

У цілому властивості ґрунту і рельєф дослідного поля відповідають основним ґрунтовим різновидностям помірно-континентальної східноєвропейської ґрунтово-кліматичної фації, в межах якої можуть бути поширені отримані результати дослідження.

ЗМІНА ПОКАЗНИКІВ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ В СІВОЗМІНІ ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНОГО УДОБРЕННЯ

З погляду антропогенної еволюції ґрунтів, значення мінеральних добрив оцінюється неоднозначно. Разом із підвищенням ефективної родючості, вони істотно змінюють фізико-хімічні та агрохімічні показники ґрунту. Дослідження динаміки зміни цих показників під впливом тривалого застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні дозволило визначити напрямок розвитку ґрунтоутворювальних процесів за різного удобрення (табл. 2). Як видно з даних табл. 2, в шарі ґрунту 0–20 см простежувалася лише тенденція незначних змін вмісту гумусу під впливом добрив. Це пояснюється нетривалим періодом проведення дослідів і залишенням на полі на органічне добриво нетоварної частини урожаю. Разом із цим відмічено тенденцію підкислення ґрунту на 0,1–0,3 од. рН_{KCl}, що свідчить про необхідність проведення підтримувального вапнування. Застосування мінеральних добрив підвищує гідролітичну кислотність у шарі ґрунту 0–20 см до 3,03–3,84 смоль/кг залежно від варіанту дослідів

(за показника перед закладанням досліду 2,78 смоль/кг). Проте ємність вбирання ґрунту під впливом удобрення не піддавалася змінам, тоді як ступінь насиченості основами знизився з 89,9 % до 83,7–88,8 % залежно від варіанту удобрення.

Таблиця 2

Зміна фізико-хімічних та агрохімічних показників ґрунту в шарі 0–20 см за тривалого (з 2010 р.) застосування різних доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні (в середньому по чотирьох полях, 2016–2018 рр.)

Варіант досліду	Вміст гумусу, %	рН _{KCl}	Нг, смоль/кг	S, смоль/кг	ЄКО, смоль/кг	V, %	Вміст у ґрунті, мг/кг			
							N _{легк}	P ₂ O ₅	K ₂ O	S–SO ₄
Перед закладанням досліду	3,81	5,80	2,78	24,8	27,6	89,9	105	105,5	131,7	6,1
Без добрив	3,71	5,53	2,86	24,6	27,5	89,6	98	92,4	124,4	5,5
N ₅₅	3,78	5,48	3,03	23,7	27,0	86,7	102	91,7	118,3	5,6
N ₁₁₀	3,76	5,40	3,42	22,9	26,7	85,7	109	93,1	116,6	4,3
P ₆₀ K ₈₀	3,78	5,55	3,07	24,1	27,2	88,8	106	119,0	143,4	6,0
N ₁₁₀ K ₈₀	3,64	5,45	3,73	22,0	26,0	84,5	111	87,8	143,4	4,9
N ₁₁₀ P ₆₀	3,85	5,53	3,33	23,3	26,6	87,5	116	112,8	114,4	8,2
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	3,85	5,58	3,21	22,8	26,5	86,0	108	106,4	137,0	5,4
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	4,09	5,43	3,83	21,7	25,9	83,7	119	112,3	128,1	7,5
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	3,82	5,45	3,71	22,6	26,3	85,9	116	105,5	128,0	5,1
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	4,04	5,48	3,70	22,8	26,2	87,0	118	113,1	124,8	9,1
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	4,00	5,45	3,84	22,0	25,9	84,8	113	104,0	125,9	7,4

Найбільше середньорічне зниження запасів гумусу (0,25–0,53 т/га) в шарі ґрунту 0–20 см відмічено на ділянках без внесення добрив та з внесенням P₆₀K₈₀ і N₁₁₀K₈₀.

Чорнозем опідзолений має низький вміст азоту лужногідролізованих сполук навіть за внесення на тлі залишеної на добриво нетоварної частини врожаю N₁₁₀P₆₀K₈₀ упродовж двох ротацій 4-пільної сівозміни. Це свідчить про важливе значення азотної складової у системі удобрення культур. Застосування фосфорних добрив у дозі 30–60 кг д. р. на 1 га площі сівозміни дозволяє підтримувати вміст рухомих фосфатів у ґрунті на вихідному рівні, тоді як у варіанті N₁₁₀K₈₀ середньорічне зниження їх вмісту в шарі ґрунту 0–20 см становить 2,5 мг/кг ґрунту.

Чорнозем опідзолений має значні запаси калію, але на ділянках без внесення калійних добрив пройшло істотне зниження вмісту його рухомих сполук – з 131,7 до 124,4 мг/кг, не дивлячись на значне повернення калію в ґрунт з нетоварною частиною врожаю. Це свідчить про недоцільність повної відмови від калійних добрив.

Досліджуваний ґрунт має низький вміст рухомих сполук сірки, який у досліді частково поновлювався внесенням суперфосфату гранульованого. За іншої форми фосфорного добрива, що не містить сірки, виникне гостра потреба в її застосуванні.

Згідно прийнятих градацій (Мірошниченко М. М. та ін., 2016), ґрунт мав середній вміст рухомих сполук міді та цинку, високий – заліза та мангану, а вміст рухомих сполук міді, мангану, свинцю й цинку не перевищував встановлений рівень ГДК. Застосування різних доз і співвідношень добрив у польовій сівозміні істотно не змінювало вмісту в ґрунті рухомих сполук мікроелементів і важких металів. Відмічена лише тенденція їх підвищення або зниження, що в першу чергу пов'язано з підкисленням ґрунтового розчину та засвоєнням рослинами.

УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР І ПРОДУКТИВНІСТЬ СІВОЗМІНИ ЗАЛЕЖНО ВІД НАСИЧЕНОСТІ РІЗНИМИ ВИДАМИ ДОБРИВ

Система застосування добрив є важливою складовою сучасного землеробства. Дослідження показали, що дози і співвідношення добрив у польовій сівозміні істотно впливають на продуктивність культур і сівозміни в цілому (табл. 3).

Пшениця озима добре реагує на поліпшення умов мінерального живлення. На тлі парних комбінацій основних елементів живлення в середньому за три роки азотні добрива у дозі 150 кг/га д. р. підвищували її урожайність на 2,57 т/га, фосфорні (P₆₀) – на 1,00, а калійні добрива (K₈₀) – на 0,65 т/га. При цьому значно змінювалися показники якості зерна. За масою 1000 зерен, натурою, вмістом білка та клейковини зерно найкращої якості формувалося за внесення повного мінерального добрива у дозі N₁₅₀P₆₀K₄₀, N₁₅₀P₆₀K₈₀ і N₁₅₀P₃₀K₈₀.

Зменшення у складі повного добрива дози калію вдвічі знижувало врожайність зерна кукурудзи, порівняно з врожайністю на виробничому контролі (варіант N₁₅₀P₆₀K₈₀), на 0,81 т/га, тоді як фосфору – на 1,41 т/га. Внесення високих доз повного мінерального добрива підвищувало натуру зерна, вміст у ньому білка та жиру.

Таблиця 3

Вплив доз і співвідношень добрив у польовій сівозміні на врожайність культур і продуктивність польової сівозміни

Варіант досліджу	Урожайність (2016–2018 рр.), т/га				Продуктивність сівозміни (2011–2018рр.), т з. од/га
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя	
Без добрив (контроль)	3,57	4,73	3,37	1,71	3,80
N ₅₅	5,29	7,32	3,93	2,01	5,34
N ₁₁₀	5,58	9,00	4,26	2,31	6,07
P ₆₀ K ₈₀	4,68	6,93	4,05	2,22	5,04
N ₁₁₀ K ₈₀	6,25	9,84	4,61	2,52	6,49
N ₁₁₀ P ₆₀	6,60	10,60	5,16	2,70	6,90
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	5,77	10,00	4,93	2,46	6,23
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	7,25	13,07	5,42	3,02	7,85
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	6,76	11,36	5,14	2,73	7,18
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	7,02	12,26	5,29	2,94	7,55
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	6,90	11,66	5,26	2,77	7,34
НІР ₀₅	0,25–0,34	0,46–0,64	0,22–0,28	0,12–0,16	

Ячмінь ярий добре реагував на внесення мінеральних добрив і їх післядію. З основних елементів живлення він найбільше діяв азот – приріст урожаю на фосфорно-калійному фоні становив 34 %, тоді як від фосфору і калію на тлі НК і NP – відповідно 18 і 5 %. Зменшення дози внесення мінеральних добрив у сівозміні вдвічі – з $N_{110}P_{60}K_{80}$ до $N_{55}P_{30}K_{40}$ знижувало врожайність ячменю ярого в середньому за три роки на 9 %. Якість зерна ячменю ярого найбільше залежала від рівня азотного живлення.

Урожайність сої й ефективність її удобрення значно залежала від погодних умов вегетаційного періоду. Найбільше вона реагує на внесення азотних добрив – приріст урожаю становить 34 %. Частка впливу фосфорних і калійних добрив відповідно становить 20 і 14 %. З покращенням умов мінерального живлення підвищувалась маса 1000 насінин і вміст у них протеїну.

Виключення зі складу повного мінерального добрива ($N_{110}P_{60}K_{80}$ на 1 га сівозмінної площі) азотної складової знижувало продуктивність сівозміни на 36 %, фосфорної – на 17 і калійної – на 12 %. Найменше її зниження (на 4–6 %) відмічено у варіантах дослідів $N_{110}P_{60}K_{40}$ і $N_{110}P_{30}K_{80}$. У середньому за дві ротації сівозміни найбільший вплив на формування продуктивності сівозміни за товарною продукцією мала кукурудза (38,6–44,9 %), а найменше – соя (10,0–12,5 % залежно від варіанту дослідів).

ВМІСТ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В РОСЛИНАХ, ВИНЕСЕННЯ ЇХ УРОЖАЯМИ ТА БАЛАНС ЇХ І ГУМУСУ В ҐРУНТІ ЗА РІЗНОГО УДОБРЕННЯ

Вміст основних елементів живлення в урожаї сільськогосподарських культур істотно залежить від поживного режиму ґрунту. Особливо це стосується азоту і в меншій мірі – калію. У господарському вилученні елементів живлення з урожаєм основної продукції найбільшу частку складає азот (64,4–149,9 кг/(га·рік), потім – фосфор – 21,1–51,4 кг P_2O_5 /(га·рік) залежно від культури сівозміни. З нетоварною частиною врожаю в ґрунт від господарського винесення повертається азоту зі стебелінням кукурудзи – 28–36 %, фосфору з соломою сої (47–54 %) і калію з соломою пшениці озимої і стебелінням кукурудзи – 74–80 % залежно від варіанту дослідів.

На формування одиниці врожаю основної і відповідної кількості нетоварної продукції пшениця озима та ячмінь ярий засвоює $N : P_2O_5 : K_2O$ у такому співвідношенні: 1 : 0,4 : 0,7, кукурудза – 1 : 0,3 : 0,8, соя – 1 : 0,4 : 0,4.

Коефіцієнт використання азоту з добрив за тривалого середньорічного внесення у дозі 110 кг/га на тлі $P_{60}K_{80}$ становить 81 %, а фосфору і калію відповідно 36–44 і 27–33 % залежно від дози їх внесення. З агрохімічного та екологічного погляду найкраще баланс елементів живлення складається у варіанті дослідів $N_{110}P_{60}K_{40}$, що забезпечує таку його інтенсивність: азоту, фосфору і калію відповідно 103; 122 і 111 % (табл. 4).

Баланс основних елементів живлення в ґрунті (кг/(га·рік) та його інтенсивність (%) за різного удобрення, 2011–2018 рр.

Стаття балансу	Варіант досліджу										
	Без добрив	N ₅₅	N ₁₁₀	P ₆₀ K ₈₀	N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₁₀ P ₆₀	N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀
<i>N</i>											
Надходження	20,8	80,7	138,6	25,9	142,4	144,4	85,0	150,1	144,3	148,6	144,8
Вилучення	64,4	95,0	109,7	87,0	118,8	129,3	110,7	149,9	135,4	144,2	137,8
Баланс	-43,6	-14,3	28,9	-61,1	23,6	15,1	-25,7	0,2	8,9	4,4	7,0
Інтенсивність балансу	32	85	126	30	120	112	77	100	107	103	105
<i>P₂O₅</i>											
Надходження	–	–	–	60	–	60	30	60	30	60	30
Вилучення	21,1	29,8	34,2	30,9	36,3	45,2	38,1	51,4	43,8	49,1	45,0
Баланс	-21,1	-29,8	-34,2	29,1	-36,3	14,8	-8,1	8,6	-13,8	10,9	-15,0
Інтенсивність балансу	–	–	–	194	–	133	79	117	69	122	67
<i>K₂O</i>											
Надходження	–	–	–	80	80	–	40	80	40	40	80
Вилучення	17,2	23,1	26,4	23,8	30,6	31,7	29,3	37,8	33,1	35,9	34,5
Баланс	-17,2	-23,1	-26,4	56,2	49,4	-31,7	10,7	42,2	6,9	4,1	45,5
Інтенсивність балансу	–	–	–	336	261	–	137	212	121	111	232

За умови видалення нетоварної частини врожаю з поля навіть у варіанті з середньорічним весняним N₁₁₀P₆₀K₈₀ складається дефіцитний баланс азоту, фосфору та калію з інтенсивністю відповідно 76; 78 і 61 %. Нетоварна частина врожаю в складі біомаси сільськогосподарських культур, що надходить у ґрунт після його збирання складає 47–51 % залежно від варіанту досліджу і є важливим джерелом відновлення вмісту гумусу.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ДОЗ І ВИДІВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У СІВОЗМІНІ

Розрахунки показали, що зменшення вдвічі дози калійних добрив (варіант N₁₁₀P₆₀K₄₀) за дві ротації порівняно з варіантом N₁₁₀P₆₀K₈₀ знижувало продуктивність сівозміни лише на 4 %, а зменшення дози добрив до N₁₁₀P₃₀K₄₀ – з 7,59 до 6,02 т з. од/га або на 21 %. Внесення мінеральних добрив у дозі N₁₁₀P₃₀₋₆₀K₄₀ забезпечує окупність 1 кг д. р. 17,0–17,7 кг з. од. При цьому їх витрати на формування 1 т з. од. становлять 56,2–58,8 кг д. р. мінеральних добрив.

Середньорічна вартість приросту врожаю зростає з підвищенням доз мінеральних добрив, особливо за збільшення в їх складі азотної складової. За цим показником найкращими були варіанти досліджу з внесення повного мінерального добрива у дозах N₁₁₀P₆₀K₈₀ і N₁₁₀P₆₀K₄₀.

Судячи з парних комбінацій основних елементів живлення, 1 кг азотних добрив дає вартість приросту врожаю 140,68 грн, 1 кг P_2O_5 – 119,65 і 1 кг K_2O – 64,54 грн у першій ротації сівозміни, а в середньому за дві ротації – відповідно 143,18; 126,40 і 63,89 грн. Значну частку витрат на застосування мінеральних добрив становить вартість їх придбання. Ця величина змінюється залежно від видів і доз добрив. Так, у варіанті дослідів $N_{110}P_{60}K_{80}$ вартість азотних добрив становить 68 %, фосфорних – 18 і калійних 14 %.

Додатково умовно чистий прибуток у першій ротації сівозміни був 6264–12029 грн/га, а в другій – 5233–13000 грн/га залежно від варіанту дослідів. За дві ротації сівозміни за цим показником виробничому контролю ($N_{110}P_{60}K_{80}$) лише на 740 грн/(га·рік) поступався варіант дослідів $N_{110}P_{60}K_{40}$.

Всі системи удобрення забезпечували рентабельне за умовно чистим прибутком застосування добрив – 31–62 % залежно від варіанту дослідів та ротації сівозміни.

Розрахунки показали, що за рахунок добрив вміст енергії у прирості врожаю основної продукції зростає на 25,71–67,60 МДж/га залежно від варіанту дослідів. Енерговитрати, пов'язані із застосуванням добрив становили 6,51–14,44 МДж/га і найбільше залежали від дози внесення азотних добрив, частка яких у варіанті виробничого контролю ($N_{110}P_{60}K_{80}$) становила 90 %.

Чистий енергетичний прибуток 38,11–53,16 ГДж/га забезпечували варіанти дослідів $N_{110}P_{60}$ і з внесенням повної дози мінеральних добрив ($N_{110}P_{30-60}K_{40-80}$). Найвищий енергетичний прибуток (48,66–53,16 ГДж/га) забезпечило внесення на 1 га площі сівозміни $N_{110}P_{60}K_{40-80}$.

Найнижчий ІКО системи застосування добрив у польовій сівозміні був у варіанті дослідів з внесенням лише азотних, або азотних і калійних та фосфорних і калійних добрив – 1,14–1,20. Найвищим цей показник забезпечує варіант дослідів $N_{110}P_{60}K_{40}$ – 1,29. Деяко йому уступали варіанти $N_{110}P_{60}K_{80}$ і $N_{110}P_{30}K_{40}$. Розрахунки показують, що систему застосування добрив з внесенням на 1 га площі сівозміни $N_{110}P_{30}K_{40}$ тимчасово, впродовж двох ротацій 4-пільної сівозміни, можна застосовувати у господарствах з недостатнім фінансовим забезпеченням.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне обґрунтування та нове вирішення питання впливу мінеральних добрив на тлі заробляння в ґрунт нетоварної продукції на основні показники родючості чорнозему опідзоленого важкосуглинкового Правобережного Лісостепу України встановленням оптимальних їх доз і співвідношень у польовій чотиріпільній зерновій сівозміні, що дозволило сформулювати такі висновки:

1. Використання чорнозему опідзоленого для вирощування польових культур за різного агрохімічного навантаження не змінює ємності ГВК, але спричиняє його внутрішню перебудову. Перед закладанням дослідів ємність ГВК у шарі 0–20 см на 10,1 % визначалася іонами водню, за середньорічного внесення $N_{110}P_{60}K_{80}$ упродовж восьми років їх частка підвищилась до 14,8 %.

2. Інтенсивність удобрення сільськогосподарських культур позначилось на структурі ґрунтового вбирного комплексу. На ділянках з внесенням $N_{110}P_{60}K_{80}$ на 1 га площі сівозміни гідролітична кислотність у шарі ґрунту 0–20 см збільшилася з 2,78 до 3,83 смоль/кг, зменшилась сума поглинутих основ на 3,10 смоль/кг, погіршилась реакція ґрунтового середовища (на 0,3 од. pH_{KCl}). У варіантах з удобренням посилювалось погіршення цих показників за внесення високих доз азотних і калійних добрив.

3. Встановлено, що напрям процесів ґрунтоутворення і рівень родючості ґрунту залежать від особливостей удобрення (видів, доз і співвідношень добрив). Найбільші втрати гумусу в шарі ґрунту 0–20 см відбулися на ділянках без добрив (на 3 %) та у варіанті досліді $N_{110}K_{80}$ (на 4 %). Системи удобрення з винесення на 1 га площі сівозміни $N_{55}P_{30}K_{40}$ і $N_{110}P_{30}K_{40}$, $N_{110}P_{30}K_{80}$ забезпечують у цілому відновлення гумусу в шарі ґрунту 0–40 см і найбільше зростання його гумусованості проходить у варіанті досліді $N_{110}P_{60}K_{80}$ і $N_{110}P_{60}K_{40}$, де запаси гумусу збільшилися на 6,4–8,1 т/га.

4. Від особливостей застосування добрив у польовій сівозміні залежить поживний режим ґрунту. На ділянках без добрив спостерігається зменшення вмісту азоту легкогідролізованих сполук, рухомих сполук фосфору і калію порівняно з вихідним значенням відповідно на 7; 12 і 6 %. За внесення мінеральних добрив інтенсивність зменшення вмісту елементів живлення в ґрунті знижується. У варіанті досліді $N_{110}P_{60}K_{80}$ спостерігається поліпшення поживного режиму ґрунту, про що свідчать підвищення вмісту азоту легкогідролізованих сполук і рухомих сполук фосфору у шарі 0–20 см до вихідного рівня відповідно на 13 і 6 %.

5. Встановлено, що вміст рухомих сполук сірки у шарі ґрунту 0–20 см характеризується як низький (< 6 мг/кг) і лише у варіантах з внесенням суперфосфату гранульованого в дозі 60 кг P_2O_5 /га підвищується до середнього (6–9 мг/кг).

6. Застосування в польовій сівозміні в дозах $N_{55-110}P_{30-60}K_{40-80}$ не змінює вміст у ґрунті рухомих сполук мікроелементів і важких металів. Тенденції і підвищення або зниження їх вмісту пояснюються засвоєнням рослинами, мікробіологічною активністю ґрунту та підкисленням ґрунтового розчину.

7. Тривале (з 2010 р.) застосування мінеральних добрив у дозі $N_{110}P_{60}K_{80}$ на 1 га площі сівозміни у середньому за 2016–2018 рр. сприяло підвищенню врожайності пшениці озимої на 3,68 т/га, кукурудзи – на 8,34, ячменю ярого – на 2,05 і сої на 1,31 т/га за врожайності на контролі без добрив відповідно 3,57 т/га; 4,73; 3,37 і 1,70 т/га.

8. Застосування мінеральних добрив у різних комбінаціях дозволяє змінювати показники якості продукції: зерно пшениці озимої з вмістом білка 9,2–13,5 %, клейковини 15,8–28,8%, і натурою 736–801 г/л; зерно кукурудзи – протеїну 8,8–10,3 %, крохмалю 69,8–71,5 %; ячменю ярого – протеїну 10,6–11,2 %, крохмалю 53,4–54,5 %; насіння сої з вмістом протеїну 32,1–36,2 % і жиру 18,2–20,4 %. Найвищі показники якості основної продукції забезпечують системи удобрення, що передбачають насичення сівозміни мінеральними добривами $N_{110}P_{60}K_{80}$ і $N_{110}P_{60}K_{40}$ на тлі заорювання нетоварної продукції урожаю.

9. У середньому за дві ротації сівозміни різні системи удобрення сприяли підвищенню її продуктивності на 41–107 %. Найбільше знижувало продуктивність сівозміни виключення зі складу повного мінерального добрива азотної і фосфорної складової – відповідно на 36 і 17 %, тоді як калійної – лише на 12 %. Найменше зниження її продуктивності (на 4–6 %) відмічено за зменшення дози до $N_{110}P_{60}K_{40}$ і $N_{110}P_{30}K_{80}$.

10. У господарському вилученні елементів живлення з урожаєм основної продукції найбільшу частку складає азот (93–192 кг/га) і фосфор (35–72 кг P_2O_5 /га) залежно від культури сівозміни та удобрення.

11. Коефіцієнт використання азоту, фосфору і калію з мінеральних добрив, що вносяться в дозі $N_{110}P_{30-60}K_{40-80}$ на 1 га площі сівозміни становить відповідно 81; 36–46 і 27–33 %.

12. Застосування на добриво нетоварної продукції культур сівозміни у варіантах дослідів $N_{110}P_{30-60}K_{40-80}$ дозволяє компенсувати втрати азоту на формування їх урожаю на 24 %, фосфору – 33 і калію на 71 %.

13. З агрохімічного та екологічного поглядів найкращий баланс азоту, фосфору і калію з інтенсивністю відповідно 103; 122 і 111 % складається у варіанті дослідів $N_{110}P_{60}K_{40}$. За умови видалення нетоварної частини врожаю з поля навіть у варіанті $N_{110}P_{60}K_{80}$ інтенсивність балансу азоту, фосфору і калію відповідно складає 76; 78 і 61 %.

14. Насиченість сівозміни з розрахунку $N_{110}P_{30-60}K_{40}$ забезпечує окупність 1 кг д. р. добрив 17,0–17,7 кг з. од. Додатково умовно чистий прибуток був найвищий – 12,8 тис. грн/(га·рік) за рівня рентабельності 44 % у варіанті дослідів $N_{110}P_{60}K_{80}$, 1 кг азотних добрив забезпечував приріст урожаю вартістю 143 грн, 1 кг P_2O_5 – 126 і 1 кг K_2O – 64 грн. Найвищий енергетичний прибуток 48,7–53,2 ГДж/га забезпечує внесення на 1 га площі сівозміни $N_{110}P_{60}K_{40-80}$.

15. За індексом комплексного оцінювання системи удобрення, що враховує агрохімічну, енергетичну та економічну ефективність, перспективи відновлення родючості ґрунту, економії ресурсів і зменшення хімічного навантаження на навколишнє середовище кращим за дві ротації сівозміни був варіант дослідів $N_{110}P_{60}K_{40}$.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Господарствам різних форм власності Правобережного Лісостепу України для забезпечення відновлення та покращення фізико-хімічних і агрохімічних властивостей чорнозему опідзоленого важкосуглинкового з низьким вмістом азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда) та підвищеним – рухомими сполуками фосфору і калію (за методом Чирикова), забезпечення високої (7–7,5 т з. од/га) продуктивності культур короткоротаційної польової сівозміни, необхідно забезпечити середньорічне внесення мінеральних добрив у дозі $N_{110}P_{60}K_{40}$ на тлі заробляння у ґрунт нетоварної частини урожаю. Це передбачає застосування під пшеницю озиму $N_{150}P_{60}K_{40}$, кукурудзу – $N_{160}P_{60}K_{55}$, ячмінь ярий – $N_{70}P_{60}K_{35}$ і сою – $N_{60}P_{60}K_{30}$.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Бойко В. П., Стасіневич О. Ю. Вплив доз і співвідношень добрив на врожайність і якість зерна пшениці озимої. *Вісник Уманського НУС*. 2018. №2. С. 77–79. (Проведення польового дослідження, відбір зразків, проведення їх аналізу).

2. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Стасіневич О. Ю., Бойко В. П. Комплексне оцінювання системи застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2018. Вип. 2(82). С. 56–66. (Проведення польового дослідження, обробка одержаних результатів).

3. Господаренко Г. М., Бойко В. П., Стасіневич О. Ю., Черно О. Д. Вплив доз і співвідношень добрив у польовій сівозміні на родючість ґрунту та продуктивність пшениці озимої Правобережному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. №104. С. 180–187. (Аналіз літературних джерел, проведення польових та лабораторних досліджень).

4. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Стасіневич О. Ю., Бойко В. П. Продуктивність польової сівозміни за різних доз і співвідношень добрив. *Наукові горизонти*. 2019. №3(76). С. 80–86. (Проведення польових досліджень, статистичне оброблення експериментальних даних).

5. Господаренко Г. М., Бойко В. П., Прокопчук І. В., Стасіневич О. Ю. Вміст і баланс гумусу в ґрунті за різних доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні. *Миронівський вісник*. 2019. Вип. 8. С. 108–122. (Проведення польових і лабораторних досліджень).

6. 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. (Проведення польових досліджень, аналіз результатів експериментальних даних).

7. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Черно О. Д., Бойко В. П. Зміна фізико-хімічних показників чорнозему опідзоленого в сівозміні залежно від різного удобрення. *Наукові горизонти*. 2019. №7(80). С. 56–62. (Аналіз літературних джерел, проведення польових та лабораторних досліджень).

8. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Бойко В. П. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив кукурудзою. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2019. Вип. 95, Ч. 1. С. 76–89. (Проведення польових досліджень, аналіз результатів експериментальних даних).

9. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Бойко В. П. Вплив доз і співвідношень добриву польовій сівозміні на врожайність і якість зерна ячменю ярого. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 96. Частина 1. С. 205–218. (Проведення польових досліджень, відбір зразків ґрунту і рослин та проведення їх аналізу).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

10. Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю., Бойко В. П. Врожай культур зернової сівозміни залежно від рівня компенсації винесення елементів живлення. Аграрна наука Західного Полісся. *Проблеми збалансованого ведення землеробства в сучасних господарсько-економічних умовах*: зб. наук. праць Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Рівне, 7 липня 2016 р). Рівне, 2016. С. 124–125. *(Аналіз літературних даних, аналіз та узагальнення результатів)*.

11. Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю., Бойко В. П. Вплив різних комбінацій NPK в 4-пільній сівозміні на поживний режим чорнозему опідзоленого та урожайність сої. *Інноваційні технології виробництва рослинницької продукції* : матеріали Всеукр. наук. конф. (м. Умань, 20 квітня 2016 р). Умань, 2016. С. 30–32. *(Аналіз літературних джерел, проведення польових і лабораторних досліджень, аналіз та узагальнення результатів)*.

12. Стасіневич О. Ю., Бойко В. П. Вплив насиченості польової сівозміни різними видами добрив на врожай пшениці озимої. *Актуальні проблеми садівництва в сучасній аграрній науці* : матеріали Всеукр. наук. конф. молодих учених. (м. Умань, 10 травня 2016 р.). Умань, 2016. С. 61–62. *(Аналіз літературних джерел, проведення польових та лабораторних досліджень, аналіз та узагальнення результатів)*.

13. Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю., Бойко В. П. Продуктивність пивоварного ячменю за різних норм мінеральних добрив на чорноземі опідзоленому. *Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Умань, 26–27 травня 2016 р). Умань, 2016. С. 75–76. *(Аналіз літературних джерел, проведення польових і лабораторних досліджень, аналіз та узагальнення результатів)*.

14. Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю., Бойко В. П. Баланс поживних речовин у ґрунті за різного удобрення культур сівозміни та використання нетоварної частини урожаю. *Актуальні питання сучасної аграрної науки*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Умань, 17 листопада 2016 р.). Умань, 2016. С. 38–40. *(Проведення польових та лабораторних досліджень, аналіз та узагальнення результатів)*.

15. Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю., Бойко В. П. Вплив насиченості сівозміни різними видами добрив на вміст кальцію, магнію і сірки у чорноземі опідзоленому. *Інноваційні агротехнології*: матеріали Всеукр. наук. конф. (м. Умань, 28 березня 2018 р.). Умань, 2018. С. 12–14. *(Проведення польових і лабораторних досліджень, аналіз експериментальних даних)*.

16. Стасіневич О. Ю., Бойко В. П., Бондар І. Ю., Трясоруб С. С., Гулінський С. С. Ефективність поєднання окремих елементів живлення в системі удобрення культур зернової сівозміни: матеріали Всеукр. наук. конф. молодих учених. (м. Умань, 15–16 травня 2018 р.). Умань, 2018. С. 57–59. *(Відбір зразків, проведення лабораторних досліджень, аналіз та узагальнення результатів)*.

17. Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю., Бойко В. П. Вплив співвідношення видів і доз мінеральних добрив на фосфатний режим чорнозему опідзоленого. *Агрохімія і ґрунтознавство. Спецвип. до XI з'їзду УТГА* (м. Харків, 17–21 вересня 2018 р.). Харків, 2018. Кн. 2. С. 151–153. *(Проведення польових і лабораторних досліджень, аналіз результатів експериментальних даних)*.

АНОТАЦІЯ

Бойко В. П. Ефективність доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.04 – агрохімія. – Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Харків, 2020.

У дисертації викладено результати досліджень впливу тривалого застосування різних доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій чотирипільній сівозміні на вміст і запаси гумусу в ґрунті, кислотність, поживний режим, формування врожайності культур, якості продукції та продуктивності сівозміни, винесення основних елементів живлення врожайми культур і їх баланс у ґрунті на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому в умовах Правобережного Лісостепу України.

У середньому за дві ротації 4-пільної сівозміни різні системи удобрення сприяли підвищенню її продуктивності на 41–107 %. Найбільше знижувало її продуктивність виключення зі складу повного мінерального добрива азотної і фосфорної складової – відповідно на 36 і 17 %, тоді як калійної – лише на 12 %. Найменше зниження її продуктивності (на 4–6 %) відмічено за зменшення дози добрив з $N_{110}P_{60}K_{80}$ до $N_{110}P_{60}K_{40}$ і $N_{110}P_{30}K_{80}$.

Встановлено, що в умовах Правобережного Лісостепу України для забезпечення відновлення та поліпшення фізико-хімічних і агрохімічних властивостей чорнозему опідзоленого важкосуглинкового з низьким вмістом азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда) та підвищенням – рухомими сполуками фосфору і калію (за методом Чирикова), забезпечення високої (7,55 т з. од/га) продуктивності культур короткоротаційної польової сівозміни, необхідно забезпечити середньорічне внесення мінеральних добрив у дозі $N_{110}P_{60}K_{40}$ на тлі заробляння у ґрунт нетоварної частини урожаю. Це передбачає застосування під пшеницю озиму $N_{150}P_{60}K_{40}$, кукурудзу – $N_{160}P_{60}K_{55}$, ячмінь ярий – $N_{70}P_{60}K_{35}$ і сою – $N_{60}P_{60}K_{30}$. У господарствах з недостатнім фінансовим забезпеченням, тимчасово, впродовж двох ротацій 4-пільної сівозміни, можна застосовувати систему удобрення з внесенням на 1 га площі сівозміни $N_{110}P_{30}K_{40}$.

Ключові слова: дози і співвідношення мінеральних добрив, польова сівозміна, чорнозем опідзолений, Правобережний Лісостеп, продуктивність культур, родючість ґрунту, баланс гумусу та основних елементів живлення, динаміка продуктивності сівозміни, комплексне оцінювання ефективності.

АННОТАЦИЯ

Бойко В. П. Эффективность доз и соотношений минеральных удобрений в полевом севообороте на черноземе оподзоленном Правобережной Лесостепи Украины. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.04 – агрохимия. – Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского», Харьков, 2020.

В диссертации изложены результаты исследований влияния длительного применения различных доз и соотношений минеральных удобрений в полевом 4-польном севообороте на содержание и запасы гумуса в почве, кислотность, питательный режим, формирование урожайности культур, качество продукции и продуктивность севооборота, вынос основных элементов питания урожаями культур и их баланс в почве на черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом в условиях Правобережной Лесостепи Украины.

Установлено, что на участках без удобрений наблюдается уменьшение содержания азота легкогидролизированных соединений, подвижных соединений фосфора и калия по сравнению с исходным значением соответственно на 7, 12 и 6 %. При внесении минеральных удобрений интенсивность уменьшения содержания элементов питания в почве снижается. В варианте опыта $N_{110}P_{60}K_{80}$ наблюдается улучшение питательного режима почвы, о чем свидетельствуют повышение содержания азота легкогидролизированных соединений и подвижных соединений фосфора в слое 0–20 см до исходного уровня перед закладкой опыта соответственно на 13 и 6 %.

Показано, что длительное (с 2010 г.) применение минеральных удобрений в дозе $N_{110}P_{60}K_{80}$ на 1 га площади севооборота в среднем за 2016–2018 гг. способствовало повышению урожайности пшеницы озимой на 3,68 т/га, кукурузы – на 8,34, ячменя ярового – на 2,05 и сои на 1,31 т/га при урожайности на контроле без удобрений соответственно 3,57 т/га; 4,73; 3,37 и 1,7 т/га.

Выявлено, что применение минеральных удобрений в различных комбинациях позволяет изменять показатели качества продукции: содержание в зерне пшеницы озимой белка (9,2–13,5 %), клейковины (15,8–28,8 %), и натуру (736–801 г/л); кукурузы – протеина (8,8–10,3 %) и крахмала (69,8–71,5 %); ячменя ярового – протеина (10,6–11,2 %) и крахмала (53,4–54,5 %); в семенах сои содержанием протеина (32,1–36,2 %) и жира (18,2–20,4 %).

В среднем за две ротации 4-польного севооборота различные системы удобрения способствовали повышению его продуктивности на 41–107 %. Больше всего снижало его продуктивность исключение из состава полного минерального удобрения азотного и фосфорного компонента – соответственно на 36 и 17 %, тогда как калийного – лишь на 12 %. Наименьшее снижение его продуктивности (на 4–6 %) отмечено при уменьшении дозы удобрений с $N_{110}P_{60}K_{80}$ до $N_{110}P_{60}K_{40}$ и $N_{110}P_{30}K_{80}$. С агрохимической и экологической точек зрения лучший баланс азота, фосфора и калия с интенсивностью соответственно 103; 122 и 111 % складывается в варианте опыта $N_{110}P_{60}K_{40}$.

Установлено, что в условиях Правобережной Лесостепи Украины для обеспечения восстановления и улучшения физико-химических и агрохимических свойств чернозема оподзоленного тяжелосуглинистого с низким содержанием азота легкогидролизированных соединений (по методу Корнфилда) и повышенным – подвижными соединениями фосфора и калия (по методу Чирикова), обеспечение высокой (7,55 т з. ед/га) продуктивности культур короткоротационного полевого севооборота, необходимо обеспечить среднегодовое внесение минеральных удобрений в дозе $N_{110}P_{60}K_{40}$ на фоне заделывания в почву нетоварной части урожая. Это предполагает применение под пшеницу озимую $N_{150}P_{60}K_{40}$, кукурузу – $N_{160}P_{60}K_{55}$, ячмень яровой – $N_{70}P_{60}K_{35}$ и сою – $N_{60}P_{60}K_{30}$. В хозяйствах с недостаточным финансовым обеспечением, временно, в течение двух ротаций 4-польного севооборота, можно применять систему удобрения с внесением на 1 га площади севооборота $N_{110}P_{30}K_{40}$.

Ключевые слова: дозы и соотношения минеральных удобрений, полевой севооборот, чернозем оподзоленный, Правобережная Лесостепь, продуктивность культур, плодородие почвы, баланс гумуса и основных элементов питания, динамика продуктивности севооборота, комплексное оценивание эффективности.

SUMMARY

Boiko V. P. Dose efficiency and mineral fertilizers ratios in field crop rotation on podzolized chernozem of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. – Manuscript.

Thesis for candidate's of agricultural sciences degree on speciality 06.01.04 – agrochemistry. – National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky», Kharkiv, 2020.

The thesis deals with the results of research of influence of long-term application of various doses and ratios of mineral fertilizers in field four-field crop rotation on the content and stocks of humus in soil, acidity, nutrient regime, formation of crop yields, product quality and crop rotation productivity, removal of the main nutrients by crop yields and their balance in the soil on the podzolized heavy loam chernozem in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

On average, during two rotations of a 4-field crop rotation, different fertilizer systems helped to increase its productivity by 41–107 %. The exclusion from the composition of complete mineral fertilizers of the nitrogen and phosphorus components caused the greatest reduction in its productivity – by 36 and 17 % respectively, while the exclusion of potassium – by only 12 %. The smallest decrease in its productivity (by 4–6 %) was observed when the dose of fertilizers was reduced from $N_{110}P_{60}K_{80}$ to $N_{110}P_{60}K_{40}$ and $N_{110}P_{30}K_{80}$. The application of non-market production of crop rotation crops on the fertilizer under $N_{110}P_{30-60}K_{40-80}$ application allows to compensate the nitrogen flowrate on their yield formation by 24 %, phosphorus by 33 % and potassium by 71 %.

It is established that in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine to ensure restoration and improvement of physicochemical and agrochemical properties of podzolized heavy loam chernozem with low nitrogen content of easily hydrolyzed compounds (by Cornfield method) and increased – the mobile compounds of phosphorus and potassium (by Chyrykov method), high crop productivity (7–7,5 tons per hectare) of short-term field crop rotation, it is necessary to ensure the average annual application of mineral fertilizers in the dose of $N_{110}P_{60}K_{40}$ under burying of the non-market part of the crop. This involves the use for winter wheat $N_{150}P_{60}K_{40}$, corn – $N_{70}P_{60}K_{35}$, spring barley – $N_{70}P_{60}K_{35}$ and soybeans – $N_{60}P_{60}K_{30}$. In farm enterprises with insufficient financial support, temporarily, during two rotations of 4-field crop rotation, it is possible to apply a fertilizer system with the application of $N_{110}P_{30}K_{40}$ per 1 ha of crop rotation area.

Key words: doses and ratios of mineral fertilizers, field crop rotation, podzolized chernozem, Right-Bank Forest-Steppe, crop productivity, soil fertility, balance of humus and basic nutrients, dynamics of crop rotation productivity, comprehensive evaluation of efficiency.