

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

КЛИМЕНКО ІРИНА ІВАНІВНА

УДК: 631.8:631.45:633

ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР
ЛАНКИ ЗЕРНО-ПРОСАПНОЇ СІВОЗМІНИ ТА РОДЮЧІСТЬ ТЕМНО-
СІРОГО ОПІДЗОЛЕНОГО ҐРУНТУ

06.01.04 – агрохімія

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національному науковому центрі «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України»

Науковий керівник доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник **Корсун Світлана Георгіївна**, ННЦ «Інститут землеробства НААН», завідувач відділу агроекології і аналітичних досліджень

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН **Бердніков Олександр Михайлович**, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, головний науковий співробітник лабораторії агрохімії і родючості ґрунтів

доктор сільськогосподарських наук, професор **Макаренко Наталія Анатоліївна**, Національний університет біоресурсів і природокористування України, професор кафедри загальної екології та безпеки життєдіяльності

Захист відбудеться « 10 » липня 2015 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.04 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ–41, вул. Генерала Родімцева, 19, навчальний корпус № 1, кімната 97

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ–41, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розісланий « 8 » червня 2015 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

Н. П. Бордюжа

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Серед багатьох чинників, які визначають урожайність сільськогосподарських культур та якість продукції, важливе місце займають добрива. Традиційно вважається, що обов'язковими компонентами мінеральних добрив є азот, фосфор, калій. Доцільність використання органічних добрив також визначається вмістом цих елементів. Проте, застосування мінерального азоту, фосфору й калію з добривами, покращуючи живлення рослин і підвищуючи винос макро- і мікроелементів (МЕ) із ґрунту, порушує їх природне співвідношення у ґрунтовому розчині.

Досвід науковців Д. С. Орлова (1994), В. Г. Мінеєва (1995), Н. А. Макаренко (2002), А. І. Фатєєва (2003) свідчить про те, що добрива окрім директивної дії – компенсації витратного чинника, мають істотний вплив на мікроелементний склад ґрунтів, накопичення у них важких металів (ВМ) і доступність цих елементів рослинам. Надходження до ґрунту МЕ і ВМ з добривами здебільшого є неконтрольованим, носить стихійний характер. Поряд із тим, саме збалансованість живлення сільськогосподарських культур у процесі органогенезу є резервом підвищення їхньої врожайності та якості. Це висвітлено у наукових працях М. М. Городнього (1998), Е. Г. Дегодюка (2002), С. А. Балюка (2003), А. В. Бикіна (2004), О. М. Берднікова (2006), Г. М. Господаренка (2010), В. В. Медведєва (2012). Проте високий динамізм розвитку агрохімічного забезпечення аграрного сектору потребує постійної уваги до проблеми оптимізування систем удобрення на основі глибокого еколого-агрохімічного аналізу ґрунтових умов і філогенетичних особливостей кожної культури. У зв'язку з цим існує потреба у встановленні агрохімічних характеристик темно-сірого опідзоленого ґрунту, які сформувались під впливом тривалого різноінтенсивного агрохімічного навантаження, виявленні екотоксикологічного статусу моделей систем удобрення, а також у розробленні основних напрямів оптимізації поживного режиму культур ланки зерно-просапної сівозміни у Правобережному Лісостепу. Це визначає доцільність і актуальність нашої роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є складовою частиною досліджень відділу агроекології і аналітичних досліджень ННЦ «Інститут землеробства НААН» і виконана згідно з науково-технічною програмою НААН «Землеробство» на 2001–2005 рр. та 2006–2010 рр. за завданнями: «Вивчити характер накопичення та ступінь забруднення ксенобіотиками біокомпонентів агроєкосистеми та розробити заходи по відтворенню екологічної рівноваги селітебних територій» (№ державної реєстрації 0101U003851, 2005–2007 рр.); «Вивчити транслокацію біогенних елементів і ксенобіотиків в умовах полігонного і локального моніторингу за різного рівня агротехногенного навантаження» (№ державної реєстрації 0106U010315, 2005–2007 рр.); «Вивчити транслокацію важких металів в умовах полігонного моніторингу за різного рівня агротехногенного навантаження в зерно-просапній сівозміні» (№ державної реєстрації 0106U010315, 2005–2007 рр.); науково-технічна програма НААН «Агроєкологія» на 2006–2010 рр. за завданням «Розробити наукові основи створення високопродуктивних агрофітоценозів нових

сортів зернобобових культур з урахуванням раціонального використання природних ресурсів і зменшення антропогенного навантаження в агроєкосистемі» (№ державної реєстрації 0106U010326, 2006–2007 рр.); науково-технічна програма НААН «Зернові культури» на 2006–2010 рр. за завданням «Вивчити вплив біотичних і абіотичних чинників на зміну показників родючості ґрунту та якість продукції рослинництва» (№ державної реєстрації 0106U010314, 2006–2007 рр.).

Мета і задачі дослідження. Мета досліджень полягала у науковому обґрунтуванні впливу тривалого застосування органічних і мінеральних добрив у зерно-просапній сівозміні на агрохімічні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту, продуктивність сої, вівса, кукурудзи на зерно із встановленням екотоксикологічної безпеки та економічної доцільності моделей систем удобрення.

Для досягнення поставленої мети передбачали вирішення наступних задач:

- виявити залежність агрохімічних показників родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту від інтенсивності системи удобрення у зерно-просапній сівозміні;

- встановити закономірності зміни урожайності і якості зерна сої, вівса, кукурудзи за різних доз, видів добрив та їх поєднання у сівозміні;

- порівняти вплив органічних і мінеральних добрив на концентрування мікроелементів і важких металів рослинами сої, вівса, кукурудзи;

- встановити екотоксикологічний статус систем удобрення культур ланки зерно-просапної сівозміни шляхом розрахунку балансу макро- і мікроелементів у системі добриво-рослина;

- виявити роль позакоренових підживлень рослин рідкими комплексними добривами у формуванні врожаю і поліпшенні якості зерна сої, вівса, кукурудзи;

- з'ясувати економічну та енергетичну ефективність моделей систем удобрення культур ланки зерно-просапної сівозміни в умовах Правобережного Лісостепу.

Об'єкт дослідження – процес формування родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту, врожаю та якості зерна культур ланки зерно-просапної сівозміни за різних рівнів удобрення в умовах Правобережного Лісостепу.

Предмет дослідження – системи удобрення, агрохімічні показники родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту, продуктивність культур – сої, вівса, кукурудзи на зерно.

Методи дослідження: польовий – для дослідження впливу комплексного використання добрив на потенційну і ефективну родючість ґрунту; модельно-польовий – для вивчення ефективності позакоренового підживлення комплексом рідких препаратів фірми «Цеоліт»; кількісно-ваговий – для оцінки врожайності культур; лабораторний – для визначення фізико-хімічними, хімічними, біохімічними методами кількісних і якісних характеристик ґрунту, добрив і рослин; математико-статистичний – для встановлення на основі методів математичної статистики достовірності отриманих результатів та функціональних залежностей між різними чинниками та процесами; розрахунково-порівняльний – для розрахунку балансу нутрієнтів і полютантів у системі добриво-рослина та

оцінки економічної й енергетичної ефективності удобрення культур ланки зерно-просапної сівозміни.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше на темно-сірому опідзоленому ґрунті Правобережного Лісостепу України встановлено екотоксикологічний статус систем удобрення культур ланки зерно-просапної сівозміни на основі комплексної оцінки застосування органічних і мінеральних добрив як чинника впливу на відтворення родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту, мобілізацію в ньому мікроелементів і важких металів. Виявлено оптимальне поєднання доз різних видів добрив для реалізації потенціалу сортів культур ланки зерно-просапної сівозміни та отримання максимального економічного ефекту в умовах Правобережного Лісостепу.

На основі результатів балансово-розрахункових методів удосконалено систему удобрення сої, вівса, кукурудзи на зерно з обґрунтуванням доцільності застосування позакореневого підживлення рідкими комплексними добривами в основні етапи росту і розвитку рослин.

Одержала подальшого розвитку методологія агрохімічних досліджень за залучення показників захисних функцій ґрунту, зокрема коефіцієнта забруднення рухомою формою металу.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні систем удобрення із залученням мікроелементів на основі результатів еколого-агрохімічного аналізу ґрунту та біохімічного аналізу продукції рослинництва, що забезпечить максимально можливу реалізацію потенціалу сорту культур ланки зерно-просапної сівозміни. Виробничу перевірку і впровадження проведено на площі 60 га у ВСК «Ріжки» (с. Ріжки, Таращанський р-н, Київська обл.), на площі 90 га у ПП «Поділля» (с. Бистрик, Бердичівський р-н, Житомирська обл.) та на площі 60 га у СТОВ «Можарівське» (с. Можари, Овруцький р-н, Житомирська обл.), що підтверджено відповідними актами.

Запропоновано при встановленні екотоксикологічного статусу системи удобрення визначати показники захисних функцій ґрунту, а саме коефіцієнти забруднення валовою, кислоторозчинною і рухомою формами МЕ і ВМ. Це дозволяє прогнозувати можливий дефіцит металів-мікроелементів у ґрунті, виявляти агротехногенну складову в загальному техногенному забрудненні довкілля, з'ясувати особливості структури забруднення.

Особистий внесок здобувача полягає у безпосередній участі у визначенні мети і завдань дослідження, розробці робочої гіпотези, опрацюванні літературних джерел за темою дисертаційної роботи, виконанні польових та лабораторних досліджень, аналізі й узагальненні отриманих даних, підготовці рекомендацій для виробництва, апробації результатів досліджень на наукових конференціях. Особисто та у співавторстві підготовлено друковані праці.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати досліджень оприлюднено та обговорено на науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Енергозберігаючі технології в землеробстві за ринкових умов господарювання» (Чабани, 2006 р.); науково-практичній конференції молодих учених «Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва» (Київ, 2007 р.); Всеукраїнській науковій конференції молодих

учених, присвяченій 110-річчю з дня народження М. М. Шкварука (Умань, 2008 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Екологічна безпека сільськогосподарського виробництва» (Київ, 2008 р.); науково-практичній конференції молодих учених і спеціалістів «Роль біологічного землеробства у виробництві конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції» (Чабани, 2008 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Научные приоритеты инновационного развития отрасли растениеводства: результаты и перспективы» (Жодіно, 2011 р.); конкурсі наукових доповідей молодих учених із пріоритетних напрямків аграрної науки на здобуття премії Президії НААН «За кращу наукову доповідь молодого ученого НААН з фундаментальних та прикладних досліджень» (протокол № 13 від 27 липня 2011 р.); Всеукраїнській науковій конференції «Інноваційні технології виробництва рослинницької продукції» (Умань, 2013 р.); ІХ з'їзді Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків «Охорона ґрунтів – основа сталого розвитку України» (Миколаїв, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві» (Київ, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Збалансоване природокористування: традиції та інновації» (Київ, 2014 р.).

Результати дисертації щорічно обговорювались на засіданнях методичної комісії з питань землеробства та рослинництва ННЦ «Інститут землеробства НААН» (2006–2009 рр.). За результатами наукових досліджень була призначена стипендія Кабінету Міністрів України для молодих учених на період 2008–2010 рр.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 16 наукових праць, з них 6 – у фахових виданнях, серед яких одна стаття у виданні, включеному до наукометричних баз даних, 10 доповідей та тез наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 204 сторінках комп'ютерного тексту, складається з вступу, 6 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел літератури та додатків. Експериментальний матеріал представлений у 43 таблицях, 27 рисунках і 17 додатках. Перелік використаної літератури нараховує 316 найменувань, у т. ч. 15 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ВПЛИВ ДОБРИВ НА ПОКАЗНИКИ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

У розділі наведено огляд результатів досліджень вітчизняних і зарубіжних науковців з питань впливу тривалого застосування мінеральних добрив та побічної продукції зернових культур як добрива, а також комплексу мікродобрив на агрохімічні властивості ґрунту, продуктивність і якість продукції рослинництва. Охарактеризовано основні закономірності перерозподілу ME і VM, трансформації їх сполук в агробіогеоценозах. На основі аналізу наукових джерел виявлено недостатність даних стосовно механізму формування збалансованого

живлення сільськогосподарських культур та екологічної доцільності доз добрив у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Зважаючи на вже досягнуті наукові здобутки, роботу було спрямовано на обґрунтування екотоксикологічного статусу систем удобрення культур ланки зерно-просапної сівозміни за комплексної оцінки застосування органічних і мінеральних добрив як чинника впливу на відтворення родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту, мобілізацію в ньому ME і VM.

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили впродовж 2005–2007 рр. на базі стаціонарного багатофакторного дослідів відділу адаптивних інтенсивних технологій зернових колосових культур і кукурудзи ННЦ «Інститут землеробства НААН», який закладений в 1987 р. у восьмипільній зерно-просапній сівозміні (ДП ДГ «Чабани» Києво-Святошинського району Київської області).

Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений грубопилувато-легкосуглинковий на лесовидному суглинку. До закладання дослідів він характеризувався слабокислою реакцією середовища, низьким умістом гідролізованих форм азоту, високим – рухомого фосфору та підвищеним – обмінного калію. Дослідження проводили в ланці зерно-просапної сівозміни: соя-овес-кукурудза на зерно.

Метеорологічні умови вегетаційного періоду 2005–2007 рр. були сприятливими для росту і розвитку сільськогосподарських культур.

Схемою дослідів передбачено варіанти насиченості сівозміни мінеральними добривами від 18,5 до 316,5 кг/га NPK на фоні приорювання побічної продукції рослинництва (солома зернових і бобових культур, стебла кукурудзи) та інтегрованої системи захисту культур від бур'янів, хвороб та шкідників (табл. 1).

Таблиця 1

Схема застосування добрив у стаціонарному досліді, 2005–2007 рр.

Варіант дослідів, кг/га сівозмінної площі				Дози мінеральних добрив для культур ланки сівозміни, кг/га NPK			
N	P	K	NPK	кукурудза на зерно	овес	соя	середнє за ланку, NPK
–	–	–	–	–	–	–	–
64,0	72,0	75,0	211,0	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	210,0
На фоні приорювання побічної продукції рослинництва (солома, стебла)							
–	–	–	–	–	–	–	–
18,5	–	–	18,5	N ₄₀	N ₆₀	–	33,3
32,0	36,0	37,5	105,5	N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀	105,0
64,0	72,0	75,0	211,0	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	210,0
64,0	72,0	75,0	211,0	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	210,0
96,0	108,0	112,5	316,5	N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₈₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₄₅ P ₉₀ K ₉₀	315,0

Примітка. У варіанті 6 при закладанні дослідів у 1987 р. внесено мінеральні добрива в запас: 4,7 т P₂O₅ і 2,1 т K₂O на 1 га.

Площа посівної ділянки – 42 м², облікової – 25 м². Повторність досліду чотириразова.

Для вивчення ефективності окремих елементів системи удобрення було закладено тимчасовий дослід із використанням позакореневого підживлення комплексом рідких препаратів фірми «Цеоліт» на трьох агрофонах: без добрив (контроль); побічна продукція попередника з додаванням N_{33,3} на 1 гектар сівозмінної площі; найвища в досліді насиченість мінеральними добривами з внесенням 315 кг/га NPK на фоні побічної продукції попередника.

Уміст поживних елементів в універсальних рідких комплексних добривах з комерційною назвою Цеовіт наведений у табл. 2.

Таблиця 2

**Уміст елементів живлення в універсальних рідких комплексних добривах
Цеовіт, г/л**

Елемент живлення	Цеовіт ЕкоЛіст Стандарт	Цеовіт магній, сірка + мікро-елементи для зернових	Цеовіт Плодо-насіння	Цеовіт Старт	Цеовіт Mg Мікро	Цеовіт Моно Цинк	Цеовіт Моно Мідь
Азот, N	120,0	–	–	–	–	–	–
Калій, K ₂ O	78,0	–	200,0	70,0	–	–	–
Фосфор, P ₂ O ₅	–	–	90,0	220,0	–	–	–
Магній, MgO	32,0	83,0	–	–	83,0	–	–
Сірка, SO ₃	–	–	–	–	–	–	–
Марганець, Mn	0,5	25,0	2,0	0,6	5,0	–	–
Залізо, Fe	1,0	2,0	0,5	0,3	10,0	–	–
Цинк, Zn	3,0	1,1	0,06	2,0	4,0	100,0	–
Бор, B	5,0	2,0	1,0	1,5	–	–	–
Молібден, Mo	0,02	0,2	0,05	0,1	1,0	–	–
Мідь, Cu	5,0	8,5	0,6	1,0	2,0	–	100,0

Оброблення посівів культур ланки сівозміни добривами здійснювали у найважливіші фази росту й розвитку рослин. Удобрення кукурудзи проводили:

- у фазі 2–4 листки (3 л/га Цеовіт ЕкоЛіст Стандарт);
- у фазі 6–7 листків (4 л/га Цеовіт Старт + 1 л/га Цеовіт Mg Мікро);
- через 10 днів (1 л/га Цеовіт Mg Мікро + 5 л Цеовіт Старт + 2 л/га Цеовіт Моно Цинк);

- через 10 днів (1 л/га Цеовіт Mg Мікро + 6 л/га Цеовіт Плодоносіння + 2 л/га Цеовіт Моно Цинк + 1 л/га Цеовіт Моно Мідь).

Для оброблення посівів вівса застосовували 1 л/га препарату Цеовіт магній, сірка + мікроелементи для зернових у фазах: кущення, вихід у трубку і колосіння.

Удобрення посівів сої здійснювали:

- у фазі 6–8 листків (1 л/га Цеовіт ЕкоЛіст Стандарт);
- у фазі бутонізації (1 л/га Цеовіт ЕкоЛіст Стандарт);
- у фазі появи перших бобиків (1 л/га Цеовіт ЕкоЛіст Стандарт + 2 л/га Цеовіт Моно Цинк).

Відбір і підготовку ґрунтових та рослинних проб до аналізу здійснювали згідно з атестованими в Україні методиками. Ґрунт відбирали з верхнього шару (0–20 см) після збирання врожаю культур сівозміни (ДСТУ ISO 1031–1:2004). У відібраних пробах визначали: вміст загального гумусу – за методом Тюріна (ДСТУ 4289:2004); обмінну кислотність (pH_{KCl}) – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390–2001); гідролітичну кислотність – титриметрично за методом Каппена в модифікації ЦІНАО (ГОСТ 26212–91); суму увібраних основ – титриметрично за методом Каппена (ГОСТ 27821–88); рухомі форми кальцію та магнію – у витяжці за Шолленбергером методом атомної абсорбції (ДСТУ 3866–99); гідролізований азот – за Корнфілдом (ДСТУ 4362:2004); рухомий фосфор і обмінний калій – за методом Чирікова у модифікації ЦІНАО (ДСТУ 4115–2002); концентрацію валових, кислоторозчинних (після вилучення 1,0 н HCl, 0,1 н H₂SO₄) та рухомих (після вилучення ацетатно-амонійним буферним розчином pH 4,8) форм важких металів і металів-мікроелементів (марганець, цинк, кадмій, залізо, мідь, нікель, свинець) – методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (ДСТУ 4362:2004, ДСТУ 4770.1:2007, ДСТУ 4770.2:2007, ДСТУ 4770.3:2007, ДСТУ 4770.4:2007, ДСТУ 4770.6:2007, ДСТУ 4770.7:2007, ДСТУ 4770.9:2007).

У рослинних пробах визначали: біохімічні показники якості зерна та побічної продукції – методом інфрачервоної спектроскопії на інфрачервоному аналізаторі NIR Systems 4500 (ДСТУ 4117:2007); уміст ВМ і МЕ у вегетативних і генеративних органах – атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі ААС–3 після деструкції органічної речовини з допомогою азотної кислоти та термообробки (ГОСТ 30178–96).

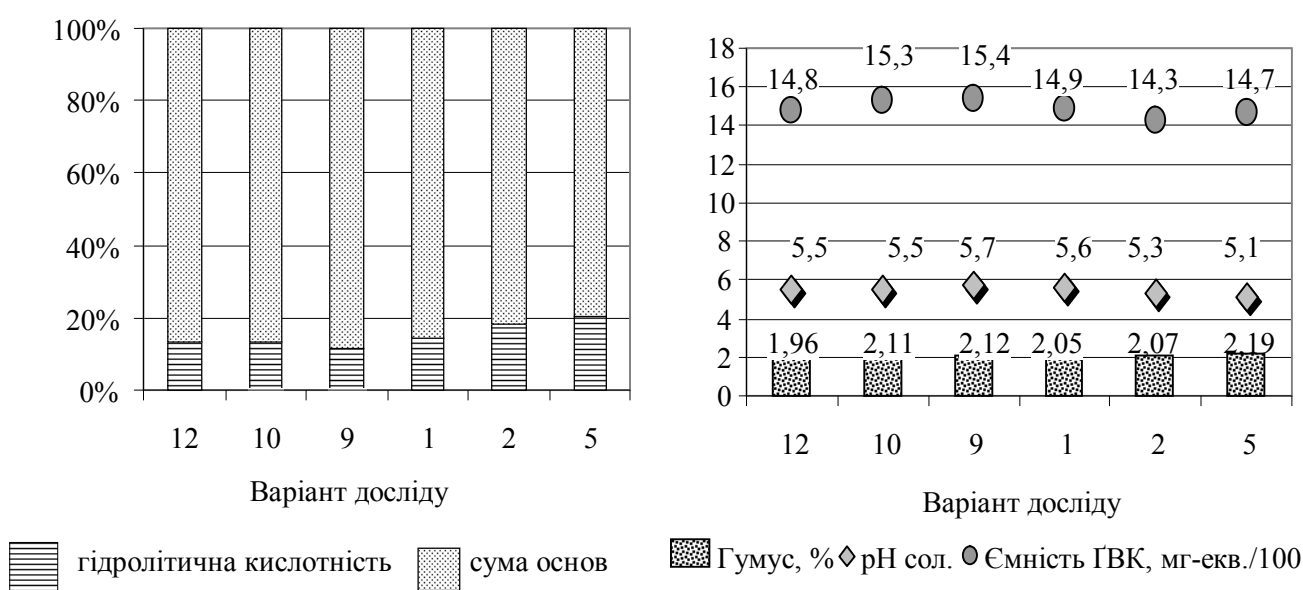
Хімічні та фізико-хімічні дослідження ґрунту і рослин виконували у відділі агроекології і аналітичних досліджень ННЦ «ІЗ НААН» (атестат акредитації «Украгостандартсертифікація» за № 2173 від 14.12.2004 р.).

Урожайність основної та побічної продукції культур ланки зерно-просапної сівозміни визначали щорічно методом суцільного обмолоту з кожної облікової ділянки, а масу зерна перераховували на 1 га.

Баланс нутрієнтів і полютантів розраховували згідно методичних рекомендацій (Макаренко В. М., Розстальний В. Є., Марчук І. У. та ін., 2003 р.) на основі власно отриманих емпіричних даних. Економічну ефективність визначали згідно методики відділу економіки ННЦ «Інститут землеробства НААН», а енергетичну – за методичними рекомендаціями Ю. О. Тараріко (2001 р.). Математико-статистичний аналіз отриманих у процесі досліджень даних проведено методом кореляційного, регресійного і дисперсійного аналізів за Б. О. Доспеховим (1985 р.) з допомогою комп'ютерних програм Microsoft Office Excel 2003, Statistica 5.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВ ДОБРІВ НА АГРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕМНО-СІРОГО ОПІДЗОЛЕНОГО ҐРУНТУ

За тривалого різноінтенсивного агрохімічного навантаження в сівозміні відбулось перегрупування складових ґрунтового вбирного комплексу (далі ҐВК). У варіантах без добрив та за приорювання соломи ємність ҐВК на 11,7–13,5 % визначалась іонами водню та алюмінію. Застосування 105,5–316,5 кг/га НРК мінеральних добрив на фоні органічних підвищило частку цих іонів у ҐВК до 14,1–20,4 % (рис. 1). Хоча найдоцільніше для суглинків співвідношення між кальцієм та магнієм збереглося саме за орґано-мінеральної системи удобрення – Ca/Mg 6,1–6,4. Між загальною ємністю ҐВК та вмістом гумусу виявлено тісний прямий кореляційний зв'язок – $r = 0,66$.



А

Б

Рис. 1. Фізико-хімічні властивості ґрунту залежно від насиченості сівозміни мінеральними добривами, середнє за 2005–2007 рр.

Примітка. А – частка обмінних основ та гідролітичної кислотності в ємності ҐВК; Б – гумус, %; $pH_{КСІ}$; ємність ҐВК, мг-екв./100 г ґрунту; 12 – без добрив (контроль); 10 – побічна продукція; 9 – побічна продукція+18,5 кг/га N; 1 – побічна продукція+105,5 кг/га НРК; 2 – побічна продукція+211 кг/га НРК; 5 – побічна продукція+316,5 кг/га НРК.

Приорювання побічної продукції рослинництва забезпечило відтворення запасів гумусу та оптимізування структури ҐВК, але витрати азоту на формування урожаю компенсувались лише на 43 %, фосфору – 35 %, калію – 90 %. Тому кількість в ґрунті доступного рослинам азоту порівняно з варіантом економічно доцільної моделі системи удобрення (211 кг/га НРК на фоні побічної продукції рослинництва) була нижче на 20 %, фосфору – 26 %, калію – 19 % (табл. 3).

Найвищі показники потенційної родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту досягнуто за насиченості зерно-просапної сівозміни мінеральними добривами на рівні 211–316,5 кг/га НРК на фоні приорювання побічної продукції

рослинництва. За таких умов кількість лужногідролізованого азоту знаходилась на рівні 91–103 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 192–316, обмінного калію – 92–175 мг/кг ґрунту.

Таблиця 3

Агрохімічні показники родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних систем удобрення (шар 0–20 см), середнє за 2005–2007 рр.

Варіант досліджу	Насиченість сівозміни NPK, кг/га	Вміст рухомих форм елементів живлення					Ca ²⁺ / Mg ²⁺
		мг/кг			мг-екв. на 100 г		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
Без добрив (контроль)	-	77	107	72	8,8	1,3	6,8
N ₆₄ P ₇₂ K ₇₅	211,0	81	173	85	8,5	1,2	7,1
На фоні приорювання побічної продукції рослинництва (солома, стебла)							
Без добрив	-	73	143	80	9,8	1,4	7,0
N _{18,5}	N _{18,5}	77	140	79	9,1	1,3	7,0
N ₃₂ P ₃₆ K _{37,5}	105,5	80	179	92	8,6	1,4	6,1
N ₆₄ P ₇₂ K ₇₅	211,0	91	192	92	8,4	1,3	6,4
N ₆₄ P ₇₂ K ₇₅ *	211,0*	82	316	176	8,3	1,5	5,5
N ₉₆ P ₁₀₈ K _{112,5}	316,5	103	316	175	8,4	1,3	6,4
<i>HIP₀₅</i>		<i>0,3</i>	<i>0,5</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>	<i>0,2</i>	<i>0,6</i>

Примітка. * у 1987 р. внесено у запас: 4,7 т P₂O₅ і 2,1 т K₂O на 1 га.

Систематичне застосування мінеральних добрив на фоні післядії одноразового внесення фосфору та калію у запас забезпечило рівень рухомого фосфору і обмінного калію близький до варіанту з максимальною в досліді дозою добрив (316,5 кг/га NPK). Проте накопичення доступних форм азоту на цих ділянках на 13 % поступалося варіанту з аналогічною системою удобрення (211 кг/га NPK на фоні приорювання соломи), але без внесення добрив у запас. Таке зниження пояснюється високим фосфорно-калійним фоном, який додатково стимулює споживання азоту агрофітоценозом.

Тривале використання ґрунту в землеробстві за умови внесення мінеральних добрив у дозах 18,5–316,5 кг/га NPK та приорювання побічної продукції рослинництва спричинило незначну зміну концентрації валових, кислоторозчинних, рухомих форм ME та VM у темно-сірому опідзоленому ґрунті. Поряд із тим, спостерігали тенденцію до погіршення екотоксикологічного стану агроценозів у зв'язку з поступовим накопиченням у ґрунті валових і рухомих форм свинцю та кадмію (табл. 4).

Для з'ясування особливостей структури забруднення, виявлення агротехногенної складової у загальному техногенному забрудненні довкілля та прогнозування можливого дефіциту металів-мікроелементів у ґрунті запропоновано розширити перелік показників агрохімічного стану ґрунту і визначати:

а) коефіцієнт захисних властивостей ґрунту – K_3 (Ільїн В. Б., 1995; Карпухін А. І., Бушуєв М. М., 2007), що показує, яка частина хімічного елементу, від загального його вмісту, знаходиться в тісно зв'язаній і недоступній для рослин

Таблиця 4

Уміст мікроелементів і важких металів у темно-сірому опідзоленому ґрунті (шар 0–20 см), мг/кг

Варіант досліджу	Насиченість сівозміни, НРК кг/га	Мідь		Цинк		Свинець		Кадмій	
		рік							
		1987	2005-2007	1987	2005-2007	1987	2005-2007	1987	2005-2007
Валова форма									
Без добрив (контроль)	–	8,5	8,5	28,0	29,8	13,8	18,0	1,9	2,0
На фоні пріорювання побічної продукції рослинництва (солома, стебла)									
Без добрив	–	8,5	8,5	25,0	29,5	15,0	18,5	2,0	2,2
$N_{64}P_{72}K_{75}$	211,0	8,0	8,5	23,0	26,0	16,5	18,8	2,0	2,0
$N_{64}P_{72}K_{75}$ *	211,0*	8,0	9,0	23,2	31,2	13,5	17,5	2,0	2,0
$N_{96}P_{108}K_{112,5}$	316,5	8,0	8,5	24,2	30,2	16,0	19,0	2,0	2,0
$НІР_{05}$		0,6	0,3	0,5	0,9	0,8	1,0	0,2	0,2
ГДК		55		100		32		3,0	
Фон		20		50		10		0,5	
Рухома форма									
Без добрив (контроль)	–	0,2	0,1	2,0	0,8	1,8	1,1	–	0,1
На фоні пріорювання побічної продукції рослинництва (солома, стебла)									
Без добрив	0	0,1	0,1	1,2	1,0	1,6	1,3	–	0,1
$N_{64}P_{72}K_{75}$	211,0	0,1	0,1	1,1	1,0	1,3	1,1	–	0,1
$N_{64}P_{72}K_{75}$ *	211,0*	0,1	0,1	1,0	1,4	1,3	0,7	–	–
$N_{96}P_{108}K_{112,5}$	316,5	0,1	0,1	3,3	1,4	1,2	1,0	–	0,1
$НІР_{05}$		0,1	0	1,6	0,3	0,4	0,3	–	0,1
ГДК		3		23		2		0,7	
фон		0,5		5		0,5		0,1	

Примітка. * у 1987 р. внесено у запас: 4,7 т P_2O_5 і 2,1 т K_2O на 1 га.

формі та розраховується за формулою:

$$K_3 = 100 - C_{\text{кисл.}} / C_{\text{вал.}} * 100 \%, \quad (1)$$

де $C_{\text{кисл.}}$ – кількість кислоторозчинної форми, мг/кг ґрунту,

$C_{\text{вал.}}$ – валовий вміст ВМ, мг/кг ґрунту;

б) коефіцієнт валового забруднення – $K_{\text{в.з.}}$ (Карпухін А. І., Бушуєв М. М., 2007), що показує наскільки валовий вміст хімічного елементу перевищує його фоновий рівень у ґрунті та розраховується як:

$$K_{\text{в.з.}} = C_{\text{вал.}} / C_{\text{фон.}} * 100 \%, \quad (2)$$

де $C_{\text{вал.}}$ – валовий вміст елементу, мг/кг ґрунту,

$C_{\text{фон.}}$ – фоновий вміст елементу, мг/кг ґрунту;

в) коефіцієнти забруднення рухомою – $K_{з.р.}$ (Клименко І. І., 2011) та кислоторозчинною формами - $K_{з.к.}$ (Карпухін А. І., Бушуєв М. М., 2007) показують, наскільки кількість рухомої та кислоторозчинної форми перевищує фоновий рівень даного хімічного елементу в ґрунті. Ці коефіцієнти розраховують за формулами:

$$K_{з.р.} = C_{рух.} / C_{фон.} * 100 \%, \quad (3)$$

де $C_{рух.}$ – вміст рухомої форми елементу, мг/кг ґрунту,

$C_{фон.}$ – фоновий вміст елементу, мг/кг ґрунту;

$$K_{з.к.} = C_{кисл.} / C_{фон.} * 100 \%, \quad (4)$$

де $C_{кисл.}$ – вміст кислоторозчинної форми елементу, мг/кг ґрунту,

$C_{фон.}$ – фоновий вміст елементу, мг/кг ґрунту.

Встановлено, що за фонових значень ВМ, визначених для ґрунтів України (Созінов О. О., Прістер Б. С., 1994), коефіцієнти забруднення валовою і рухомою формою для свинцю становили відповідно 185–190 % і 200–260 %, для кадмію – 440 і 100 %, тоді як коефіцієнти для міді і цинку не перевищували 100 %, а показник захисних властивостей за внесення добрив зростав. Це є застереженням щодо подальшого забруднення ґрунту свинцем і кадмієм за одночасного поглиблення дефіциту доступних рослинам форм міді і цинку в поживному середовищі при застосуванні добрив, передбачених системами удобреннями досліджу.

УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА СОЇ, ВІВСА, КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ ДОЗ, ВИДІВ ДОБРИВ ТА ЇХНЬОГО ПОЄДНАННЯ У СІВОЗМІНІ

Дослідження, що проведені на темно-сірому опідзоленому ґрунті в ланці зерно-просапної сівозміни свідчать про те, що підвищити урожайність на 64,5–82,8 % порівняно з агроценозами без добрив можливо в агроєкотопках, створених за тривалого застосування 210–315 кг/га NPK мінеральних добрив на фоні приорювання побічної продукції рослинництва. За таких умов отримали 2,8–3,1 т/га сої, 5,5–5,7 т/га вівса і 7,2–8,3 т/га кукурудзи на зерно (табл. 5). Окреме внесення еквівалентних кількостей органічних і мінеральних добрив знижувало продуктивність культур на 18,5 % порівняно з органо-мінеральною системою удобрення.

Залежність рівня врожайності культур від насиченості сівозміни мінеральними добривами виражається математичними моделями:

$$Y = 2,7255 + 0,0030X + 0,1225\sqrt{X}$$

для вівса ($R = 0,985$; $D = 97,0 \%$) (5)

$$Y = 5,2894 + 0,0140X - 0,0801\sqrt{X}$$

для кукурудзи на зерно ($R = 0,993$; $D = 98,6 \%$) (6)

$$Y = 2,3856 + 0,0004X + 0,0324\sqrt{X}$$

для сої ($R = 0,977$; $D = 95,5 \%$) (7)

Вплив систематичного застосування добрив на продуктивність культур ланки зерно-просапної сівозміни, середнє за 2005–2007 рр.

Варіант досліду	В середньому за ланку сівозміни NPK, кг/га	Урожайність, т/га			Середнє по ланці сівозміни, зернових одиниць
		соя	овес	кукурудза на зерно	
Без добрив (контроль)	–	2,27	2,01	4,45	3,38
N ₆₀ P ₇₀ K ₈₀	210,0	2,81	4,99	6,50	5,18
На фоні пріорювання побічної продукції рослинництва (солома, стебла)					
Без добрив	–	2,37	2,71	5,21	3,88
N _{33,3}	N _{33,3}	2,55	3,40	5,40	4,24
N ₃₀ P ₃₅ K ₄₀	105,0	2,81	4,04	5,74	4,68
N ₆₀ P ₇₀ K ₈₀	210,0	2,84	5,47	7,19	5,56
N ₆₀ P ₇₀ K ₈₀ *	210,0*	2,92	5,41	6,94	5,51
N ₉₀ P ₁₀₅ K ₁₂₀	315,0	3,14	5,74	8,29	6,18
	<i>HIP</i> ₀₅	0,18	0,12	0,31	0,36

Примітка. * у 1987 р. внесено у запас: 4,7 т P₂O₅ і 2,1 т K₂O на 1 га.

Установлено, що ґрунтово-кліматичні умови Правобережного Лісостепу в роки проведення досліджень забезпечили отримання зерна вівса з умістом білка 7,05–8,46 %, крохмалю 53,5–54,1 %, жиру 4,52–4,70 %; зерна кукурудзи з умістом протеїну 7,44–8,94 %, жиру 4,31–4,52 %, крохмалю 47,8–50,6 %; зерна сої з умістом протеїну 39,7–40,4 %, жиру 20,4–21,6 %. За насиченості ланки сівозміни мінеральними добривами на рівні 210 і 315 кг/га NPK на фоні пріорювання соломи показники якості основної продукції в досліді були найвищими.

Попри тенденцію щодо накопичення свинцю і кадмію в ґрунті варіантів досліді не виявлено додаткового накопичення цих металів у зерні культур ланки сівозміни. Але тривале застосування мінеральних добрив з основними діючими компонентами азотом, фосфором, калієм по фоні пріорювання побічної продукції рослинництва спричинило зміни в агроєкотопі, в результаті чого відбулось зниження вмісту цинку в зерні кукурудзи на 25,8 % та вівса на 6,7 %, порівняно з контролем без добрив – відповідно 16,3 і 25,3 мг/кг; міді у насінні сої – на 7,7 % за 14,2 мг/кг у варіанті без добрив.

Підвищення цінності зернової продукції, як джерела мікроелементів у кормах та продуктах харчування, можливо за встановлення коефіцієнта біологічного поглинання металів рослинами (КБП за Перельманом) і відповідного удосконалення системи удобрення польових культур. В умовах темно-сірого опідзоленого ґрунту виявлено, що саме цинк (КПБ 2,79–7,39) і мідь (КПБ 2,24–8,67) відносились до елементів сильного накопичення соєю, вівсом, кукурудзою, підтверджуючи важливість цих елементів у формуванні генеративних органів культур ланки зерно-просапної сівозміни, а отже необхідність їхньої достатньої кількості у живильному середовищі.

Оптимізування системи удобрення в досліді здійснювали шляхом позакореневого підживлення посівів у основні фази росту й розвитку

універсальними комплексними добривами, до складу яких входили мікроелементи, в тому числі цинк і мідь. Це дозволило підвищити урожайність сої на 7,4–8,3 %, вівса – 7,2–8,5 %, кукурудзи – 7,1–8,6 %, за частки участі фактора 2,8–8,0 % (рис. 2).

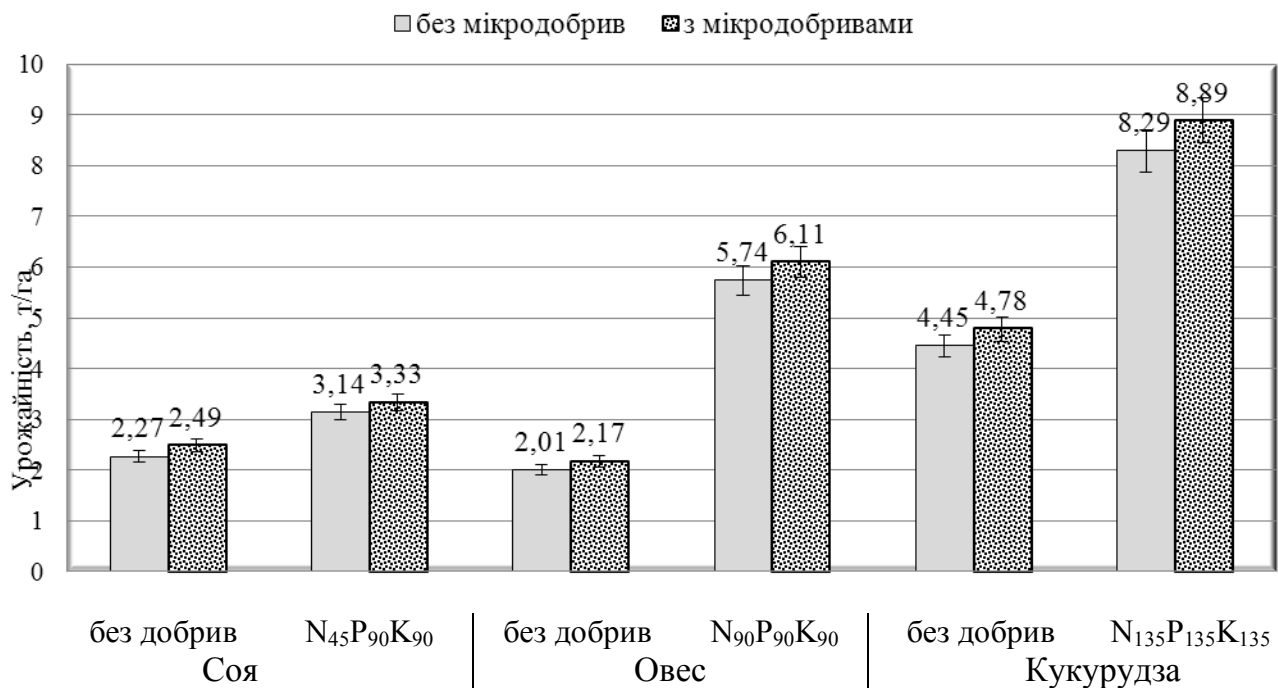


Рис. 2. Урожайність культур ланки зерно-просапної сівозміни за позакореневого підживлення рідкими комплексними добривами з мікроелементами, середнє за 2005–2007 рр.

Поліпшення поживного режиму зумовлювало тенденцію до підвищення вмісту протеїну в зерні усіх культур ланки сівозміни, а також крохмалю – у вівса і жиру – у сої.

ВИНОС НУТРИЄНТІВ ТА ПОЛЮТАНТІВ УРОЖАЄМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР І ЇХНІЙ БАЛАНС У ЛАНЦІ ЗЕРНО-ПРОСАПНОЇ СІВОЗМІНИ

За насиченості сівозміни 33,3–315 кг/га NPK та пріорювання побічної продукції рослинництва загальний винос азоту врожаєм із кожного гектара складав 135,2–209,2 кг/га, фосфору – 46,2–77,4 та калію – 121,5–177,0 кг/га. Встановлено, що з зерном виносилось 59–72 % азоту і 65–68 % фосфору, а у відчуженні калію, навпаки, найвагомішою складовою була побічна продукція, яка спричиняла 77–83 % загальних витрат. Тому пріорювання побічної продукції є важливим резервом відтворення запасів калію у ґрунті.

В умовах Правобережного Лісостепу на темно-сірому опідзоленому ґрунті застосування моделей систем удобрення, які передбачають внесення під сою N₃₀₋₄₅P₆₀₋₉₀K₆₀₋₉₀, кукурудзу – N₉₀₋₁₃₅P₉₀₋₁₃₅K₁₂₀₋₁₈₀, овес – N₆₀₋₉₀P₆₀₋₉₀K₆₀₋₉₀ на фоні пріорювання соломи, забезпечило найповніше повернення до агроекотопів досліду біогенних елементів з інтенсивністю балансу азоту 64–71 %, фосфору – 137–169 %, калію – 132–148 % (табл. 6).

Таблиця 6

Баланс елементів живлення у ланці зерно-просапної сівозміни за різних систем удобрення, середнє за 2005–2007 рр.

Варіант досліджу	В середньому за ланку сівозміни NPK, кг/га	Баланс, ± кг/га		
		N	P	K
Без добрив (контроль)	–	-94	-36	-86
N ₆₀ P ₇₀ K ₈₀	210,0	-122	+7	-69
На фоні приорювання побічної продукції рослинництва (солома, стебла)				
Без добрив	0	-77	-30	-12
N _{33,3}	N _{33,3}	-52	-31	-13
N ₃₀ P ₃₅ K ₄₀	105,0	-77	0	+20
N ₆₀ P ₇₀ K ₈₀	210,0	-76	+25	+53
N ₆₀ P ₇₀ K ₈₀ *	210,0*	-75	+26	+54
N ₉₀ P ₁₀₅ K ₁₂₀	315,0	-72	+54	+87

Примітка. * у 1987 р. внесено у запас: 4,7 т P₂O₅ і 2,1 т K₂O на 1 га.

Результати балансових розрахунків підтверджують попередні дані стосовно накопичення свинцю і кадмію в ґрунті, які свідчать про необхідність екотоксикологічного контролю добрив та моніторингу за іншими джерелами надходження ВМ у агроландшафти. Внесення у фізичній вазі 260 кг аміачної селітри, 517 кг суперфосфату, 200 кг калію хлористого в середньому на гектар у ланці сівозміни соя-овес-кукурудза на зерно на фоні приорювання побічної продукції рослинництва (315 кг/га NPK) не компенсувало витрат міді, цинку, нікелю, марганцю на формування біомаси врожаю, одночасно сприяючи накопиченню в агроекотопі свинцю та кадмію з інтенсивністю балансу відповідно 215 і 231 %, порівняно з 1 % у варіанті без застосування добрив.

**ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ
СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР
ЛАНКИ ЗЕРНО-ПРОСАПНОЇ СІВОЗМІНИ**

Оцінювання економічної ефективності системи удобрення культур ланки зерно-просапної сівозміни свідчить про доцільність застосування добрив на темно-сірих опідзолених ґрунтах Правобережного Лісостепу України. Приріст прибутку за рахунок їхнього використання складав 567–1258 грн/га до контролю (без добрив) за рентабельності 38–86 %.

Встановлено високу перспективність залучення елементів біологізації до моделей систем удобрення культур ланки зерно-просапної сівозміни. Застосування соломи як добрива та додавання компенсаційної дози азоту 33,3 кг/га забезпечило найвищий у досліді рівень рентабельності – 84–85 % та значний приріст прибутку до контролю – 958–1191 грн/га. Разом із тим, підтверджено перевагу моделей з сумісним використанням органічних і мінеральних добрив. Найбільший в досліді прибуток (4043–4106 грн/га) отримано за внесення 210 кг/га NPK на фоні приорювання соломи.

Результати економічного аналізу моделей систем удобрення із позакореневим підживленням свідчать про доцільність розширення спектру нутрієнтів у добривах за рахунок мікроелементів. Застосування мікродобрив у ланці зерно-просапної сівозміни підвищило рівень рентабельності на 5 %, прибуток – на 369–604 грн/га залежно від фону основного удобрення.

Моделі систем удобрення з унесенням 105–315 кг NPK на га сівозмінної площі на фоні органічних добрив, забезпечуючи найвищі показники продуктивності сільськогосподарських культур, мали низьку енергетичну ефективність – K_{ee} 3,22–3,76 і потребують удосконалення, спрямованого на підвищення продуктивності культур ланки зерно-просапної сівозміни.

Енергетична ефективність моделей систем удобрення з позакореневим підживленням мікродобривами культур ланки зерно-просапної сівозміни відзначалась підвищенням енерговитрат на 9,7–25,5 % та енергомісткості врожаю на 6,7–13,4 %, порівняно з базовим удобренням. Зниження коефіцієнта енергетичної ефективності на 0,05–0,36 при застосуванні мікродобрив порівняно з базовими моделями свідчить про необхідність удосконалення технології позакореневого підживлення.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і практичне вирішення задачі, яка полягає в обґрунтуванні агрохімічної та екологічної ефективності органічних, мінеральних, органо-мінеральних моделей систем удобрення у ланці зерно-просапної сівозміни з визначенням їх екоотоксикологічного статусу в умовах Правобережного Лісостепу на темно-сірому опідзоленому ґрунті.

Отримані результати дають змогу зробити наступні висновки:

1. В умовах Правобережного Лісостепу розширене відтворення потенційної родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту забезпечувалося за насиченості зерно-просапної сівозміни мінеральними добривами 211–316,5 кг/га NPK на фоні приорювання побічної продукції рослинництва. Досягнуто вміст гумусу – 2,07–2,19 %, гідролізованого азоту – 91–103 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 192–316, обмінного калію – 92–175 мг/кг ґрунту, що відповідно на 6–12 %, 18–34, 79–195, 28–124 % вище порівняно з ділянками без добрив.

2. Тривале використання темно-сірого опідзоленого ґрунту в землеробстві за різного агрохімічного навантаження спричинило зміну загальної ємності ГВК та його внутрішню перебудову. На ділянках без добрив та за приорювання побічної продукції рослинництва ємність ГВК на 11,7–13,5 % визначалась іонами водню та алюмінію, а за додаткового збагачення системи удобрення мінеральною складовою (105,5–316 кг/га NPK) їх частка у ГВК підвищилась до 14,1–20,4 %. Найдоцільніше для суглинків співвідношення між кальцієм та магнієм збереглося за органо-мінеральної системи удобрення – Ca/Mg 6,1–6,4. Виявлено тісний позитивний кореляційний зв'язок між вмістом гумусу і ємністю ГВК – $r = 0,66$.

3. Застосування на добриво побічної продукції рослинництва без додаткового внесення мінеральних добрив, створюючи умови для оптимізування структури ГВК і відтворення запасів гумусу, компенсувало витрати азоту на

формування врожаю лише на 43 %, фосфору – 35 %, калію – 90 % та не забезпечило оптимальних параметрів доступних форм поживних елементів у ґрунтовому середовищі для культур зерно-просапної сівозміни. Кількість доступного рослинам азоту порівняно з варіантом економічно доцільної моделі системи удобрення (211 кг/га NPK на фоні побічної продукції рослинництва) була нижче на 20 %, фосфору – на 26, калію – на 19 %, а продуктивність культур ланки сівозміни зростає лише на 14,8 % за 3,38 т/га зернових одиниць у варіанті без добрив.

4. На темно-сірому опідзоленому ґрунті Правобережного Лісостепу найвищі показники продуктивності культур ланки зерно-просапної сівозміни – 5,56–6,18 т/га зернових одиниць одержано за органо-мінеральної системи удобрення із застосуванням 210–315 кг/га NPK на фоні приорювання побічної продукції рослинництва, що на 64,5–82,8 % вище, ніж у варіанті без добрив. Окреме внесення еквівалентних кількостей органічних і мінеральних добрив знижувало продуктивність ланки на 18,5 % порівняно з органо-мінеральною системою удобрення. Позакореневе підживлення посівів сої, вівса, кукурудзи в основні фази органогенезу універсальними комплексними добривами, до складу яких входять магній, цинк, марганець, молібден, мідь, залізо, бор, на фоні основного органо-мінерального удобрення дозволило підвищити урожайність вівса на 7,2–8,5 %, кукурудзи – 7,1–8,6 %, сої – 7,4–8,3 %.

5. Застосування органічних і мінеральних добрив за різних комбінацій у системах удобрення дозволило одержати зерно вівса з умістом білка 7,0–8,5 %, крохмалю – 53,5–54,1 %, жиру – 4,5–4,7 %; зерно кукурудзи з умістом протеїну 7,4–8,9 %, жиру – 4,3–4,5 %, крохмалю – 47,8–50,6 %; зерно сої з умістом протеїну – 39,7–40,4 %, жиру – 20,4–21,6 %. Найвищі показники якості основної продукції забезпечували моделі систем удобрення, що передбачали насиченість сівозміни мінеральними добривами $N_{60}P_{70}K_{80}$ і $N_{90}P_{105}K_{120}$ на фоні внесення побічної продукції рослинництва.

6. У зерно-просапній сівозміні на темно-сірому опідзоленому ґрунті за внесення 18,5–316,5 кг/га мінеральних добрив на фоні приорювання побічної продукції рослинництва є можливим погіршення екотоксикологічного стану агроценозів у зв'язку з поступовим накопиченням у ґрунті валових і рухомих форм свинцю та кадмію за одночасного поглиблення дефіциту міді та цинку. Коефіцієнти валового забруднення і забруднення рухомою формою для свинцю становили відповідно 180–190 % і 200–260 %, для кадмію – 400–440 і 100 %, тоді як коефіцієнти для міді і цинку не перевищували 100 %, а показник захисних властивостей ґрунту стосовно ВМ за внесення добрив зростає.

7. В умовах Правобережного Лісостепу на темно-сірому опідзоленому ґрунті тривале застосування 315 кг/га NPK на фоні приорювання побічної продукції рослинництва спричинило зміни в агроекотопі, які зумовили зниження вмісту цинку в зерні кукурудзи на 25,8 % та вівса на 6,7 %, порівняно з контролем без добрив – відповідно 16,3 і 25,3 мг/кг; міді у насінні сої – на 7,7 % за 14,2 мг/кг у варіанті без добрив. Застосування органічних та мінеральних добрив не призводило до додаткового накопичення свинцю і кадмію в зерні цих культур.

8. Балансові розрахунки свідчать про необхідність екотоксикологічного контролю добрив, які застосовують у агроландшафтах. Внесення у фізичній вазі 260 кг аміачної селітри, 517 кг суперфосфату, 200 кг калію хлористого в середньому на гектар (315 кг/га NPK) у ланці сівозміни соя-овес-кукурудза на зерно на фоні приорювання побічної продукції рослинництва не компенсувало витрат міді, цинку, марганцю на формування біомаси врожаю, одночасно сприяючи накопиченню у агроекотопі свинцю та кадмію з інтенсивністю балансу відповідно 215 і 231 %, тоді як без застосування добрив цей показник відповідав 1 %.

9. Отримані показники економічної ефективності підтверджують перевагу моделей з сумісним використанням органічних і мінеральних добрив. Найбільший прибуток (4043–4106 грн/га) отримано за внесення 210 кг/га NPK на фоні приорювання соломи і запасного внесення РК добрив, що вище порівняно з варіантом без добрив на 42–44 % і моделлю з максимальною дозою мінерального добрива (315 кг/га) на 17–19 %. Позакореневе підживлення мікродобривами «Цеовіт» у ланці зерно-просапної сівозміни підвищувало рівень рентабельності на 5 %, прибуток – на 369–604 грн/га залежно від фону основного удобрення.

10. Найвищі значення коефіцієнта енергетичної ефективності одержано за приорювання побічної продукції рослинництва ($K_{ee} = 4,05\text{--}4,34$). Моделі систем удобрення із внесенням 105–315 кг NPK на гектар сівозмінної площі на фоні приорювання соломи, забезпечуючи найвищі показники продуктивності культур ланки сівозміни, мають низьку енергетичну ефективність ($K_{ee} = 3,22\text{--}3,76$).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для відтворення родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту і отримання в ланці зерно-просапної сівозміни 5,5–5,6 т/га зернових одиниць основної продукції необхідно забезпечити насиченість сівозміни мінеральними добривами на рівні 210 кг/га NPK по фону приорювання побічної продукції рослинництва. Це передбачає внесення під сою $N_{30}P_{60}K_{60}$, овес $N_{60}P_{60}K_{60}$, кукурудзу $N_{90}P_{90}K_{120}$. Для агроформувань з високим фінансовим забезпеченням пропонується підвищення насиченості сівозміни мінеральними добривами до 315 кг/га NPK, що дозволить отримувати 6,2 т/га зернових одиниць основної продукції. Це передбачає внесення під сою $N_{45}P_{90}K_{90}$, овес $N_{90}P_{90}K_{90}$, кукурудзу $N_{135}P_{135}K_{180}$.

2. Рекомендується застосовувати на добриво побічну продукцію рослинництва. Приорювання 4 т/га соломи в ланці зерно-просапної сівозміни дозволяє компенсувати витрати азоту на формування урожаю на 43 %, фосфору – 35 %, калію – 90 % та підвищує продуктивність культур на 14,8 %.

3. Рекомендується відповідно до фаз розвитку рослин застосовувати позакореневе підживлення універсальними комплексними добривами з мікроелементами, які сприяють підвищенню урожайності культур на 7–8 %.

4. При встановленні екотоксикологічного статусу системи удобрення доцільно визначати показники захисних функцій ґрунту, а саме коефіцієнти забруднення валовою, кислоторозчинною і рухомою формами мікроелементів і важких металів, що розраховуються як частка фактичного вмісту металу у

відповідній формі до його фонового вмісту. Це дозволяє прогнозувати можливий дефіцит металів-мікроелементів у ґрунті, виявляти агротехногенну складову в загальному техногенному забрудненні доквілля, з'ясувати особливості структури забруднення.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях:

1. **Клименко І. І.** Вплив добрив на накопичення важких металів у темно-сірому опідзоленому ґрунті / І. І. Клименко // Вісник аграрної науки. – 2009. – № 6. – С. 67–69.

2. Корсун С. Г. Баланс мікроелементів та важких металів у ґрунті залежно від системи удобрення / С. Г. Корсун, І. М. Свидинюк, **І. І. Клименко** // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН». – 2009. – Вип. 4. – С. 30–35. (*проведення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка статті до друку*).

3. Буслаєва Н. Г. Вплив абіотичних факторів на вміст важких металів у ґрунті агроценозу / Н. Г. Буслаєва, С. Г. Корсун, **І. І. Клименко** // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2011. – № 5. – С. 27. – Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_5/11 bng. pdf. (*виконання експериментальних досліджень, обробка результатів та їх аналіз*).

4. Камінська В. В. Продуктивність культур ланки зернопросапної сівозміни залежно від удобрення / В. В. Камінська, **І. І. Клименко** // Вісник аграрної науки. – 2014. – № 8. – С. 10–13. (*проведення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка статті до друку*).

5. **Клименко І. І.** Характеристика екотоксикологічного стану агроекотопів за показниками захисних функцій ґрунту / І. І. Клименко // Агроєкологічний журнал. – 2014. – № 2. – С. 100–103.

6. Корсун С. Г. Формування потенційної та ефективної родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту в умовах Правобережного Лісостепу / С. Г. Корсун, Н. Г. Буслаєва, **І. І. Клименко** // Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». – 2014. – Вип. 1–2. – С. 40–47. (*проведення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка статті до друку*).

Матеріали конференцій:

7. **Клименко І. І.** Вплив елементів системи удобрення на продуктивність культур ланки зернової сівозміни / І. І. Клименко, В. П. Величко // Енергозберігаючі технології в землеробстві за ринкових умов господарювання: наук.-практ. конф. молодих учених і спеціалістів, 27–29 листоп. 2006 р.: тези доп. – Київ, 2006. – С. 3–4. (*проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка тези до друку*).

8. **Клименко І. І.** Вміст рухомих форм важких металів в орному шарі темно-сірого опідзоленого ґрунту за тривалого використання добрив / І. І. Клименко // Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва: наук.-

практ. конф. молодих учених, 22–24 трав. 2007 р.: тези доп. – Київ, 2007. – С. 104–105.

9. **Клименко І. І.** Вплив агрохімічного навантаження на рівень забрудненості сільськогосподарських культур важкими металами в зернопросапній сівозміні / І. І. Клименко // Всеукраїнська наук. конф. молодих учених, присвячена 110-річчю з дня народження М. М. Шкварука, 21–22 лют. 2008 р.: тези доп. – Умань, 2008. – Ч. 1. – С. 91–92.

10. **Клименко І. І.** Інтенсивність біологічного поглинання мікроелементів і важких металів культурами ланки зернопросапної сівозміни / І. І. Клименко // Роль біологічного землеробства у виробництві конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції: наук.-практ. конф. молодих учених і спеціалістів, 8–10 груд. 2008 р.: тези доп. – Київ, 2008. – С. 4–5.

11. Корсун С. Г. Вплив агрохімічного навантаження на рівень накопичення важких металів культурами ланки зернопросапної сівозміни / С. Г. Корсун, **І. І. Клименко** // Екологічна безпека сільськогосподарського виробництва: Всеукр. наук.-практ. конф., 3–6 черв. 2008 р.: тези доп. – Київ, 2008. – Агроекологічний журнал. – Спец. випуск. – С. 120–122. *(проведення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка статті до друку)*.

12. Корсун С. Г. Влияние внекорневой подкормки на продуктивность культур звена зернопропашного севооборота / С. Г. Корсун, **І. І. Клименко** // Научные приоритеты инновационного развития отрасли растениеводства: результаты и перспективы: Междунар. науч.-практ. конф., 23–24 июня 2011 г.: тезисы докл. – Жодио, 2011. – С. 53–56. *(проведення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка тези до друку)*.

13. **Клименко І. І.** Показники захисних функцій ґрунту відносно важких металів у агроекотопах / І. І. Клименко // Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва: V Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених, 21–24 черв. 2011 р.: тези доп. – Київ, 2011. – С. 215–216.

14. Давидюк Г. В. Вплив елементів системи удобрення на продуктивність культур ланки зернопросапної сівозміни в умовах Правобережного Лісостепу / Г. В. Давидюк, **І. І. Клименко** // Інноваційні технології виробництва рослинницької продукції: Всеукр. наук. конф., 23–24 квіт. 2013 р.: тези доп. – Умань, 2013. – С. 22–24. *(проведення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка тези до друку)*.

15. **Клименко І. І.** Накопичення важких металів і мікроелементів у темно-сірому опідзоленому ґрунті залежно від системи удобрення / І. І. Клименко // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний збірник. Спец. випуск до ІХ з'їзду Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків. Книга 3. Охорона ґрунтів від ерозії і техногенного забруднення, рекультивация, агрохімія, біологія ґрунтів. 30 черв.–4 лип. 2014 р.: матеріали доп. – Харків: ТОВ «Смуґаста типографія», 2014. – С. 176–177.

16. Камінська В. В. Баланс нутрієнтів та важких металів залежно від рівня удобрення культур ланки зернопросапної сівозміни / В. В. Камінська, **І. І. Клименко**, О. Ф. Дудка // Збалансоване природокористування: традиції та інновації: Міжнар. наук.-практ. конф., 16–17 жовт. 2014 р.: тези доп. – Київ,

2014. – С. 88–90. (проведення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка тези до друку).

АНОТАЦІЯ

Клименко І. І. Вплив системи удобрення на продуктивність культур ланки зерно-просапної сівозміни та родючість темно-сірого опідзоленого ґрунту. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.04 – агрохімія. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2015.

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і практичне обґрунтування агрохімічної та екологічної ефективності органічних, мінеральних, органо-мінеральних моделей систем удобрення у ланці зерно-просапної сівозміни з визначенням їх екотоксикологічного статусу в умовах Правобережного Лісостепу на темно-сірому опідзоленому ґрунті.

Встановлено, що розширене відтворення потенційної родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту та досягнення найвищих показників продуктивності культур ланки зерно-просапної сівозміни забезпечується за насиченості сівозміни мінеральними добривами 211–316,5 кг/га НРК на фоні пріорювання побічної продукції рослинництва. Позакореневе підживлення посівів сої, вівса, кукурудзи в основні фази органогенезу універсальними комплексними добривами, до складу яких входять магній, цинк, марганець, молібден, мідь, залізо, бор, на фоні основного органо-мінерального удобрення дозволило підвищити урожайність вівса на 7,2–8,5 %, кукурудзи – 7,1–8,6 %, сої – 7,4–8,3 %.

Розрахунок балансу нутрієнтів та полютантів, показників захисних функцій ґрунту свідчить, що у зерно-просапній сівозміні на темно-сірому опідзоленому ґрунті за внесення 18,5–316,5 кг/га мінеральних добрив по фоні пріорювання побічної продукції рослинництва існує небезпека погіршення екотоксикологічного стану агроекотопів у зв'язку з поступовим накопиченням у ґрунті валових і рухомих форм свинцю та кадмію за одночасного поглиблення дефіциту міді та цинку.

Ключові слова: система удобрення, позакореневе підживлення, зерно-просапна сівозміна, темно-сірий опідзолений ґрунт, елементи живлення, продуктивність, ефективність, захисні функції ґрунту.

АННОТАЦИЯ

Клименко И. И. Влияние системы удобрения на продуктивность культур звена зерно-пропашного севооборота и плодородия темно-серой оподзоленной почвы. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.04 – агрохимия. – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2015.

В диссертации изложены теоретическое обобщение и практическое обоснование агрохимической и экологической эффективности органических, минеральных, органо-минеральных моделей систем удобрения в звене зерно-

пропашного севооборота с определением их экотоксикологического статуса на темно-серой оподзоленной почве.

Установлено, что в условиях Правобережной Лесостепи для обеспечения высоких показателей потенциального плодородия темно-серой оподзоленной почвы насыщенность зерно-пропашного севооборота минеральными удобрениями должна составлять 211–316,5 кг/га NPK на фоне заделки побочной продукции растениеводства. В пахотном слое почвы (0–20 см) достигнуто содержания гумуса 2,07–2,19 %, гидролизуемого азота – 91–103 мг/кг, подвижного фосфора – 192–316, обменного калия – 92–175 мг/кг, что соответственно на 6–12 %, 18–34, 79–195, 28–124 % выше по сравнению с вариантом без удобрений.

Разные агрохимические нагрузки в севообороте привели к изменению общей емкости почвенного поглощающего комплекса (ППК) и его состава. Результаты опыта показали, что на вариантах без удобрений и с заделкой побочной продукции растениеводства емкость ППК на 11,7–13,5 % определялась ионами водорода и алюминия, а при дополнительном обогащении системы удобрения минеральной составляющей (105,5–316,5 кг/га NPK) их доля в ППК повысилась до 14,1–20,4 %.

Рациональное соотношение между кальцием и магнием для суглинистой почвы достигнуто при органо-минеральной системе удобрения – $Ca/Mg = 6,1-6,4$. Определена корреляционная связь между содержанием гумуса в почве и емкостью поглощения – $r = 0,66$.

В зерно-пропашном севообороте на темно-серой оподзоленной почве при внесении 18,5–316,5 кг/га минеральных удобрений на фоне заделки побочной продукции растениеводства существует опасность ухудшения экотоксикологического состояния агроэкотопов в связи с постепенным накоплением в почве валовых и подвижных форм свинца и кадмия при одновременном углублении дефицита меди и цинка. Интенсивность баланса свинца и кадмия возрастала до 215 и 231 % на вариантах с применением удобрений, при этом на варианте без применения удобрений этот показатель составлял 1 %. Коэффициенты валового загрязнения и загрязнения подвижной формой для свинца составляли 180–190 % и 200–260 %, для кадмия – 400–440 и 100 %, тогда как коэффициенты для меди и цинка не превышали 100 %, а показатель защитных свойств почвы относительно тяжелых металлов при внесении удобрений возрастал.

Высокие показатели продуктивности культур звена зернопропашного севооборота – 5,56–6,18 т/га зерновых единиц получены при органо-минеральной системе удобрения с применением 210–315 кг/га NPK на фоне заделки побочной продукции растениеводства, что на 64,5–82,8 % выше, чем в варианте без удобрений (контроль). Внекорневая подкормка посевов сои, овса, кукурузы в основные фазы органогенеза универсальными комплексными удобрениями, в состав которых входят магний, цинк, марганец, молибден, медь, железо, бор, на фоне основного органо-минерального удобрения позволила повысить урожайность овса на 7,2–8,5 %, кукурузы – 7,1–8,6 %, сои – 7,4–8,3 %.

Полученные показатели экономической эффективности подтверждает преимущество моделей с совместным использованием органических и

минеральных удобрений. Наиболее высокая прибыль (4043–4106 грн/га) была получена при внесении 210 кг/га NPK на фоне заделки соломы. Применение внекорневой подкормки микроудобрениями «Цеовит» в звене зернопропашного севооборота повысило уровень рентабельности на 5 %, прибыли на 369–604 грн/га в зависимости от фона основного удобрения.

Наиболее высокие значения коэффициента энергетической эффективности получено при заделке соломы ($K_{ee} = 4,05-4,34$). Модели систем удобрения с внесением 105–315 кг NPK на гектар севооборотной площади на фоне заделки соломы, обеспечивая высокие показатели продуктивности культур звена севооборота, имеют низкую энергетическую эффективность ($K_{ee} = 3,22-3,76$).

Ключевые слова: система удобрения, внекорневая подкормка, зернопропашной севооборот, темно-серая оподзоленная почва, элементы питания, продуктивность, эффективность, защитные функции почвы.

ANNOTATION

Irina I Klymenko. Influence of fertilizing system on crops productivity of the section of grain weeded crop rotation and fertility of dark-grey podzolized soil. – Manuscript.

The dissertation for the scientific degree of the Candidate of Agricultural Sciences in speciality 06.01.04 – agricultural chemistry. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2015.

The thesis shows the theoretical generalization and practical substantiation agrochemical and environmental efficiency of organic, mineral, organic and mineral fertilizer systems models in a section of grain weeded crop rotation with the determination of their ecotoxicological status in conditions of right-bank Forest-Steppe on dark-grey podzolized soil.

It is fixed that the expanded reproduction of potential fertility of dark-grey podzolized soil and achieve highest indices productivity of crops the section of grain weeded crop rotation is provides at saturation of crop rotation with mineral fertilizers 211–316,5 kg/hectare of NPK against the background of burying by products of plant growing. Foliar dressing in crops soybean, oats, maize in the main phase of organogenesis universal complex fertilizers, which include magnesium, zinc, manganese, molybdenum, copper, iron, boron, against the background of the main organic-mineral fertilizer allows to increase productivity of oats by 7,2–8,5 %, maize by 7,1–8,6 %, soybean by 7,4–8,3 %.

The calculation of the balance of nutrients and pollutants, indices of soil protective functions it has been found out that under grain weeded crop rotation in dark-grey podzolized soil under applying mineral fertilizers in dose of 18,5–316,5 kg/ha with ploughing crop by-products deficiency of copper and zinc microelements in soil becomes more profound and there is a danger of worsening ecotoxicological state of agroecotopes due to accumulation total and movable forms of lead and cadmium.

Key words: fertilizer system, foliar top dressing, grain tilling crop rotation, dark-grey podzolized soil, nutrients, productivity, efficiency, protective functions of soil.