

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ЦЕНТИЛО ЛЕОНІД ВАСИЛЬОВИЧ

УКД 631.45:631.445.4:631.558(477)

**АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ
ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ТА ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ
АГРОЦЕНОЗІВ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.01 «Загальне землеробство»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора сільськогосподарських наук

Київ – 2020

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Роботу виконано у Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

Науковий консультант доктор сільськогосподарських наук,
професор, член-кореспондент НААН
Танчик Семен Петрович,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
завідувач кафедри землеробства та гербології

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Юркевич Євген Олександрович,
Одеський державний аграрний університет,
завідувач кафедри польових і овочевих культур

доктор сільськогосподарських наук, професор
Цвей Ярослав Петрович,
Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН,
завідувач лабораторії агроєкомоніторингу
і проблем землеробства

доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Циліорик Олександр Іванович,
Дніпровський державний
аграрно-економічний університет,
завідувач кафедри рослинництва

Захист відбудеться «09» липня 2020 року о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.21 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

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

Автореферат розіслано «06» червня 2020 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

О. С. Павлов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ріст населення планети потребує значного нарощування виробництва якісних і екологічно безпечних продуктів харчування та технічної сировини для переробки. Очевидно, що шлях подальшої інтенсивної хімізації землеробства економічно необґрунтований і екологічно небезпечний. Настала нагальна необхідність екологізації землеробства. Перші кроки в цьому напрямі зроблено в США, Канаді, країнах Європейського Союзу (Зубенко В. Ф., Барштейн Л. А., Єщенко В. О., Манько Ю. П., Танчик С. П., Малієнко А. М., Цюк О. А.) та інших країнах світу. Проте глибокі комплексні дослідження у напрямі екологізації й подальшої біологізації землеробства загалом відсутні. Теоретичні основи використання органічних і мінеральних добрив за екологічного землеробства не розроблено. Роль органічних і мінеральних добрив нового покоління у формуванні якісної та екологічно безпечної продукції рослинництва за екологічного землеробства не визначено, шляхи їх спільного, ефективного використання не апробовано. Недостатня вивченість зазначених вище проблем у землеробстві стимулює до проведення досліджень у цьому напрямі. Адже перспективою розвитку галузі землеробства нині визнано розроблення та впровадження науково обґрунтованих, екологічно безпечних сучасних систем землеробства. За основу таких систем слугує дотримання та управління законів екологічної сумісності землеробства з природними процесами. За умов ринкової економіки пріоритетом здійснених розробок стала стабілізація структури посівних площ з нормативною часткою багаторічних бобових трав; ресурсно можливе внесення органічних добрив нового покоління, нетоварної частини урожаю, маси сидеральних культур; впровадження ґрунтозахисних систем обробітку ґрунту; розроблення та впровадження екологічно регламентованої системи захисту сільськогосподарських рослин від шкідливих організмів; використання мікробних препаратів на основі нових ізольованих штамів-продуцентів.

Теоретичні і практичні результати проведених досліджень нададуть новий поштовх розвитку галузі землеробства, що суттєво змінить шляхи та методи управління родючістю ґрунтів і продуктивності ріллі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертацію виконано впродовж 2011–2019 рр. у Національному університеті біоресурсів і природокористування України в рамках державних наукових тем: «Теоретичне обґрунтування та розробка системи енергоощадного екологічного землеробства в Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0107U004093, 2007–2011 рр.); «Наукове обґрунтування та розроблення системи енергоощадного екологічного землеробства в Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0117U002550, 2017–2019 рр.).

Мета та завдання дослідження. Мета роботи – теоретичне обґрунтування та розроблення заходів управління показниками родючості ґрунту за зберігаючого землеробства в Правобережному Лісостепу України. Це забезпечить стабільну, адекватну біокліматичному потенціалу, економічно

й енергетично обґрунтовану урожайність вирощуваних культур за умов відтворення родючості ґрунту та екологічної безпеки довкілля і вирощеної продукції.

Для досягнення поставленої мети виконано наступні завдання:

– визначено типовість погодних умов: кількість опадів, сума активних температур, гідротермічний коефіцієнт. Встановлено коефіцієнти істотності відхилень досліджуваних елементів погодних умов від багаторічних норм, які відіграють роль критеріїв їх типовості.

– встановлено закономірності змін показників родючості чорнозему типового за зберігаючого землеробства: загальні: вміст та якісний склад гумусу, гранулометричний склад; агрофізичні: щільність ґрунту, твердість, запаси продуктивної вологи в ґрунті; агрохімічні: вміст поживних речовин у ґрунті та органічних добрив нового покоління (гноєкомпости); фізико-хімічні: реакція ґрунтового розчину; біологічні: врожайність та якість основної продукції досліджуваних культур.

– надано економічну та біоенергетичну оцінку сівозмін за зберігаючого землеробства.

Об'єкт дослідження – зміни агрохімічних, біологічних, агрофізичних та водно-фізичних показників родючості ґрунту, врожайність та якість рослинницької продукції під впливом досліджуваних факторів.

Предмет досліджень – чорноземи типові глибокі, польові культури в сівозмінах, органічні та мінеральні добрива, способи обробітку ґрунту, продуктивність сівозмін.

Методи дослідження. Для виявлення достовірної різниці між варіантами досліду, який ґрунтується на принципах єдиної логічної відміни, доцільності і точності результатів, основним методом дослідження став польовий. Із ним пов'язувалися теоретичні й практичні дослідження і на його базі розроблялися рекомендації щодо впровадження найефективніших систем обробітку ґрунту та удобрення у сільськогосподарське виробництво. Для визначення агрохімічних, біологічних властивостей ґрунту, якості урожаю застосовувався лабораторний метод, для статистичної оцінки – дисперсійний та кореляційний методи аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше:

– в Правобережному Лісостепу України на чорноземах типових глибоких в короткоротаційній польовій сівозміні розроблено заходи управління продуктивністю вирощуваних культур;

– доведено можливість розширеного відтворення родючості ґрунту за орґано-мінеральної системи удобрення. Обґрунтовано ресурсне наповнення орґано-мінеральної й орґанічної систем удобрення для досягнення біокліматичного потенціалу родючості та продуктивності ріллі;

– встановлено основні нормативні показники агрохімічних, біологічних, водно-фізичних властивостей чорнозему типового в десятипільній польовій сівозміні під впливом орґано-мінеральної системи удобрення та полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту;

– розроблено методичний підхід з управління показниками родючості ґрунту за зберігаючого землеробства;

удосконалено:

– вплив системи основного обробітку ґрунту і удобрення на динаміку чисельності мікроорганізмів, вміст елементів живлення і гумусу в польових сівозмінах різної ротації;

– агротехнічні заходи з підвищення економічної ефективності польових сівозмін за рахунок зниження енергоємності обробітку ґрунту, ефективного використання водного режиму та елементів живлення;

набули подальшого розвитку:

– наукові положення з управління гумусового, агрофізичного, біологічного, агрохімічного та фізико-хімічного стану ґрунту за зберігаючого землеробства;

– методичні підходи до проведення комплексної економічної, енергетичної та екологічної оцінки основних параметрів польових сівозмін, систем основного обробітку ґрунту й удобрення за зберігаючого землеробства.

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень дали змогу рекомендувати господарствам Лісостепу України раціональну полицево-безполицеву систему обробітку ґрунту в сівозміні, яка передбачає науково обґрунтоване чергування полицевого обробітку з різними видами безполицевого на фоні органо-мінеральної системи удобрення зі спільним використанням компосту та побічної продукції.

Результати досліджень щодо оцінки продуктивності сівозміни і родючості ґрунту землеробства, наукові положення, висновки і пропозиції увійшли до наукових рекомендацій Міністерства аграрної політики та продовольства України. Рекомендації впроваджено у господарствах різних форм власності у Лісостепу України, вони мають перспективи для використання на території країни в цілому. Окремі положення дисертації використовуються для підготовки фахівців в аграрних навчальних закладах III–IV рівнів акредитації.

Наукові розробки автора впроваджено у господарствах колективної та приватної форм власності на землю Київської області: органо-мінеральна система удобрення на площі 56872 га, з річним економічним ефектом 5122 грн/га та система полицево-безполицевого обробітку ґрунту на площі 54263 га з річним економічним ефектом 3154 грн/га.

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, що виносяться на захист, отримано автором у процесі багаторічної науково-дослідної роботи. Основні результати – ідеї, закономірності, експериментальні дані, моделі, висновки та рекомендації виробництву отримано особисто здобувачем. Деякі експериментальні дані одержано спільно зі співробітниками кафедри землеробства та гербології Національного університету біоресурсів і природокористування України. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, у роботі використано лише ті ідеї та положення, що є результатом особистої роботи здобувача.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації оприлюднено та обговорено на: науково-методичному семінарі «Концептуальні підходи до обробітку ґрунту в сучасних системах землеробства» (м. Київ, 2011 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційні технології в аграрному секторі України» (м. Київ, 2011 р.); VII Міжнародній конференції молодих учених та спеціалістів «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных культур» (м. Краснодар, Російська Федерація, 2013 р.); IX Всеукраїнській конференції молодих учених та спеціалістів «Історія освіти, науки і техніки в Україні» (м. Київ, 2014 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Охорона ґрунтів та підвищення їх родючості» (м. Одеса 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Покращення еколого-агрохімічного стану ґрунтів і якості продукції шляхом впровадження сучасних технологій застосування добрив» (м. Харків, 2014 р.); семінарі «Інноваційні шляхи вирішення проблем АПК» (м. Київ, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми розвитку аграрної освіти і науки та підвищення ефективності агропромислового виробництва» (м. Одеса, 2018 р.).

Публікації. Основні наукові результати дисертації опубліковано у 45 наукових працях, з яких 7 монографій та навчальний посібник, 8 статей у наукових фахових виданнях України, 13 статей у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, стаття у науковому виданні іншої держави, 2 статті у наукових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 6 патентів України на корисну модель, 4 науково-методичних праці та рекомендацій виробництву, 3 тези наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, 9 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 479 сторінок. Робота містить 82 таблиці та 14 рисунків. Список використаних джерел налічує 639 найменувань, у тому числі 33 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ЗАЛЕЖНІСТЬ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ ВІД ОСОБЛИВОСТЕЙ УДОБРЕННЯ ТА ЙОГО ОБРОБІТКУ (огляд літератури)

Наведено історичні аспекти розвитку механічного обробітку ґрунту, охарактеризовано ефективність у сівозміні і під окремі культури різноглибинної оранки, плоскорізного та чизельного розпушення, поверхневого обробітку ґрунту й удобрення в польових сівозмінах на формування біологічної активності, агрофізичних властивостей, водного та поживного режимів, висвітлено складові елементи формування продуктивності та еколого-економічної ефективності функціонування польових сівозмін.

За результатами аналізу літературних джерел обґрунтовано, що формування зерно-просапних сівозмін на чорноземах типових потребує

комплексного врахування факторів впливу на продуктивність агроecosистем, зокрема обробітку ґрунту, удобрення з урахуванням екологічних та економічних чинників зони Лісостепу України.

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ґрунтово-кліматичні умови виконання досліджень. Дослідження виконано в стаціонарному польовому досліді у Навчально-науково-інноваційному центрі агротехнологій ТОВ «Агрофірма Колос» с. Пустоварівка Сквирського району Київської області упродовж 2011–2018 рр.

Ґрунти дослідної ділянки – чорнозем типовий глибокий крупнопилувато-середньосуглинковий, що залягає на лесі з вмістом гумусу в орному шарі – 4,5 %, азоту органічних сполук, що легко гідролізується – 0,2 %, рухомих форм фосфору (P_2O_5) – 233–270 мг/кг сухого ґрунту, обмінного калію (K_2O) – 80–100 мг/кг сухого ґрунту, рН сольового – 6,5, суми увібраних основ – 85–99 %. Ґрунти за своїм складом і властивостями цілком придатні для вирощування усіх сільськогосподарських культур, які рекомендовані для цієї зони.

Клімат Правобережного Лісостепу України – помірно-континентальний. За багаторічними спостереженнями середньорічна температура повітря знаходиться на рівні 9,5 °С. Сума активних температур за вегетаційний період коливається в межах 2844–2944 °С, тривалість періоду з середньою добовою температурою повітря >10 °С становить 185 днів. За багаторічними даними річна сума опадів – 444 мм і варіює від 350 до 670 мм, відносна вологість повітря становить 78 %. Розподіл опадів протягом року відбувається вкрай нерівномірно: найбільша кількість – 35 % випадає у літні місяці, навесні та взимку – по 20 %, восени – до 25 % від річної суми опадів, що чітко вказує на континентальний тип їхнього розподілу. Мінімальна температура повітря сягає –32 °С, максимальна – +38 °С. Зима нестійка: холодні періоди чергуються з відлигами, що іноді зумовлює утворення притертої льодової кірки та стає причиною часткової, а інколи й повної загибелі посівів озимих культур.

Метеорологічні умови в роки досліджень були досить контрастними, що підтверджують значні відхилення від середньо-багаторічних показників за кількістю опадів та середньомісячною температурою повітря. Розраховані коефіцієнти істотності (K_i) відхилень кількості атмосферних опадів від середньо-багаторічних значень свідчать про істотну посушливість умов 2015 р. ($K_i=-1,52$) та 2017 р. ($K_i=-1,01$) і надмірну зволоженість умов 2011 р. ($K_i=1,26$), 2012 р. ($K_i=1,48$), 2013 р. ($K_i=2,98$) та 2014 р. ($K_i=1,86$). Екстремальними виявилися погодні умови червня й липня 2011 р., серпня 2012 р., вересня 2013 р., травня 2014 р. і 2016 р. та жовтня 2016 р. Значення K_i у ці місяці вказує на не типовість погодних умов. За сумою активних температур умови років досліджень виявилися типовими ($K_i<\pm 1$). Істотно холодними порівняно з середньо-багаторічними стали 2013 р. і 2014 р., спекотними – 2016 р. і 2017 р. ($K_i=\pm 1-2$). Проте ці відхилення не спричинили істотного впливу на продуктивність культур сівозміни.

Методика виконання досліджень. Дослідження виконували у двох стаціонарних польових дослідах, закладених у 2010 р.

Дослід № 1. Схемою двофакторного стаціонарного дослідження передбачалося вивчення трьох систем обробки ґрунту, сумісно із чотирма системами удобрення, система захисту рослин закладалася однаково на всіх варіантах. Чергування культур у досліді наступне: люцерна три укоси – люцерна два укоси – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь – соя – пшениця озима – кукурудза на силос – пшениця озима – соняшник. У дослідженнях проводилася порівняльна оцінка агрономічної, біоенергетичної, господарської ефективності наступних варіантів основної обробки ґрунту.

1. Диференційований (контроль): проведення за ротацію сівозміни 5 разів різноглибинної оранки, 2 рази мілкого безполицевого обробки під пшеницю озиму після сої і кукурудзи на силос та 1 раз – чизельного обробки під ячмінь.

2. Полицево-безполицевий: проведення за ротацію сівозміни 2 рази оранки під буряки цукрові і соняшник, мілкого безполицевого під пшеницю озиму в полях, указаних в контролі і безполицевого розпушування під решту культур.

3. Мілкий безполицевий: проведення обробки ґрунту дисковими знаряддями на глибину 8–10 см під всі культури сівозміни.

Система удобрення розроблена з урахуванням рівня родючості ґрунту та рівня запланованої урожайності. Продуктивність ріллі адекватна ресурсам фотосинтетичної активної радіації Лісостепу України становить 11,3 т/га кормових одиниць, а за ресурсами вологи – 8,4 т/га кормових одиниць. Реальна урожайність провідних культур у Лісостепу за цими розрахунками, аргументована ресурсами доступної вологи, становить 5 т/га зерна пшениці озимої і 40 т/га буряків цукрових з відповідною величиною її для решти культур сівозміни.

Ресурсне забезпечення елементами мінерального живлення в стаціонарному досліді вивчене в трьох градаціях. У варіанті мінеральної системи для забезпечення запрограмованої, біокліматично обґрунтованої урожайності вирощуваних культур пріоритетними стали – мінеральні добрива з внесенням на один гектар сівозміної площі 4,5 т компост і 284 кг діючої речовини мінеральних добрив – $N_{80}P_{96}K_{108}$.

За органо-мінеральної системи удобрення обрані природні органічні добрива 8 т/га, із них 4,5 т компост і 3,5 т (побічна продукція, маса сидеральних культур у перерахунку на гній) мікробіологічні препарати з одночасним екологічно обґрунтованим використанням мінеральних добрив у нормі 142 кг/га – $N_{40}P_{48}K_{54}$. Із ресурсного забезпечення елементами живлення рослин у системі органічного удобрення були повністю вилучені мінеральні добрива з внесенням на один гектар ріллі 7,5 т органічних добрив, із них 4,5 т компост і 3 т (побічна продукція, маса сидеральних культур у перерахунку на гній).

Варіант органічного удобрення розрахований лише на можливе надходження у ґрунт за рахунок внутрішніх ресурсів господарства органічних добрив 7,5 т/га. Ці ресурси органіки об'єктивно не здатні забезпечити винесення елементів мінерального живлення урожаєм, адекватним

біокліматичному потенціалу агроландшафту, з дефіцитом цих елементів 156 кг/га – N₇₁P₃₂K₅₃.

На фоні перерахованих систем обробітку ґрунту вивчалися чотири системи удобрення:

1. Без добрив.

2. Органічна – застосування лише природних ресурсів із внесенням на 1 га 4,5 т компосту та 3,0 т нетоварної частини урожаю, маси пожнивних сидератів для відтворення родючості ґрунту. Норма органічних добрив визначена необхідністю позитивного балансу гумусу і можливістю розвиненого тваринництва.

3. Органо-мінеральна – пріоритетне використання для відтворення родючості ґрунту органічних добрив із внесенням на 1 га сівозмінної площі 4,5 т компосту та 3,5 т нетоварної частини урожаю, маси пожнивних сидератів і 142 кг (N₄₀, P₄₈, K₅₄) мінеральних добрив.

4. Мінеральна – пріоритетне використання промислових агрохімікатів для відтворення родючості ґрунту з внесенням на 1 га сівозмінної площі 4,5 т компосту, 284 кг (N₈₀, P₉₆, K₁₀₈) мінеральних добрив.

Очікувана адекватна біокліматичному потенціалу агроландшафту середня продуктивність 1 га ріллі в сівозміні в умовах органо-мінеральної і мінеральної системи удобрення, забезпечена розрахованими ресурсами становитиме 8,4 т кормових одиниць. Реальність внесення вказаних норм органічних добрив забезпечується наявністю на кожному гектарі сільськогосподарських угідь голів великої рогатої худоби, використання побічної продукції і зеленої маси пожнивних сидеральних культур, що знаходяться в трьох полях сівозміни після збирання пшениці озимої і ячменю. За таких розрахунків запланована урожайність культур сівозміни забезпечується у системних мінерального і органо-мінерального удобрення.

Варіант системи удобрення розрахований лише на можливе надходження у ґрунт за рахунок внутрішніх ресурсів господарства органічних добрив. Ці ресурси органіки об'єктивно не можуть забезпечити винесення елементів мінерального живлення урожаю, адекватним біокліматичному потенціалу агроландшафту. Розміщення варіантів систематичне, розмір посівної ділянки 240 м², облікової – 209 м². Повторність чотириразова.

Дослід № 2. Проводилася порівняльна оцінка із вивчення ґрунтозахисної ефективності варіантів основного обробітку ґрунту.

Чергування культур у досліді наступне: люцерна – пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь з підсівом люцерни.

1. Полицевий обробіток ґрунту – (контроль).

2. Безполицевий різноглибинний обробіток.

3. Мілкий безполицевий обробіток з одночасним щілюванням.

На фоні перерахованих систем обробітку вивчалися дві системи удобрення:

1. Органічна – застосування компосту 4,5 т/га сівозмінної площі

2. Мінеральна – застосування на 1 га сівозмінної площі 4,5 т компосту, 284 кг (N₈₀, P₉₆, K₁₀₈) мінеральних добрив.

Добрива у формі аміачної селітри, гранульованого суперфосфату і калійної солі на всіх варіантах вносилися поверхово врозкид із наступним здійсненням основного обробітку ґрунту. На варіантах безполицевого обробітку добрива були зароблені БРЗ-5,8, на варіантах із полицевим обробітком – плугом ПЛН-3-35.

Розміщення варіантів систематичне, розмір посівної ділянки $8,5 \times 40 = 340 \text{ м}^2$, обліковий $6,5 \times 30 = 195 \text{ м}^2$. Повторність триразова. Технологія вирощування сільськогосподарських культур у дослідах загальноприйнята і рекомендована для зони проведення досліджень. Вирощували сорти та гібриди сільськогосподарських культур, які занесені до Державного реєстру сортів і рослин, придатних до вирощування в Україні. Система захисту рослин від шкідників, хвороб та бур'янів була загальним фоном по культурах і роках.

У дослідах проводилися систематичні спостереження за динамікою вологості й поживного режиму ґрунту, змінами агрофізичних, фізико-хімічних і біологічних показників родючості, ростом і розвитком рослин. Залежно від мети та завдань досліджень відбір, підготовку та аналізи ґрунтових і рослинних зразків виконували різними методами. Так, ґрунтові зразки індивідуальні й змішані, з порушенням і непорушеною будовою відбирали в динаміці і статиці, за генетичними горизонтами, із орного і підорного шарів, а також пошарово на глибину до 1 м.

Відбір і підготовка зразків ґрунту до аналізу відбувалися згідно із загальноприйнятими методиками, описаними в літературі та відповідно до ДСТУ 4287:2004, ДСТУ ISO 10381-1:2004, ДСТУ ISO 10381-2:2004, ДСТУ ISO 10381-3:2004, ДСТУ ISO 10381-5:2005.

Спостереження, обліки, аналізи проводили за методиками: вміст загального гумусу – методом І. В. Тюріна в модифікації С. М. Симакова (ДСТУ 4289:2004); груповий склад гумусу – за М. М. Коновою – Н. П. Бельчиковою з використанням лужного розчину пірофосфату натрію; рухомі органічні речовини вилучали з безпосередньої 0,1 н витяжки NaOH.

Запаси енергії в гумусі розраховували за формулою С. А. Алієва (1978), удосконаленою В. Козіним (1980):

$$Q = 517,2 \times \Gamma \times H \times d_{рв} (C_{Г} : C_{Ф}),$$

де Q – запаси енергії в гумусі, млн Ккал/га; 517,2 – коефіцієнт переведення, млн Ккал/га; Γ – уміст гумусу, %; H – потужність шару, м; $d_{рв}$ – рівноважна щільність будови ґрунту, г/см³; $C_{Г} : C_{Ф}$ – якісний показник гумусу; енергія 1 Ккал/га становить 0,00419 ГДж/га.

Для обліку маси коренів застосовували метод рамкової виїмки ґрунту за методикою Н. З. Станкова (1964) безпосередньо перед збиранням. Площа рамки становила $0,1 \text{ м}^2$ ($33,3 \times 30,1$). Післяжнивні рештки обліковували відокремленою рамкою 1 м^2 ($100 \times 100 \text{ см}$), відразу після збирання. Кількість соломи, отриманої з урожаєм і заробленої в ґрунт, визначали методом пробного снопа. Розрахунок балансу гумусу здійснювали за Г. Я. Чесняком (1987).

Для виявлення впливу різних систем землеробства на біологічну активність чорнозему типового визначали: чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів – за методикою Д. Г. Звягінцева (1991) шляхом

висівання ґрунтової суспензії у чашки з селективним середовищем; коефіцієнт мінералізації та іммобілізації азоту – за Є. М. Мішустіним (1975); інтенсивність виділення ґрунтом вуглекислоти (CO_2) – методом В. І. Штатнова; целюлозоруйнівну здатність ґрунту – методом аплікації лляного полотна за Є. М. Мішустіним (1971); нітрифікаційну здатність ґрунту – за Кравковим; його ферментативну активність – за методикою Д. Г. Звягінцева (1991).

Вміст загального азоту в ґрунті визначали за К'ельдалем (ДСТУ ISO 11261:2001); нітратний і амонійний азот у сольовій ґрунтовій витяжці – відповідно за Грандваль-Ляжу і з використанням реактиву Неслера; азот, що легко гідролізується – за методом Корнфілда; рухомий фосфор і обмінний калій – за Б. П. Мачигінім згідно з ДСТУ 4114–2002; баланс NPK розраховували за методикою І. Г. Захарченка (1977).

Дослідження фізичних та водно-фізичних властивостей ґрунту проводили на початку та в кінці вегетації за методами: структурно-агрегатний склад ситовим методом у модифікації Н. І. Савінова (ДСТУ 4744:2007); визначення щільності складання на суху масу – за ДСТУ ISO 11272:2001; твердість ґрунту за ДСТУ 5093:2008; водопроникність ґрунту – з використанням приладу ПВН за методом Н. С. Нестерова; найменша вологемність – методом заливних ділянок після визначення водопроникності; пористість ґрунту – розрахунковим методом; загальні та доступні запаси вологи у ґрунті, баланс вологи – розрахунковим методом на основі визначення вологості ґрунту (ДСТУ ISO 16586:2005).

Урожайність культур сівозміни визначали у стані технічної стиглості методом суцільного збирання з облікових ділянок із перерахунком на стандартну вологість та чистоту з кожного варіанта окремо; розрахунки продуктивності сільськогосподарських культур і загалом сівозмін у кормових одиницях здійснено за виходом основної і побічної сільськогосподарської продукції на 1 га сівозмінної площі, яку перераховували – за таблицями М. Ф. Томме (1969).

Економічну ефективність систем удобрення та систем основного обробітку ґрунту розраховано за методичними рекомендаціями, складеними Ю. П. Маньком (2008); енергетичну ефективність – за методиками, описаними О. К. Медведовським, П. І. Іваненком (1988), Ю. О. Тараріко (2005); енергетичний баланс ґрунту – за допомогою енергетичних еквівалентів Ю. О. Тараріко (2005).

Статистичну оцінку даних проведено методами дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу за Б. О. Доспеховим. Для встановлення суттєвої різниці між варіантами визначали значення НІР на 95 % рівні значимості.

Показники погодних умов протягом року встановлено за даними метеослужби Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція»; типовість погодних умов визначали за методикою Ю. П. Манька (2008) за показником коефіцієнта істотності відхилень K_i .

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКА ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЧОРНОЗЕМНОГО ҐРУНТУ ПІД ВПЛИВОМ ОБРОБІТКУ ТА ДОБРІВ

Надходження у ґрунт органічних речовин. Безполицеві обробітки істотним чином змінюють характер надходження у ґрунт рослинних залишків вирощуваних культур порівняно з полицевим обробітком. Так, після проведення глибокого розпушування безполицевими знаряддями таких у ґрунті знаходилося 50–70 %, за мілкою обробітку із щільованням – 60–80, за полицевого – їхня маса не перевищувала 5–8 %. Упродовж шестирічного застосування безполицевих обробіток за розподілом негуміфікованих рослинних залишків їхня кількість у шарі 0–5 см досягала 36–44, за полицевого – 26–38 % від вмісту в шарі 0–30 см. Стосовно всього оброблювального шару, то за безполицевого – негуміфікованих рослинних залишків було на 4–12 % більше, ніж за полицевого обробітку. Встановлено, що кількість корневих залишків і післяжнивних решток у полях сівозміни найбільше нагромаджує у шарі ґрунту 0–30 см люцерна та кукурудза. На варіанті мілкою різноглибинною обробітку ґрунту нагромадження повітряно-сухої маси мало тенденцію до зниження. На варіанті полицево-безполицевого обробітку ґрунту за рахунок взаємного переміщення горизонтів орного шару ґрунту створювалися найбільш сприятливі умови для розвитку кореневої системи рослин, внаслідок чого відзначено тенденцію до збільшення кількості органічних залишків ґрунту, порівняно з контролем.

За застосування компостування у нормі 4,5 т/га та повного мінерального добрива за ротацію сівозміни в орному шарі ґрунту нагромадилося 7,4 т/га повітряно-сухих органічних залишків. При внесенні половини дози мінеральних добрив та застосуванні компостування виявлено тенденцію до зниження кількості органічної маси в орному шарі ґрунту на всіх варіантах обробітку, що пояснюється, насамперед, меншою кількістю нерозкладених післяжнивних решток культур.

На органічному фоні удобрення за умов біологізації землеробства (компост 4,5 т/га) істотно знизилася надходження повітряно-сухих органічних залишків порівняно з варіантами орґано-мінерального удобрення на 0,6–1,1 т/га. В полях польової сівозміни до орного шару ґрунту надходила в середньому за сім років така кількість корневих та післяжнивних органічних решток, т/га: люцерни три укуси – 13,3; люцерни два укуси – 7,8; пшениці озимої – 6,8; буряків цукрових – 4,5; ячменю – 5,0; сої – 2,5; кукурудзи на силос – 8,2; соняшнику – 3,9 повітряно-сухої органічної маси.

Вміст і запаси гумусу. У досліді, в десятипільній сівозміні, вміст гумусу в орному шарі на початку ротації сівозміни коливався в межах 3,7–3,82 %. На сьомий рік проведення досліді на ділянках, де добрив не вносили, вміст гумусу зменшився до 3,63–3,81 %. У варіанті диференційованого обробітку згаданий показник зменшився на 0,07 %, у варіанті, де полицевий обробіток чергувався із безполицевим, зниження становило 0,03 %.

Внесення компосту в нормі 4,5 т/га сівозмінної площі забезпечило стабілізацію вмісту гумусу у варіанті з диференційованим обробітком. Чергування в сівозміні оранки з безполицевим обробітком сприяло підвищенню вмісту гумусу на 0,03 %. Значно ефективнішим виявився вплив компосту на фоні обробітку ґрунту без перевертання скиби. В цьому випадку відзначається істотне збільшення вмісту гумусу на 0,09 і 0,12 %.

Істотне підвищення вмісту гумусу виявлено за спільного внесення компосту і мінеральних добрив.

За диференційованого і полицево-безполицевого обробітку ґрунту на фоні компосту з мінеральними добривами в нормі $N_{40}P_{48}K_{54}$ вміст гумусу збільшився на 0,04 і 0,06 %. Значнішим його показник спостерігався за мілкою різноглибинного обробітку.

Доведення норми мінеральних добрив до $N_{80}P_{96}K_{108}$ на фоні компосту не забезпечує подальшого збільшення вмісту гумусу в ґрунті. Підвищення згаданого показника виявилось меншим і у варіанті диференційованого обробітку – тільки 0,02, тоді як за мілкою різноглибинного – 0,11 %. Пояснюється це наростанням кислотності, диспергацією гумусу катіонами добрив, змінами напряму біохімічних процесів у ґрунті.

На нашу думку, між щільністю ґрунту і загальним вмістом гумусу, а також загальною пористістю існує середній обернений взаємозв'язок. Коефіцієнт кореляції для щільності становить $r=-0,54$, для пористості $r=-0,62$. Чим більший показник загального вмісту гумусу в ґрунті, тим менший показник щільності ґрунту і тим вища загальна пористість.

Баланс органічної речовини. Одержані результати засвідчили, що за роки досліджень у сівозміні внаслідок гуміфікації післязривних решток та корневих органічних залишків у середньому на 1 га сівозмінної площі утворилося 1,41 т гумусу, за рахунок компосту – 0,25 т, за рахунок соломи зернових культур і стебел соняшнику – 0,37 т, зеленої маси культур проміжного вирощування – 0,19 т.

Загальна кількість новоутвореного гумусу в сівозміні за органічної системи знаходиться на рівні 22,22 т/га, з них 20,88 т/га зазнали мінералізації, баланс органічної речовини гумусу позитивний і становить 0,11 т на 1 га сівозмінної площі.

Груповий склад гумусу. Використання компосту 4,5 т на 1 га сівозмінної площі і помірної дози мінеральних добрив ($N_{40}P_{48}K_{54}$) збагачувало гумус фракціями гумінових кислот (табл. 1).

Поліпшувалася якість гумусу, тип гумусоутворення набув ознак гуматного, у складі гумусу збільшувався відносний вміст вуглецю – 1,81 %, розширювалося співвідношення $C_{гр}:C_{фр}$ до 1,85 порівняно з мінеральною системою удобрення. Використання нетоварної частини врожаю, сидеральних культур у поєднанні з помірною нормою мінеральних добрив надає можливість поліпшити якісний склад гумусу чорноземів типових.

Склад гумусу чорнозему типового залежно від систем удобрення та обробітку ґрунту (2012–2016 рр.)

Удобрення на 1 га сівозмінної площі	С загальний у ґрунті, %	ГР	ФР	ГР+ФР	ГР/ФР
		С, % до загального С ґрунту			
Диференційований (контроль)					
Без добрив	1,72	32,6	19,2	51,8	1,7
Компост 4,5 т	1,76	32,4	18,0	50,4	1,8
Компост 4,5 т + N ₄₀ P ₄₈ K ₅₄	1,78	33,4	18,4	51,8	1,81
Компост 4,5 т + N ₈₀ P ₉₆ K ₁₀₈	1,77	32,9	17,9	50,8	1,8
Полицево-безполицевий					
Без добрив	1,77	32,3	18,5	50,8	1,7
Компост 4,5 т	1,78	32,7	18,4	51,1	1,8
Компост 4,5 т + N ₄₀ P ₄₈ K ₅₄	1,79	32,8	18,2	51,0	1,8
Компост 4,5 т + N ₈₀ P ₉₆ K ₁₀₈	1,80	32,9	18,2	51,1	1,8
Мілкий безполицевий різноглибинний					
Без добрив	1,75	33,9	19,4	53,3	1,7
Компост 4,5 т	1,79	33,8	18,3	52,1	1,8
Компост 4,5 т + N ₄₀ P ₄₈ K ₅₄	1,81	34,5	18,7	53,2	1,85
Компост 4,5 т + N ₈₀ P ₉₆ K ₁₀₈	1,79	33,2	18,3	51,5	1,8

Примітка. ГР – гумінові речовини; ФР – фульво речовини

Запаси енергії органічної речовини ґрунту. Без застосування добрив запаси енергії в гумусі за профілем та за варіантами обробітку ґрунту були нижчими порівняно з варіантом внесення добрив. За застосування мілкого безполицевого обробітку ґрунту відзначено підвищення запасу енергії в гумусі порівняно з диференційованим обробітком. Зниження енергетичного потенціалу органічної речовини за полицево-безполицевого обробітку встановлено по всьому профілю ґрунту порівняно з контролем, але найбільш чітко проявляється у верхній його частині. Для шару 0–10 і 0–20 см втрати енергії за полицево-безполицевого обробітку ґрунту становили 19 і 39 млн ккал/га порівняно з мілким безполицевим різноглибинним обробітком.

Регресійний аналіз одержаних експериментальних даних енергетичної оцінки ґрунтів на типовому рівні свідчить про тісну залежність між вмістом у ґрунті органічного вуглецю та його енергоємністю. Залежність між вмістом гумусових речовин й енергоємністю характерна для різних варіантів удобрення і описується такими рівняннями: $Y=93,0X-20,3$ – без добрив; $Y=60,3X+4,3$ – органічна; $Y=52,4X+12$ – органо-мінеральна; $Y=80,6X+16$ – мінеральна система удобрення.

У результаті проведеного аналізу між вмістом гумусу у варіантах удобрення та їхньою енергоємністю встановлено позитивний і тісний зв'язок. Для варіанта без добрив коефіцієнт кореляції (r) дорівнює $r=0,63\pm 0,20$, для органічної – $r=0,72\pm 0,18$, для органо-мінеральної – $r=0,91\pm 0,12$, для мінеральної системи удобрення – $r=0,80\pm 0,21$.

Рухомі органічні речовини. За органо-мінеральної системи удобрення вміст рухомих органічних речовин істотно зростає, що достатньо чітко простежується до глибини 60 см, порівняно із варіантом без добрив. У дещо

глибших шарах вміст рухомих органічних речовин у полі люцерни більший. За вирощування сільськогосподарських культур на фоні органічних і мінеральних добрив основні зміни в направленості процесів гумусоутворення відзначаються у шарі 0–40 см. У глибших шарах вони згасають.

Вплив систем основного обробітку ґрунту на вміст і розподіл рухомих органічних речовин виявився в основному в орному і підорному шарах. Застосування безполицевих обробітків суттєво (на 11–18 %) збільшили вміст останніх у шарі 0–10 см. На глибині 20–40 см перевагу на (7–13 %) встановлено за диференційованим варіантом, тоді як у шарі 10–20 см перевагу мав мілкий безполицевий обробіток ґрунту.

БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ГЛИБОКОГО

Чисельність мікроорганізмів. Мікробний ценоз чорнозему типового глибокого на 71–91 % представлений бактеріями, 8–27 % становлять актиноміцети, при цьому самі малочисельні в ньому гриби. Останніх нараховується всього 0,1–0,5 % від загальної чисельності мікроорганізмів із показником $4,07 \cdot 10^4$ – $5,50 \cdot 10^8$ шт./г сухого ґрунту.

Протягом досліджень виявлено, що у варіантах із різними системами обробітку, незалежно від внесених мінеральних добрив, утворюється біологічно різноякісний оброблювальний шар ґрунту, в окремих частинах орного шару мікроорганізми розподілені нерівномірно. Відзначено зниження чисельності всіх груп мікроорганізмів вниз по профілю ґрунту, що пов'язано із зміною теплового, повітряного і поживного режимів, а також із збільшенням щільності ґрунту з глибиною.

Виділення вуглекислоти ґрунтом. Довготривале застосування в польовій сівозміні полицево-безполицевого обробітку на 3–8 % збільшило продукування CO_2 із поверхні поля, порівняно з диференційованим. Перевага полицево-безполицевого обробітку проявлялася в літній і осінній періоди, тоді як весною інтенсивність дихання була дещо вищою за диференційованого обробітку, що зумовлено швидким прогріванням ґрунту за полицево-безполицевого обробітку.

На дихання ґрунту позитивно впливали як органічні, так і мінеральні добрива. Від їх внесення продукування CO_2 ґрунтом підвищилося на 14–25 % за диференційованого і на 18–30 % за полицево-безполицевого обробітку, на 17–40 % за мілкого безполицевого обробітку ґрунту. Отже, добрива значніше, ніж обробіток, змінюють інтенсивність дихання ґрунту.

Розрахунки кореляційної залежності між активністю виділення CO_2 з ґрунтової товщі та запасами вологи 0–30 см свідчать про тісний прямий зв'язок. За полицево-безполицевого обробітку встановлено прямий тісний зв'язок ($r=0,85$), тобто підвищення вологості ґрунту забезпечувало інтенсивніше виділення емісії CO_2 , що, на нашу думку, викликано глибшим розпушуванням орного шару і, відповідно, повнішим поглинанням вологи опадів та змішуванням органічної речовини побічної продукції з більшим об'ємом ґрунту порівняно з тим, яке має місце за мілкого безполицевого обробітку.

Асиміляція вуглекислоти ґрунту і ґрунтового повітря. Певний інтерес становлять дані про вплив добрив на інтенсивність асиміляції вуглекислоти. Дослідження показали, що застосування добрив знижує інтенсивність засвоєння CO₂ в 1,2–1,4 раза порівняно з варіантом без добрив (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив добрив на інтенсивність асиміляції CO₂ мікрофлорою чорнозему типового за вирощування соняшнику, імг/г сухого ґрунту

Шар ґрунту, см	Система удобрення		
	без добрив	орґано-мінеральна	мінеральна
0–10	7018	5659	4470
10–20	7951	5853	4155
20–30	6111	4779	3345
0–20	7026	5430	3990
НР ₀₅	22	16	45

Це, на нашу думку, зумовлено збільшенням чисельності й інтенсивнішим розвитком гетеротрофних мікроорганізмів на удобрених варіантах за рахунок значного надходження свіжої органічної речовини з добривами і рослинними залишками.

Нітрифікаційна здатність. Нітрифікаційну здатність чорнозему типового визначали в полі пшениці озимої за полицево-безполицевого та мілкого безполицевого обробітку ґрунту, порівняно з диференційованим. Так, встановлено зниження нітрифікаційної здатності в нижній оброблювальній частині ґрунту. У верхній частині оброблюваного шару нітрифікаційна здатність ґрунту на варіантах полицево-безполицевого обробітку виявилася істотно вищою. Що швидше за все пов'язано з розподілом у профілі ґрунту рослинних залишків. За безполицевих обробітків основна маса останніх зосереджена у верхній частині орного шару, тому мала підвищену нітрифікаційну здатність. За диференційованого обробітку більша частина енергетичного матеріалу потрапляла в шар 20–30 см, що призводило до підсилення у ньому нітрифікації.

Целюлозолітична активність ґрунту. Як показали дослідження, систематичне внесення компосту підвищило целюлозолітичну активність чорнозему типового на 3–4 % за диференційованого і на 2–5 % за полицево-безполицевого обробітку. Водночас, ефективнішим виявилось спільне застосування компосту і мінеральних добрив. За їх внесення втрата маси лляної тканини була на 4–15 % більшого, ніж у варіанті без добрив.

Ферментативна активність. Для ефективного використання показників біологічної активності ґрунту як індикатора родючості і характеру ґрунтоутворення важливо встановити зв'язки між цими та іншими показниками ґрунтових режимів і характеристик. Так, виявлено неістотний середній зв'язок між активністю уреазу і вмістом амонійного азоту ($r=0,40\pm 0,45$), рівняння регресії ($Y=8,6+0,54X$); активністю протеазу і вмістом азоту, що легко гідролізується ($r=0,51\pm 0,35$), рівняння регресії ($Y=54,7+18,5X$). Наявність подібного зв'язку між цими показниками легко пояснити. Амінокислоти, що з'являються у ґрунті в результаті впливу протеолітичних ферментів на білки

і поліпептиди, утворюють поряд з амінами основний фонд сполук, що містять азот. Найвища активність протеази і вмісту азоту, що легко гідролізується, відзначається в тих шарах ґрунту, де міститься найбільша кількість післяжнивних решток. Встановлено неістотний середній зв'язок між активністю каталази і вмістом обмінного калію ($r=0,47\pm 0,36$), рівняння регресії ($Y=60,05+32,3X$); активністю каталази і ступеня рухомості калію ($r=0,57\pm 0,33$), рівняння регресії ($Y=106,2+56,7X$).

Активність фосфатази перебуває в істотному середньому зв'язку із вмістом рухомого фосфору ($r=0,71\pm 0,24$), рівняння регресії ($Y=38,5+3,95X$); активністю фосфатази і ступеня рухомості фосфатів ($r=0,61\pm 0,32$), рівняння регресії ($Y=19,4+138,2X$).

Прямолінійна кореляція виявляється між нітрифікаційною здатністю і вмістом у ґрунті азоту сполук, що легко гідролізуються ($r=0,80\pm 0,24$), рівняння регресії ($Y=(-19,9)+4,37X$). Органічні сполуки, що містять азот, у ґрунті амоніфікуються, амонійний азот у подальшому окислюється, тобто нітрифікується.

Відзначено істотний сильний зв'язок між активністю уреази і масою кореневої системи пшениці озимої ($r=0,72\pm 0,21$), рівняння регресії ($Y=0,42+3,98X$); активністю протеази і масою кореневої системи пшениці озимої ($r=0,82\pm 0,19$), рівняння регресії ($Y=8,53+42,8X$).

Тіснота зв'язку між чисельністю мікроорганізмів, здатних засвоювати мінеральні форми азоту, і масою кореневої системи пшениці озимої значно перевищує цей показник для зв'язку між чисельністю сапрофітних бактерій і масою кореневої системи пшениці озимої.

Прямолінійна істотна сильна кореляція виявлена між чисельністю мікроорганізмів, здатних засвоювати мінеральні форми азоту, і масою кореневої системи пшениці озимої ($r=0,81\pm 0,24$), рівняння регресії ($Y=25,8+98,2X$). Неістотний зв'язок встановлено між чисельністю бактерій і масою кореневої системи пшениці озимої ($r=0,48\pm 0,37$), рівняння регресії ($Y=25,1+56,7X$). Це пояснюється здатністю активних коренів інтенсивно галузитися і накопичуватися в місцях локалізації рухомих форм елементів живлення.

Інтенсивність дихання ґрунту знаходиться в тісній лінійній залежності від чисельності бактерій, що засвоюють органічні форми азоту ($r=0,88\pm 0,18$), рівняння регресії ($Y=(-25,3)+0,23X$), і чисельністю мікроорганізмів, що живляться мінеральними формами азоту ($r=0,90\pm 0,16$), рівняння регресії ($Y=(-55,2)+1,32X$) від нітрифікаційної здатності ($r=0,91\pm 0,12$), рівняння регресії ($Y=4,7+6,5X$).

ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

Азотний, фосфорний і калійний режим ґрунтів. Встановлено, що застосування безполицевого обробітку ґрунту у розподілі в орному шарі амонійного азоту сприяє більшому його накопиченню, ніж полицевий обробіток. Вплив мінеральних добрив на вміст амонійного азоту проявлявся

більшою мірою, ніж система обробітку ґрунту. За полицевого обробітку їх вміст забезпечував збільшення цієї форми азоту на 29–38 %, тоді як за безполицевого обробітку на 36–43 %.

Під впливом систематичного застосування безполицевого обробітку порівняно з полицевим обробітком змінився вміст нітратного і амонійного азоту. Органічна система удобрення, глибокий та мілкий безполицевий обробіток знизили вміст нітратів на 11,2–5,8 %, за мінеральної системи – на 9,5–7,4 % відповідно. Вміст амонійного азоту, навпаки, збільшився. За органічної системи за глибокого безполицевого обробітку підвищення становило 0,6, за мілкого безполицевого обробітку із щілюванням – 9,0 %. За мінеральної системи удобрення різниця знаходилася на рівні 3,5 і 8,8 % (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст елементів мінерального живлення в чорноземі типовому за вирощування кукурудзи на зерно, (2011–2017 рр.) мг на 1 кг ґрунту

Шар ґрунту, см	Азот амонійний		Фосфор рухомий		Калій обмінний	
	Система удобрення					
	органічна	мінеральна	органічна	мінеральна	органічна	мінеральна
Полицевий обробіток						
0–5	8,57	11,73	34,9	43,3	116	159
5–15	8,14	11,42	33,3	39,5	103	121
15–25	8,01	12,14	34,2	42,5	110	143
Безполицевий обробіток						
0–5	10,5	14,68	40,9	51,7	159	212
5–15	9,11	12,75	37,8	48,4	119	136
15–25	8,09	10,3	30,2	32,7	99	120
Мілкий безполицевий із одночасним щілюванням						
0–5	10,4	15,0	43,3	54,5	170	216
5–15	9,3	13,2	40,8	50,0	128	164
15–25	8,36	10,4	31,0	33,2	101	112
НіР ₀₅ для обробітку		0,71	0,96		3,4	
НіР ₀₅ для шару ґрунту		0,48	0,74		4,6	

Застосування різноглибинного і мілкого безполицевого обробітку із щілюванням у сівозміні підвищило вміст рухомих фосфатів у середньому на 3,2–12,0 і 4–10 % порівняно з полицевим обробітком.

Вплив мінеральних добрив виявився значнішим, ніж систем обробітку, що забезпечило підвищення рівня рухомості фосфатів на 25,1–40,4 % за полицевого обробітку, на 26–43,4 % за безполицевого обробітку і на 17–46 % за мілкого безполицевого обробітку із щілюванням. Одним із пояснень можна вказати значне сповільнення ерозійних процесів за безполицевого обробітку, особливо у варіантах з органічною системою удобрення, де краще розвинуті рослини сприяли надійнішому захисту ґрунту.

На фоні застосування органічних добрив ні одна із систем обробітку не забезпечила оптимальний для вирощування культур вміст обмінного калію

у ґрунті. Його рівень у досліджуваних шарах поступово зменшувався. Стосовно мінеральних добрив, то їх систематичне застосування дозволило регулювати цей процес. Вміст обмінного калію збільшився в 1,3–1,4 раза. При цьому в окремих частинах оброблюваного шару рівень обмінного калію змінювався від низького до середнього. У варіанті з полицевим обробітком найбільш виразно подібне проявлялося в шарі 15–25 см, за безполицевого в шарах 0–5 і 5–15 см. Звідси можна стверджувати, що вміст обмінного калію в оброблюваному шарі визначається системою удобрення та обробітком ґрунту.

Баланс елементів живлення. За застосування мінеральної системи удобрення у сівозміні із внесенням мінеральних добрив за схемою досліду надійшло у ґрунт фосфору більше, ніж рослини використовують. Це свідчить про високу буферну властивість чорнозему та здатність останнього підтримувати рівновагу фосфатного фонду за рахунок його постійних перетворень.

Ступінь рухомості фосфатів зростає на удобрених фонах пропорційно вмісту рухомого фосфору, що зумовлено досягненням на високих фосфатних фонах ступеня насиченості фосфатної ємності ґрунту, при якій адсорбовані фосфат-іони легко десорбуються у ґрунтовий розчин і підтримують більш високу концентрацію фосфору. Вміст валових форм азоту і калію за згаданої системи удобрення від'ємний.

За органо-мінеральної системи удобрення нагромадження речовин від'ємне за валовими формами азоту і калію. Вміст фосфору у ґрунті позитивний. Інтенсивність балансу 125 %.

На варіанті органічної системи удобрення отримано за вмістом валових форм азоту, фосфору і калію від'ємний баланс внаслідок невисокого рівня надходження речовин у ґрунт. Інтенсивність балансу азоту, фосфору і калію за органічної системи удобрення в сівозміні становить відповідно 38 %, 35 і 28 %.

АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВОДНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ

Структурно-агрегатний стан ґрунту. Системи основного обробітку ґрунту суттєво впливають на формування різних за розміром часточок ґрунту. Найбільше агрономічно цінних часточок міститься на варіанті полицево-безполицевого обробітку ґрунту, що становить 71,3 %. На цьому варіанті знизився вміст структурної фракції розміром менше 0,25 мм становить 9,3 % (табл. 4).

У шарі 10–20 см вміст агрономічно цінних агрегатів (0,25–10) на всіх варіантах зменшується, проте зростає кількість структурної фракції за 10 мм порівняно із шаром 0–10 см.

За мілкого безполицевого обробітку чорнозему типового, за якого не відбувається обертання скиби, із наявними на поверхні рослинними залишками ґрунт більшою мірою протистоїть злитизації. Якщо в поверхневому шарі за диференційованого обробітку структурна фракція розміром понад 10 мм знаходиться на рівні 15,4 і 20,7 % на фоні органо-мінеральної і мінеральної

системи удобрення відповідно, то за мілкового безполицевого обробітку структурна фракція розміром >10 мм у шарі 0–10 см становить 20,0 і 24,0 %.

Таблиця 4

Агрофізичні властивості чорнозему типового залежно від системи удобрення обробітку ґрунту

Система удобрення, А	Варіант обробітку ґрунту, В	Шар ґрунту, см, С	Коефіцієнт структурності	Вміст водотривких агрегатів, %	Щільність ґрунту, г/см ³		Пористість ґрунту, %	
					I	II	I	II
Без добрив	1	0–10	1,87	52,4	1,08	1,14	54,0	51,2
		10–20	1,7	52,0	1,14	1,29		
	2	0–10	1,77	53,1	1,12	1,13	53,2	51,2
		10–20	1,5	50,4	1,16	1,28		
	3	0–10	1,74	51,3	1,13	1,16	52,4	50,4
		10–20	1,60	49,2	1,17	1,29		
Органо-мінеральна	1	0–10	2,2	55,6	1,11	1,14	52,8	50,4
		10–20	2,3	53,5	1,19	1,20		
	2	0–10	2,3	55,6	1,14	1,16	53,2	49,2
		10–20	2,4	53,5	1,16	1,23		
	3	0–10	1,7	53,5	1,16	1,18	51,6	49,6
		10–20	1,8	52,5	1,22	1,29		
Мінеральна	1	0–10	1,9	51,5	1,05	1,15	52,8	51,2
		10–20	2,0	52,5	1,18	1,20		
	2	0–10	2,1	55,6	1,04	1,14	53,6	51,6
		10–20	2,3	47,4	1,19	1,21		
	3	0–10	1,99	52,6	1,14	1,17	51,6	50,8
		10–20	1,8	57,	1,24	1,24		
НІР ₀₅ А				F _ф <F ₀₅	0,02	0,02	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅
НІР ₀₅ В				F _ф <F ₀₅	0,02	0,02	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅
НІР ₀₅ С					0,02	0,02		

Примітка. 1 – диференційований (контроль); 2 – полицево-безполицевий; 3 – мілкий безполицевий; I – початок вегетації буряків цукрових; II – кінець вегетації буряків цукрових

Максимальні величини коефіцієнта структурності спостерігаються за полицево-безполицевого обробітку – 2,3, диференційованого – 2,3 та істотно знижуються за мілкового безполицевого обробітку.

Кількість агрономічно цінної структури (0,25–10 мм) за органо-мінеральної системи удобрення значно перевищує варіант без добрив на 7,0 %.

На цій системі удобрення кількість структурних агрегатів фракції за 10 мм зменшилася за мінеральної системи на 15 %.

Застосування полицево-безполицевого обробітку ґрунту збільшувало кількість водотривких агрономічно цінних агрегатів в шарі 0–10 см. Вміст останніх у шарі 0–10 см за мілкового безполицевого обробітку виявився нижчим на 1,3 % порівняно з диференційованим обробітком. Однак мілкий безполицевий обробіток ґрунту збільшував кількість водотривких агрегатів

у шарі 10–20 см порівняно з диференційованим та полицево-безполицевим обробітком ґрунту на 5,5–10,1 %.

Щільність, пористість і твердість ґрунту. Результати досліджень щодо впливу систем удобрення та обробітку ґрунту на зміну його об'ємної маси під бур'яками цукровими показали, що в полі бур'яків цукрових за різних систем удобрення об'ємна маса змінювалася. До того ж її абсолютні величини не перевищували оптимальної (1,0–1,3 г/см³) для нормального росту і розвитку досліджуваної культури.

Дещо помітніший вплив на варіювання щільності ґрунту спричиняли системи основного його обробітку, що застосовувалися у сівозміні під різні культури. Дослідженнями не спостерігалось істотного ущільнення ґрунту в шарі 0–30 см незалежно від основного обробітку ґрунту. Істотним відхиленням від оптимального показника вважається таке, що перевищує 10 %.

Абсолютні величини щільності ґрунту коливалися в межах 1,15–1,22 г/см³ на початку та 1,21–1,26 г/см³ у кінці вегетації бур'яків цукрових. Однак, в інтервалі цих показників чітко простежується тенденція до збільшення щільності ґрунту за мілкого безполицевого обробітку порівняно з полицевим.

Також відзначена відсутність істотного ущільнення ґрунту в шарі 0–10 і 10–20 см за всіх систем обробітку. Навпаки, навіть на фоні безполицевого обробітку виявлена тенденція до розущільнення в усьому 0–30 см шарі ґрунту.

Найвищу щільність ґрунту спостерігали в шарі 20–30 см у кінці вегетації бур'яків цукрових за органо-мінеральної системи удобрення за мілкого безполицевого обробітку 1,31 г/см³.

Як встановлено, на чорноземі типовому на початку та в кінці вегетації рослин бур'яків цукрових щільність орного (0–30 см) шару ґрунту знаходилася в оптимальних межах для згаданої культури.

Отримані результати на чорноземі типовому показали, що пористість ґрунту – це динамічний показник, який змінюється у незначних межах і залежить від комплексу чинників.

На початку вегетації культур він перебував у таких межах: у варіанті органо-мінеральної системи удобрення – 52,5–52,0 %, мінеральної – 51,5–52,7, без добрив – 52,4–53,2 %. У варіантах обробітку ґрунту значимої різниці показників пористості ґрунту на початку вегетації не встановлено. В окремі роки досліджень показник загальної пористості у полях сівозміни змінювався істотніше залежно від метеорологічних умов та технології вирощування культури.

Загальна пористість за вирощування бур'яків цукрових була нижчою на 1,3–2,3 % порівняно з контролем. За мілкого безполицевого обробітку ґрунту на початку вегетації її показник виявився нижчим на 2,4 % порівняно з диференційованим варіантом. В середньому за системами обробітку показники пористості ґрунту в кінці вегетації бур'яків цукрових знаходилися на одному рівні.

За вирощування пшениці озимої дещо вищі показники твердості відзначені за мілкого безполицевого обробітку ґрунту в осінній період вегетації. Тут можливі дві причини: різна глибина основного обробітку і вища

щільністю ґрунту в шарі 10–25 см. Остання за оранки становила 1,15–1,23, тоді як за мілкою безполицевою обробіткою була на 0,12–0,21 г/см² більша.

До початку весняної вегетації твердість ґрунту зменшилася, а вплив обробіткою ослабився. За полицевою залежно від шару ґрунту твердість знаходилася на рівні 8,8–18,6, за безполицевою обробіткою – 8,9–20,5 кг/см².

У наступні строки визначення спостерігалось зростання твердості ґрунту. Найвираженіше виражено цей процес перебігав у верхній частині оброблюваного шару, за наявного ущільнення й висушування ґрунту, при інтенсивному наростанні кореневої системи. На глибині 15–25 см складення ґрунту і умови зволоження стабільніші, тому меншою мірою змінювалася твердість.

Водопроникність ґрунту. Водопроникність чорнозему типового характеризується як незадовільна і задовільна (за Качинським Н. А.). Під впливом систем обробіткою водопроникність ґрунту змінювалася. Як у першій, так і на сьомий рік виконання дослідження найвища водопроникність спостерігалася у варіанті, де мілкий безполицевий обробіток проводили з одночасним щілюванням. На цьому варіанті у 2011–2012 рр. у першу годину спостереження було поглинуто 37,0 мм води, тоді як за полицевою обробіткою в 2 рази менше. У наступні години перевага безполицевою обробіткою над оранкою становила 7,3 мм. У 2016–2017 рр. така залежність зберігалася, а перевага мілкою безполицевою обробіткою із щілюванням у першу і третю години спостереження досягала відповідно 12,0 і 22,8 мм. Водопроникність за мілкою безполицевою обробіткою з одночасним щілюванням була в 1,4–1,6 рази вищою, ніж за полицевою обробіткою. Варіант безполицевою обробіткою, виконаний на глибину оранки, посідав проміжне становище.

Запаси доступної вологи. На початок вегетації буряків цукрових за вмістом доступної вологи в шарі 0–30 см ґрунту великого впливу систем удобрення не відзначено. На варіанті без внесення добрив доступної вологи в орному 0–30 см шарі ґрунту на початку вегетації знаходилося на рівні 42 мм, на варіантах із використанням органічних і мінеральних добрив в межах 49–51 мм, що значно перевищує контроль. Вищий вміст доступної вологи в орному 0–30 см шарі ґрунту спостерігали за диференційованою обробіткою. Визначення цього показника перед збиранням врожаю показало, що системи удобрення істотно не впливали на запас вологи у ґрунті.

На період збирання буряків цукрових вміст вологи в ґрунті значно зменшився. У результаті процесів фізичного випаровування, десукції і капілярного підйому вологи з нижніх шарів перемістилася у верхню частину ґрунтової товщі. При цьому переваги мілкою безполицевою обробіткою над полицево-безполицевим у варіанті з використанням оранки зберігалися, що зумовлено наявністю мульчі й інтенсивнішим розвитком листового апарату рослин, яке зберігало ґрунтову вологи від непродуктивного випаровування.

Дослідження зв'язку між агрофізичними показниками ґрунту та іншими показниками ефективності його родючості, які значно ширше використовують,

становлять певний інтерес для порівняльної оцінки як індикатора цієї родючості.

Між щільністю ґрунту і запасами доступної вологи пшениці озимої на початку вегетації відзначено коефіцієнт кореляції $r=0,19\pm 0,37$, рівняння регресії $Y=(-44,3)+65,6X$, та в кінці вегетації пшениці озимої $r=0,25\pm 0,36$, рівняння регресії $Y=(-30,3)+51,5X$, що визначає кореляцію як пряму із слабкими зв'язками. Також встановлено, що між щільністю ґрунту і запасами доступної вологи буряків цукрових на початку вегетації коефіцієнт кореляції $r=0,68\pm 0,28$, рівняння регресії $Y=(-88,0)+114,8X$, що свідчить про пряму кореляцію із середньою силою зв'язку, та в кінці вегетації буряків цукрових $r=0,16\pm 0,42$, рівняння регресії $Y=14,6+17,2X$, що характеризує кореляцію пряму із слабким зв'язком.

Аналіз щільності і вбирання вологи за першу годину спостережень показує, що зв'язок між ними слабкий. Тобто, початкове надходження вологи здійснюється через некапілярні щілини і від об'ємної маси не залежить, що підтверджується кореляційною залежністю $r=-0,074\pm 0,38$, рівняння регресії $Y=68,7+1,6X$.

Між щільністю ґрунту і польовою вологоємкістю буряків цукрових коефіцієнт кореляції $r=-0,24\pm 0,36$, рівняння регресії $Y=68,0+29,1X$. Це свідчить, що вказані зв'язки мають обернену кореляцію із слабким зв'язком. Встановлено кореляційні залежності між загальною пористістю і запасами доступної вологи в кінці вегетації пшениці озимої $r=-0,21\pm 0,37$, рівняння регресії $Y=51,2-0,025X$, що підтверджує слабку обернену кореляційну залежність.

Неістотний середній зв'язок виявився між внесеними мінеральними добривами і щільністю ґрунту $r=0,67\pm 0,42$, рівняння регресії $Y=1,16+0,002X$, та водотривкістю ґрунтових агрегатів $r=0,21\pm 0,37$, рівняння регресії $Y=52,7+0,003X$. Це вказує на пряму кореляцію із слабким зв'язком.

Також встановлено неістотний середній зв'язок між внесеними органічними добривами і щільністю ґрунту $r=-0,51\pm 0,32$, рівняння регресії $Y=1,19+(-0,004)X$, та внесеними органічними добривами і водотривкістю ґрунту $r=0,61\pm 0,30$, рівняння регресії $Y=51,4+0,65X$, що свідчить про середній і прямий зв'язок.

Між внесеними органічними добривами і коефіцієнтом структурності буряків цукрових $r=0,74\pm 0,26$, рівняння регресії $Y=1,60+0,127X$, що засвідчує істотний прямий сильний зв'язок.

Встановлено неістотний середній зв'язок між загальною пористістю і структурно-агрегатним складом ґрунту пшениці озимої, коефіцієнт кореляції $r=0,53\pm 0,37$, рівняння регресії $Y=65,1+0,017X$.

Між вмістом гумусу і водотривкістю ґрунту існує неістотний середній зв'язок, коефіцієнт кореляції $r=0,78\pm 0,23$, рівняння регресії $Y=(-88,5)+36,9X$.

УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Урожайність сільськогосподарських культур. Вирощування максимально економічно вигідного врожаю можливе лише за умови оптимізації живлення рослин за рахунок правильного застосування добрив. Тому система удобрення – одна з найважливіших ланок сучасного землеробства. Вплив способів обробітку на урожайність культур визначається складним поєднанням дії регульованих і нерегульованих факторів, серед яких головні погода, біологічні особливості культур і розміщення їх у сівозміні, фізичні властивості ґрунту, умови живлення рослин, фізико-хімічний режим ґрунту, засміченість ґрунту і посівів бур'янами.

За результатами досліджень спостерігалася наявність суттєвої різниці між варіантом без застосування добрив і органо-мінеральною системою удобрення за вирощування всіх культур сівозміни (табл. 5).

Таблиця 5

Урожайність культур сівозміни залежно від систем обробітку ґрунту та удобрення, т/га (2011–2017 рр.)

Система удобрення, А	Варіант обробітку, В	Культура сівозміни									
		люцерна	люцерна	пшениця озима	буряки цукрові	ячмінь	соя	пшениця озима	кукурудза на силос	пшениця озима	соняшник
Без добрив	1	8,5	11,6	3,4	32	2,2	1,4	3,2	38	2,9	1,5
	2	8,8	12	3,3	35	2,2	1,3	3	36	2,8	1,4
	3	7,2	10	3,1	30	2,1	1,3	2,9	31	2,6	1,2
Органічна	1	11,3	15	4,7	40	3,1	1,8	4,6	41	4,2	2,2
	2	11,5	15,8	4,7	43	3	1,8	4,8	40	4,3	2,1
	3	9,4	12,7	4,3	37	2,7	1,7	4,4	37	4	1,7
Органо-мінеральна	1	17	20,9	6,7	64	4,6	3,2	6,2	60	5,9	3,2
	2	17,1	21	6,8	67	4,5	3,2	6,4	61	6	3,3
	3	14,8	18,2	6,4	53	4	3	6,3	54	5,8	2,9
Мінеральна	1	17,6	21,6	6,9	67	4,7	3,4	6,6	63	6,2	3,4
	2	17,5	21,6	7,0	70	5,0	3,6	6,8	64	6,4	3,5
	3	15,3	18,8	6,6	55	4,4	3,2	6,6	58	6,2	2,9
НІР ₀₅ А		1,09	1,17	0,16	1,72	0,24	0,17	0,18	1,31	0,2	1,21
НІР ₀₅ В		1,22	1,68	0,18	3,15	0,36	0,21	0,25	1,52	0,27	1,27

Примітка. 1 – диференційований (контроль); 2 – полицево-безполицевий; 3 – мілкий безполицевий

Аналіз впливу систем удобрення на урожайність культур сівозміни вказує на відсутність суттєвої різниці між органо-мінеральною і мінеральною системами удобрення за вирощування люцерни першого й другого років використання та соняшнику.

Наявність суттєвої різниці відзначено між органо-мінеральною і мінеральною системами удобрення за вирощування пшениці озимої після всіх попередників, буряків цукрових, ячменю, сої, кукурудзи на силос.

Застосування органічної системи удобрення суттєво знижувало урожайність культур сівозміни порівняно із органо-мінеральною і мінеральною системами удобрення.

Найприйнятнішим варіантом основної обробки ґрунту в сівозміні виявився полицево-безполіцевий, за якого люцерна, буряки цукрові, пшениця озима після сої та кукурудзи на силос реагували збільшенням урожайності порівняно з контролем.

Застосування мілкої обробки ґрунту призводило до зниження урожайності культур сівозміни.

Дослідженнями, які проводили щодо порівняльної оцінки з вивчення ґрунтозахисної ефективності варіантів основної обробки ґрунту, встановлено, що врожайність культур сівозміни залежить від системи удобрення та обробки (рис. 1).

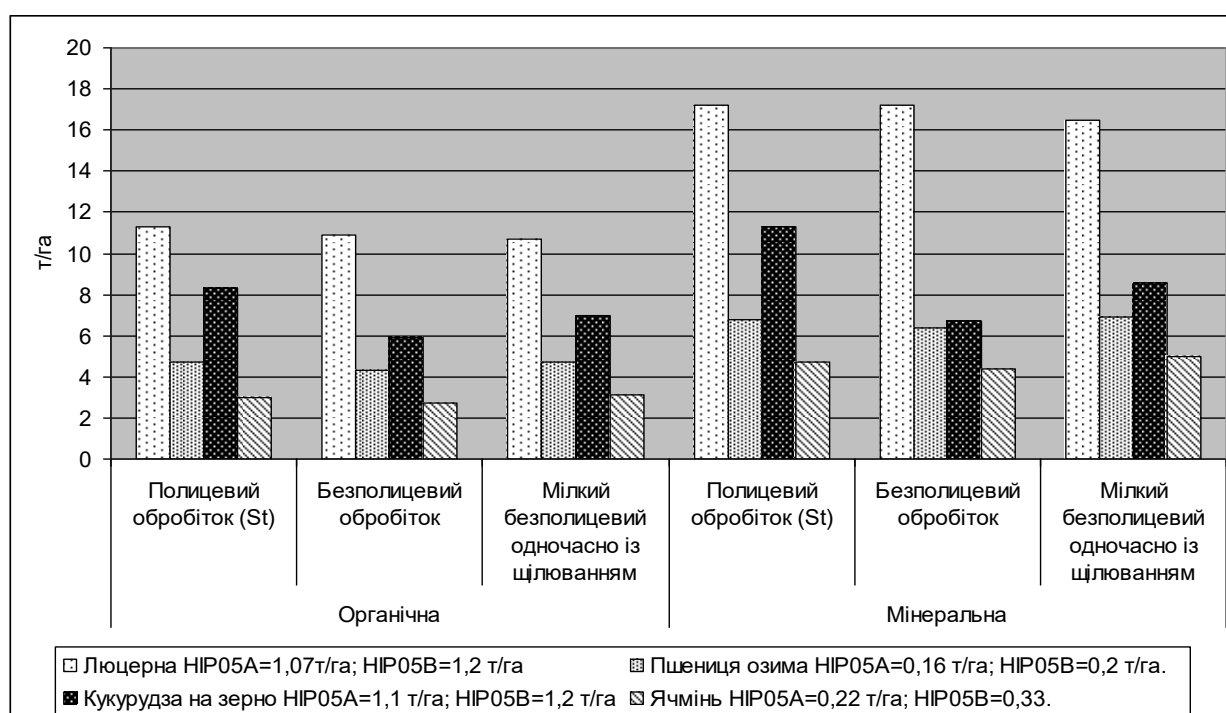


Рис. 1. Урожайність культур сівозміни, т/га (2017–2019 рр.)

Примітка. Фактор А – система удобрення, фактор В – обробіток ґрунту

Найвища врожайність люцерни відзначена за мінеральної системи – 17,2 т/га, що на 52 % перевершувало органічну систему удобрення. Вплив систем обробки ґрунту на врожайність люцерни виявився неістотним.

Урожайність пшениці озимої за мінеральної системи удобрення істотно перевищувала органічну систему на 2,1 т/га. Значне зниження врожайності пшениці озимої спостерігалось за органічної системи удобрення – на 31 % порівняно до мінеральної системи.

Найвищу врожайність кукурудзи на зерно одержали за мінеральної системи удобрення за полицевого обробки – 11,3 т/га. Найнижчою врожайністю була на органічній системі, на фоні безполіцевого обробки – 5,9 т/га.

Значний вплив на врожайність ячменю ярого виявили системи удобрення. Найсприятливіші умови склалися у варіанті мінеральної системи – середня врожайність становила 4,7 т/га.

За органічної системи удобрення врожайність істотно зменшилася – на 38,2 % порівняно з мінеральною системою удобрення.

Урожайність ячменю ярого за мілкого обробітку ґрунту з одночасним щільюванням була вищою на 5,1 % порівняно із застосуванням полицевого обробітку ґрунту.

Продуктивність сівозмін. Продуктивність окремих культур і сівозміни загалом важливий показник, який уможливує проведення порівняльної оцінки (за відповідними показниками) культур різних біологічних груп. Найчастіше її визначають за виходом кормових та зернових одиниць, а також вмістом перетравного протеїну і кількістю енергії, яка акумулюється в одиниці продукції.

Найбільший збір кормових одиниць з гектара (9,3 т/га) отримано за застосування мінеральної системи удобрення (рис. 2).

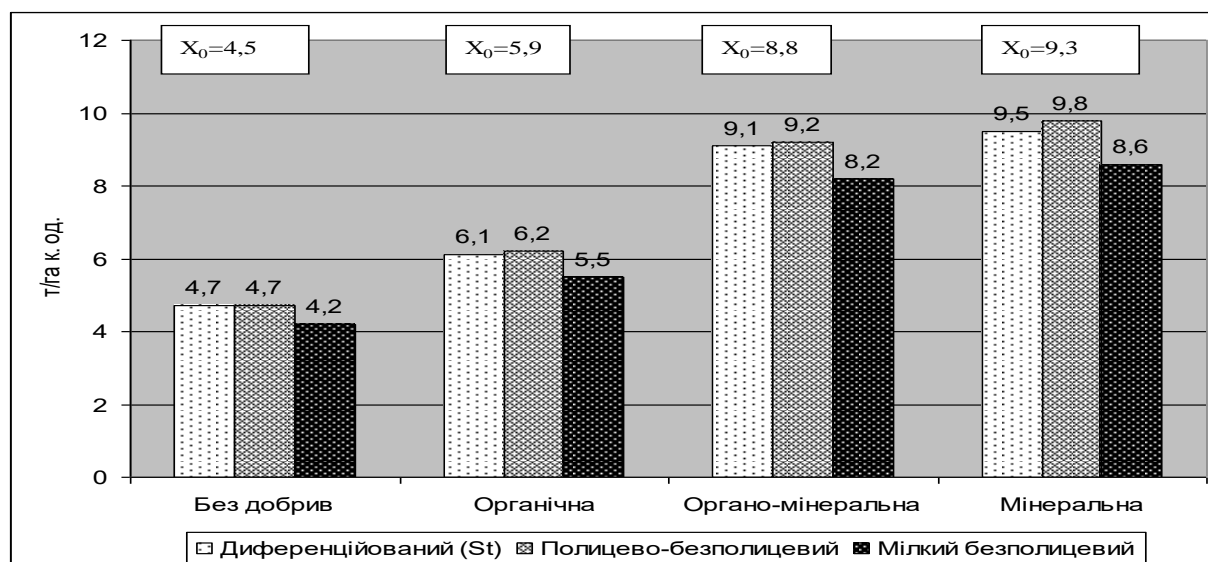


Рис. 2. Продуктивність ріллі в середньому у сівозміні залежно від систем удобрення (А) та обробітку ґрунту (В), т/га к. од. (2011–2017 рр.)

Внесення 4,5 т компосту й 3,5 т нетоварної частини урожаю маси поживних сидератів і 142 кг мінеральних добрив на 1 га сівозмінної площі призвело до несуттєвого зниження продуктивності культур сівозміни. Органічна система удобрення за застосування лише природних ресурсів із внесенням на 1 га 4,5 т компосту та з нетоварної частини врожаю маси поживних сидератів спричинило істотне зниження врожайності на 35,5 % за $HP_{05}=10,3\%$. Протягом ротації найвищу продуктивність сівозміни забезпечив варіант полицево-безполицевого обробітку ґрунту (на 2,7 %) порівняно з контролем. На варіанті мілкого безполицевого обробітку спостерігалася тенденція до зменшення продуктивності відповідно на 9,5 % порівняно з контролем. Причинами цього, крім зростання забур'яненості полів стало, зокрема, й ущільнення ґрунту.

Якість продукції. Серед критеріїв оцінки ефективності систем удобрення й обробітку ґрунту одним із найважливіших є їхній вплив на якість сільськогосподарської продукції.

Встановлено, що на якість зерен пшениці істотно впливали системи удобрення та меншою мірою варіанти основного обробітку ґрунту (табл. 6).

Таблиця 6

Якість зерна пшениці озимої

Система удобрення, А	Варіант обробітку ґрунту, В	Маса 1000 зерен, г	Білок, %	Вміст клейковини, %	Натура, г/л
Без добрив	Диференційований (контроль)	37,2	12,8	24,5	706
	Полицево-безполицевий	37,2	12,7	24,4	705,8
	Мілкий безполицевий	36,3	12,3	23,2	701,6
Органічна	Диференційований (контроль)	38,9	13,3	25,6	735,6
	Полицево-безполицевий	38,8	13,2	25,4	734,8
	Мілкий безполицевий	37,9	12,7	24,2	731,3
Органо-мінеральна	Диференційований (контроль)	40,2	14,4	28,7	740,9
	Полицево-безполицевий	40,4	14,3	28,3	741,8
	Мілкий безполицевий	39,4	13,8	26,9	737,8
Мінеральна	Диференційований (контроль)	40,3	14,8	30,6	744,1
	Полицево-безполицевий	40,5	14,6	30,0	743,8
	Мілкий безполицевий	39,6	14,1	29,8	740,4
НІР ₀₅ А		0,57	0,58	0,37	3,84
НІР ₀₅ В		0,42	0,69	0,57	F _φ < F ₀₅

Фізичні показники зерна пшениці озимої (маса 1000 зерен, натура і склоподібність) змінювалися більшою мірою залежно від систем удобрення, ніж від варіантів обробітку ґрунту. Найбільша маса 1000 насінин виявилася у зерна, вирощеного за мінеральної системи удобрення.

Маса 1000 зерен за органо-мінеральної системи удобрення істотно не знижувалася порівняно з мінеральною системою. Нижчі показники було зафіксовано за органічної системи удобрення та на варіанті без застосування добрив.

Варіанти обробітку ґрунту виявили певний вплив на масу 1000 зерен пшениці. Так, застосування полицево-безполицевого обробітку ґрунту практично не впливало на масу 1000 зерен. Значною мірою знижували масу 1000 зерен варіант мілкого безполицевого обробітку ґрунту.

Натурна маса – один із важливих фізичних показників зерна пшениці, що характеризує його якість. Натурна маса залежить від багатьох факторів: вологості, форми зерна, засміченості, пошкодження шкідниками. Високонатурне зерно краще виповнене, має більший вміст ендосперму, менше оболонки. За однакових умов із високонатурного зерна отримують вищий вихід борошна.

Натурна маса зерна озимої пшениці, вирощеної за мінеральної і органо-мінеральної системи удобрення відповідала другому класу якості (згідно з ДСТУ 3768–10 не менше 740 г/л) і становила 740,2–742,7 г/л.

Варіанти обробітку ґрунту значно не впливали на натурну масу зерна пшениці озимої, різниця між варіантами знаходилася в межах похибки досліду. Істотно натурна маса зерна пшениці знижувалася за органічної системи удобрення.

Найціннішою частиною зерна виступає білок, тому його вміст – надто важливий показник якості. Оцінюючи якість зерна озимої пшениці дуже часто враховують вміст клейковини. Високий її вміст і фізичні властивості зумовлюють відмінні хлібопекарські показники борошна.

У зерні пшениці озимої, одержаному за мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення вміст білка перевищував 1,4–3,5 %, що дало можливість віднести зерно за цим показником до першого класу. В одержаного за органічної системи удобрення зерна вміст білка становив 13,1 %, що згідно з ДСТУ 3768–2010 відповідає другому класу. Це пов'язано з низькою забезпеченістю елементами живлення за органічної системи удобрення.

Вміст білка на варіантах полицево-безполицевого та диференційованого обробітку ґрунту знаходився на одному рівні. Застосування мілкового безполицевого обробітку ґрунту призводило до зниження на 4,3 % вмісту білка у зерні пшениці порівняно з контролем. Достатня кількість азоту в ґрунті та поліпшення умов живлення пшениці на варіантах диференційованого та полицево-безполицевого обробітків ґрунту позитивно позначилися на процесах формування білка у зерні.

Визначальним показником якості зерна пшениці слугує кількість і якість сирої клейковини, що забезпечує у процесі приготування хліба добрі його властивості як органолептичні, так і фізико-хімічні.

За мінеральної системи удобрення зерно формувалося з вищим вмістом клейковини порівняно до органо-мінеральної та органічної систем. У зерні пшениці, вирощеної за органічної системи удобрення, визначено 25,1 %, на варіанті без застосування добрив – 24 % клейковини.

За мілкового безполицевого обробітку ґрунту вміст клейковини у зерні пшениці істотно знижувався на 4,7 % порівняно до контролю. Істотно вищим вміст клейковини у зерні пшениці озимої спостерігали за диференційованого та полицево-безполицевого обробітку ґрунту.

У дослідженнях встановлено істотний прямолінійний зв'язок між внесеною дозою мінеральних добрив і якісними показниками пшениці озимої (табл. 7).

Таблиця 7

Кореляційні зв'язки між якісними показниками зерна озимої пшениці та її технологічними показниками

X	у	Коефіцієнт кореляції	Рівняння регресії
Маса 1000 зерен	Доза мінеральних добрив	$r=0,85\pm 0,16$	$Y=37,7+0,009X$
Білок, %	--/–	$r=0,92\pm 0,12$	$Y=12,8+0,006X$
Вміст клейковини, %	--/–	$r=0,93\pm 0,12$	$Y=24,5+0,017X$
Натура зерна, г/л	--/–	$r=0,72\pm 0,22$	$Y=719,2+0,084X$

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОСНОВИ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

Важливим питанням сучасного землеробства визначено спосіб відтворення ґрунтової родючості. Для виходу на розширене відтворення родючості ґрунтів необхідно застосовувати три групи заходів. До першої групи відноситься пошук резервів органічних добрив. Найреальніші з них – нетоварна частка врожаю: солома, стебла грубостеблих культур, гичка, маса сидеральних культур. Встановлено, що одна тонна нетоварної частки врожаю може відповідати трьом тонам напівперепрілого гною.

Друга група заходів охоплює такі, що підвищують коефіцієнти гуміфікації органічних добрив. Це створення оптимальної реакції ґрунтового середовища для гуміфікації.

Третя група включає дотримання оптимального співвідношення між органічними та мінеральними добривами.

Останнім часом вчені розробляють і впроваджують у виробництво різноманітні технології перероблення (утилізації) посліду, гною великої рогатої худоби та свиней тощо на високоякісні органічні добрива, з яких найефективніші біологічні методи, зокрема використання мікроорганізмів. Серед переваг подібних методів – залучення вирощених мікроорганізмів до природного обміну речовин, а також асиміляція різноманітних хімічних сполук для здійснення процесів біоконверсії молекул чужорідних для живих організмів хімічних речовин до екологічно безпечних продуктів.

Біокомпостні добрива комплексно впливають на поживний режим ґрунту: поліпшують вуглецеве й мінеральне живлення рослин; підвищують коефіцієнт використання основних поживних речовин як надходженням їх із добривами, так і біологічною трансформацією органічних залишків у ґрунті впродовж одного вегетаційного періоду завдяки урівноваженню процесів синтезу – деструкції, включеної до складу Соргано – мінеральні біологічні добрива біоти; поліпшують водно-фізичні та іонообмінні властивості ґрунту.

ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

У сучасному землеробстві досить актуальними стають питання, пов'язані з мінімалізацією енергетичних витрат на вирощування сільськогосподарської продукції.

Проведені розрахунки витрат енергії на вирощування сільськогосподарських культур у десятипільній сівоzmіні показали значну залежність врожайності від культур, системи удобрення, основного обробітку ґрунту. У виконаних досліджах із загальної кількості енергії 151 ГДж/га, витраченої на формування врожаю польових культур у сівоzmіні, найбільша її кількість припала на органічні, мінеральні добрива та насіння – 87 ГДж/га, паливно-мастильні матеріали – 38,6 ГДж/га. Передостання стаття витрат стабільна і регулюванню не підлягає, оскільки виступає обов'язковою складовою технології, їхньою основою. Найенергоємнішими були просапні культури – буряки цукрові, кукурудза на силос. Від загальної кількості витрат енергії

на формування врожаю у сівозміні їхня частка становила відповідно 6,5 і 13,0 %. Одним з основних напрямів збереження енергетичних ресурсів у землеробстві визначено розроблення і впровадження технологій, які забезпечують зменшення питомих витрат сукупної енергії на одиницю продукції.

Важливим показником виокремлюється порівняння кількості енергії, акумульованої в урожаї культури, з її сукупною енергією, витраченою на вирощування і збирання врожаю. Встановлено, що K_{ee} кожної окремої культури щорічно змінювався. Різним він був у сівозміні впродовж ротації. У сівозміні серед систем удобрення за економністю енерговитрат як найефективніший варіант визначено без застосування добрив. Коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) становив 7,3, що на 19,6 % більше від мінеральної системи удобрення.

З переходом до ринкової економіки питання економічної та екологічної доцільної набувають ваги і стають основою бізнес-планування діяльності підприємств.

На основі технологічних карт наводяться дані грошових витрат на 1 га посівів культур сівозміни основного і проміжного вирощування. Розрахунки виконано для Агрофірма «Колос» за цінами 2018 року.

Економічно ефективними за рентабельністю вирощування культур сівозміни серед систем удобрення виявилися органо-мінеральна та мінеральна, які за цим показником переважали органічну систему і варіант без застосування добрив.

Серед системи основного обробітку ґрунту найвищу рентабельність культур сівозміни встановлено на фоні полицево-безполицевого варіанта – 74,3 %. Істотно перед ним поступився мілкий безполицевий обробіток – 60,1 %.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та представлено нове вирішення наукової проблеми, яка виявляється в експериментальному розробленні систем удобрення й основного обробітку ґрунту в агроecosистемах та їх впливу на ґрунтовідновлювальні процеси і формування умов росту зернових, технічних культур у сівозмінах для нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України. Результати дослідження з оцінювання технологічної, господарської, енергетичної та економічної ефективності систем удобрення та обробіток ґрунту надають підстави для таких висновків:

1. Збереження і розширене відтворення гумусу в чорноземах типових за використання їх у польових сівозмінах досягається за рахунок надходження органічних речовин у ґрунт у вигляді кореневих і надземних рослинних залишків культурних рослин, органічних добрив, регулюванням системою обробітку інтенсивності процесів мінералізації та гуміфікації.

Застосування полицево-безполицевої системи основного обробітку ґрунту створює умови для локалізації рослинних залишків, органічних і мінеральних добрив у верхньому оброблюваному шарі, зрушує систему «гуміфікація –

мінералізація» в бік посилення гуміфікації. Їх довготривале застосування спільно з компостом, соломою, сидеральною масою і помірними нормами мінеральних добрив, істотно не змінюючи груповий склад, сприяє підвищенню вмісту і запасів загального гумусу, а також енергії, що забезпечує розширене відтворення чорнозему типового. Підвищення вмісту гумусу зумовлене зростанням фракцій нерозчинного органічного залишку за органо-мінеральної системи удобрення із співвідношенням $C_{гр}:C_{фр} = 1,82$, що на 1,1 % вище, ніж за мінеральної системи.

2. Полицево-безполицевий обробіток, на фоні органо-мінеральної системи удобрення, активізує біологічні процеси ґрунту, виділення ґрунтом вуглекислоти й асиміляції останньої мікроорганізмами, зростання целюлозолітичної, нітрифікаційної, ферментативної активності. Встановлено, що за диференційованого обробітку на 5–11 % переважають нітрифікуючі, а за мілкого безполицевого на 12–37 % – амоніфікуючі бактерії. Максимальна чисельність мікроорганізмів відзначається у шарі 0–10 см за поступового зниження з глибиною. Систематичне застосування полицево-безполицевого обробітку, порівняно з диференційованим на фоні загальної інгібуючої дії, сприяє збільшенню нітрифікаційної здатності в 1,8 раза у верхній частині оброблюваного шару. За систематичного застосування компосту нітрифікаційна здатність зростає на 22–53 %, тоді як за їх спільного внесення з помірними нормами мінеральних добрив – на 31–39 %.

Мінеральна система удобрення інгібує ферментативну активність ґрунту. Активність протеази за органо-мінеральної системи удобрення посилюється на 13–25 %, уреази – 9–17, фосфатази – 11–13, каталази – 190 %, порівняно з варіантом без застосування добрив. За застосування полицево-безполицевого обробітку ґрунту активність ферментів порівняно з контролем зростає.

3. Застосування полицево-безполицевого обробітку ґрунту за рахунок стабілізації мінералізаційних процесів у ґрунті забезпечує збереження, а за спільного з органо-мінеральним удобренням додаткове накопичення загального азоту. Це призводить до більш вираженої диференціації оброблюваного шару ґрунту за вмістом мінеральних, легкогідролітичних його сполук; збільшується вміст амонійного азоту і неістотно знижується кількість нітратів, проте властивий чорноземам типовим нітратно-амонійний режим зберігається.

Вплив мінеральних добрив на вміст амонійного азоту виявлявся більшою мірою, ніж систем обробітку ґрунту. За полицевого обробітку відбувалося збільшення згаданої форми азоту на 29–38 %, за безполицевого – на 36–43 %.

Під впливом систематичного застосування безполицевого обробітку, порівняно з полицевим, змінився вміст нітратного й амонійного азоту. Органічна система удобрення, глибокий та мілкий безполицевий обробіток знизили вміст нітратів на 11,2–5,8 %, за мінеральної системи – на 9,5–4,7 % відповідно. Вміст амонійного азоту, навпаки, збільшився. За органічної системи і глибокого безполицевого обробітку підвищення становило 0,6 %, за мілкого безполицевого обробітку із щільованням – 9,0 %. За мінеральної системи удобрення різниця досягала 3,5 і 8,8 %.

Локалізація сполук азоту, що легко гідролізуються у верхній частині оброблюваного шару за полицево-безполицевого та мілкого безполицевого обробітку ґрунту, не погіршує умови живлення рослин цим елементом і не призводить до зниження урожайності вирощуваних культур. Застосування органо-мінеральної і мінеральної системи удобрення сприяє істотному підвищенню вмісту у ґрунті сполук азоту, що легко гідролізуються.

4. У чорноземах типових вміст рухомих фосфатів, здатність і швидкість їх переходу у ґрунтовий розчин значною мірою залежить від обробітку ґрунту і системи удобрення. Безполицеві обробітки ґрунту знижують інтенсивність мінералізації органічної речовини, істотно впливають на рухомі фосфати. Вміст і ступінь рухомості збільшуються у верхній частині оброблюваного шару.

Позитивний вплив на рівень мінеральних фосфатів виявляють добрива. Так, фосфорні добрива акумулюються у чорноземі типовому в основному у вигляді фосфатів кальцію першої і другої груп. Застосування різноглибинного й мілкого безполицевого обробітку із щільованням у сівозміні підвищило вміст рухомих фосфатів у середньому на 3,2–12,0 % порівняно з полицевим обробітком. Варіант полицево-безполицевого обробітку сприяв істотному підвищенню вмісту рухомих фосфатів у шарі ґрунту 0–10 см. У нижніх шарах орного шару значну перевагу за вмістом рухомих фосфатів мав диференційований обробіток.

Органо-мінеральна система удобрення суттєво знижує інтенсивність мінералізації органічної речовини, сприяє збагаченню ґрунту загальним, органічним та мінеральним фосфором, проте значно впливає на рухомі фосфати.

5. Калійний стан чорноземів типових визначається системою удобрення та обробітком ґрунту. Найбільшою мірою на всі форми калію впливають мінеральні добрива, дещо менше – органічні і найменше – обробіток ґрунту. Полицево-безполицеві обробітки сприяють локалізації обмінного калію у верхній частині оброблюваного шару і збільшують його вміст у шарі 0–30 см на фоні органо-мінеральних добрив.

Органо-мінеральна система удобрення за вмістом обмінного калію істотно не перевищувала мінеральну систему удобрення. За органічної системи удобрення вміст обмінного калію знижувався у шарі 0–10 см на 20–32 %, 10–20 см – на 15–22 %, у шарі 20–30 см – на 13–21 % порівняно з мінеральною.

6. Зміни у вмісті поживних речовин за застосування полицево-безполицевого обробітку відзначають у верхній частині ґрунтового профілю – в оброблюваному шарі виявляються у вигляді диференціації останнього за елементами живлення. Диференційований обробіток сприяє підвищенню вмісту рухомих поживних речовин у нижній частині орного шару, полицево-безполицевий – у верхній. Серед основних причин диференціації розрізняють: спеціальну заробку добрив і рослинних залишків; кращий розвиток кореневої системи рослин; біогенну акумуляцію поживних речовин; зростання життєдіяльності мікроорганізмів і представників ґрунтової фауни.

7. Системи основного обробітку ґрунту суттєво впливають на формування різних за розміром агрегатів ґрунту. Так, найбільше агрономічно-

цінних агрегатів міститься за варіанта полицево-безполицевого обробітку ґрунту – 71,3 %. Вміст структурної фракції розміром менше 0,25 мм на цьому варіанті зменшився до 9,3 %. За диференційованого обробітку ґрунту на структурну фракцію розміром понад 10 мм припадає 15,4 і 20,7 % на фоні орґано-мінеральної та мінеральної систем удобрення відповідно. За мілкового безполицевого обробітку структурна фракція розміром більше 10 мм у шарі 0–10 см становить 20,0–24,0 %.

За орґано-мінеральної системи удобрення зменшується щільність ґрунту у верхньому і глибших шарах ґрунту порівняно з мінеральною. Варіант мінеральної системи удобрення призводив до збільшення щільності ґрунту у верхньому 0–10 см шарі на 2,5 % та у шарі 10–20 см – на 3,3 % порівняно з варіантом без застосування добрив.

За мілкового безполицевого обробітку відбувалося істотне підвищення щільності ґрунту (в середньому на 0,02–0,04 г/см³) порівняно з контролем.

Полицевий обробіток ґрунту не змінює діапазону твердості у чорнозему типовому. Систематичне застосування мілкового безполицевого обробітку із щілюванням викликає збільшення твердості в нижній частині орґаного шару. Відмінності за твердістю найбільшою мірою виражені восени, відразу після проведення основного обробітку, тоді як у весняно-літній період вони згладжуються і, як правило, не досягають критичних значень для вирощування культур.

8. Максимальна вологонакопичувальна ефективність досягається за мілкового безполицевого обробітку ґрунту, проведеного з одночасним щілюванням. У цьому варіанті, залежно від вирощуваної культури, запаси доступної вологи були на 5,6–17,6 %, або на 6,5–21 мм вищі, ніж за полицевого обробітку. Вологонакопичувальна ефективність полицевого обробітку нижча і становить 2–10 %.

На час весняного відновлення вегетації пшениці озимої в шарі 0–30 см запаси доступної вологи знаходилися в межах 28–44,8 мм за різних систем основного обробітку ґрунту. Найменша кількість вологи накопичувалася на варіанті без застосування добрив. Істотної різниці на досліджуваних варіантах обробітку ґрунту не відзначено. Кількість вологи на варіантах обробітку в шарі 0–30 см становила 32–37 мм.

На початку вегетації пшениці озимої в шарі 0–100 см вміст доступної вологи за мілкового безполицевого обробітку мав істотну перевагу на 15,7 %, полицево-безполицевий – на 8,3 %, порівняно з диференційованим обробітком. За орґано-мінеральної системи удобрення вміст доступної вологи в метровій товщі перевершував контроль на 22,3 %.

Найсприятливіші умови для водоспоживання культур створює мінеральна і орґано-мінеральна системи удобрення за полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту.

9. Застосування мінеральних добрив за орґано-мінеральної та мінеральної систем удобрення з урахування хімічного складу ґрунту призводить до значного поліпшення якості і технічної переваги зерна пшениці озимої. За орґанічної системи і у варіанті без застосування добрив ці показники були

істотно гіршими, як наслідок дефіциту азоту. Застосування безполицевого обробітку ґрунту теж суттєво знижувало показники якості зерна пшениці озимої.

За застосування під буряки цукрові мінеральних добрив $N_{120}P_{120}K_{150}$ на фоні 4,5 т на 1 га сівозмінної площі компосту знижується цукристість, доброякісність нормально очищеного соку та технологічна якість соку. Використання на варіанті органічної системи удобрення лише органічних добрив під буряки цукрові сприяє підвищенню згаданих показників. При цьому мілкий безполицевий обробіток ґрунту зумовлює значне зниження вмісту доброякісного соку на 1,2–7 % порівняно з контролем.

10. Найбільший збір кормових одиниць з 1 га (9,3 т/га) у десятипільній сівозміні отримано за застосування мінеральної системи удобрення. Використання органо-мінеральної системи удобрення (8,8 т/га) призвело до несуттєвого зниження продуктивності культур сівозміни за $НР_{05}=0,74$. Органічна система удобрення зумовила істотне зниження (6,0 т/га) на 35 %.

Найвищу продуктивність сівозміни забезпечив варіант полицево-безполицевого обробітку ґрунту (на 2,7 %) порівняно з контролем. На варіанті мілкого безполицевого обробітку спостерігалася тенденція до зниження продуктивності відповідно на 9,5 % порівняно з контролем.

11. Застосування органічної системи удобрення призвело до істотного зниження продуктивності культур чотирипільної сівозміни. За органічної системи удобрення продуктивність сівозміни становила 7,4 т/га к. од., за мінеральної – 10,2 т/га к. од. На варіанті за полицевого обробітку продуктивність була на рівні 9,8 т/га к. од., за безполицевого обробітку із одночасним щілюванням – 8,8 т/га к. од. Безполицевий обробіток зумовив зниження продуктивності сівозміни на 1,1 т/га порівняно з мілким безполицевим обробітком з одночасним щілюванням.

За умов застосування органо-мінеральної системи удобрення енергоємність культур десятипільної сівозміни становила 176,6 ГДж/га, що менше на 16,9 % від мінеральної системи удобрення. За застосування органічної системи удобрення відбулося скорочення енерговитрат до 121,4 ГДж/га, що на 31 % менше, ніж за органо-мінеральної системи. За ефективністю енерговитрат найраціональнішою виявилася органо-мінеральна система удобрення ($K_{ee}=6,9$), за мінеральною ($K_{ee}=6,1$). Найбільш енергетично ефективними визначено варіанти полицево-безполицевого ($K_{ee}=7,0$) та диференційованого ($K_{ee}=6,8$) обробітків, тоді як енергетично менш ефективним виявився мілкий безполицевий ($K_{ee}=6,5$), що зумовлено нижчою врожайністю культур сівозміни на цьому варіанті.

12. За мінеральної системи удобрення енергоємність врожаю чотирипільної сівозміни порівняно з органічною підвищувалася на 15,5 ГДж/га. Коефіцієнт енергетичної ефективності за основного обробітку ґрунту в сівозміні становив: на полицевому – 3,6, безполицевому – 3,6 і мілкому безполицевому з одночасним щілюванням – 3,7.

13. Рівень рентабельності культур десятипільної сівозміни був найвищим за мінеральної системи удобрення – 99,9 %, за органо-мінеральної – 95,1 %, за полицево-безполицевої – 94,9 %, за диференційованої – 94,9 %, за мілкого безполицевого з одночасним щілюванням – 94,9 %.

серед систем основного обробітку ґрунту в сівозміні – полицево-безполицевий – 74,3 %.

Найвищий рівень рентабельності чотирирічної сівозміни спостерігали за мінеральної системи удобрення – 98,5 %, серед систем основного обробітку ґрунту в сівозміні за полицевого обробітку – 108,5 %, за мілкого безполицевого обробітку з одночасним щілюванням – 104 %.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

У Правобережному Лісостепу України на чорноземах типових малогумусних для забезпечення продуктивності ріллі на рівні 10 т/га кормових одиниць, збереження та відтворення родючості ґрунту рекомендовано:

– запроваджувати польові зерно-просапні сівозміни з часткою зернових культур – 50 %, просапних – 30 %, кормових – 20 %;

– вносити 9 т/га сівозмінної площі (в сухій речовині) органічних добрив: 4,5 т/га гноєкомпостів (по 15 т/га у трьох полях сівозміни – буряки цукрові, соняшник, кукурудза на зерно), 3,5 т/га побічної продукції рослинництва (солома злакових культур, стебла кукурудзи та соняшнику) і 1,0 т/га сидератів (у двох полях після пшениці озимої – 6,8 т/га і ячменю ярого – 3,2 т/га);

– застосовувати систему полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту в сівозміні, що передбачає проведення за ротацію сівозміни глибокої оранки під буряки цукрові і соняшник, мілкого безполицевого під пшеницю озиму після сої і кукурудзи на силос, різноглибинного чизельного розпушування під решту культур;

– використовувати у короткоротаційних сівозмінах мілкий безполицевий обробіток із щілюванням на глибину 35–40 см, що поліпшує водно-фізичні властивості та поживний режим ґрунту.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії та навчальний посібник:

1. Танчик С. П., Манько Ю. П., Гудзь В. П., Кротінов О. П., Цюк О. А., Іванюк М. Ф., **Центило Л. В.**, Косолап М. П., Рожко В. М., Тарасенко О. О., В'ялий С. О., Дудченко В. М., Анісімова А. А., Карпенко О. Ю., Бабенко А. І., Павлов О. С. Землеробство К., 2013. 278 с. *(Здобувачем підготовлено розділ щодо ерозії ґрунтів).*

2. Шувар І. А., Бунчак О. М., Сендецький В. М., Тимофійчук О. Б., Гнидюк В. С., **Центило Л. В.**, Бахмат О. М. Виробництво та використання органічних добрив: монографія. Івано-Франківськ, 2015. 596 с. *(Здобувачем висвітлено аспекти використання органічних добрив, їх застосування в агропромисловому виробництві).*

3. Танчик С. П., Цюк О. А., **Центило Л. В.** Наукові основи системи землеробства: монографія. Вінниця, 2015. 314 с. *(Здобувачем розроблено основні параметри ґрунтової родючості чорнозему типового).*

4. Мельник І. П., Колісник Н. М., Шувар І. А., Сендецький В. М., **Центило Л. В.** Дощові черв'яки: наукові аспекти вирошування і практичне

застосування: монографія. Івано-Франківськ, 2015. 444 с. *(Здобувачем висвітлено способи збирання вермикультури і одержання біогумусу).*

5. Центилю Л. В. Органічні добрива для сучасних систем землеробства: монографія. Івано-Франківськ, 2017. 260 с.

6. Шувар І. А., Бердніков О. М., **Центилю Л. В.**, Сендецький В. М. Сидерати в сучасному землеробстві: науково-виробниче видання: монографія. Івано-Франківськ, 2015. 156 с. *(Здобувачем розкрито значення сидерації для збагачення ґрунту органічними речовинами).*

7. Шувар І. А., Роїк М. В., Іванишин В. В., Сендецький В. М., **Центилю Л. В.** Сидерація в технологіях сучасного землеробства: науково-виробниче видання: монографія. Івано-Франківськ, 2016. 180 с. *(Здобувачем обґрунтовано значення зелених добрив для збагачення ґрунту органічними речовинами).*

8. Іванишин В. В., Роїк М. В., Шувар І. А., **Центилю Л. В.**, Сендецький В. М., Бунчак О. М., Колісник Н. К. Біологізація землеробства в Україні: реалії та перспективи: науково-виробниче видання. Івано-Франківськ, 2016. 284 с. *(Здобувачем висвітлено стан і перспективи біологізації землеробства).*

Статті у наукових фахових виданнях України:

9. Tsentylo L. V. Agrophysical characteristics of typical black soil in agrophytocenoses of winter depending on cultivation and fertilization. Таврійський науковий вісник. 2019. Вип. 105. С. 155–159.

10. **Центилю Л. В.**, Цюк О. А. Динаміка змін твердості ґрунту залежно від його основного обробітку. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. № 1. С. 147–153. *(Здобувачем досліджено твердість ґрунту, здійснено аналіз отриманих даних).*

11. Центилю Л. В. Формування якості зерна пшениці озимої залежно від системи удобрення і обробітку ґрунту. Миронівський вісник. 2019. № 8. С. 152–162.

12. Центилю Л. В. Біологічна активність ґрунту за різних систем удобрення соняшнику та обробітку ґрунту. Таврійський науковий вісник. 2019. Вип. 108. С. 117–122.

13. Центилю Л. В. Вплив систем удобрення та обробітку ґрунту на гумусний стан і біологічні процеси чорнозему типового. Таврійський науковий вісник. 2019. Вип. 107. С. 171–177.

14. Танчик С. П., **Центилю Л. В.**, Цюк О. А. Вплив удобрення і обробітку ґрунту на урожайність культур сівозміни. Вісник аграрної науки. 2019. № 8. С. 11–16. *(Здобувачем визначено урожайність культур сівозміни, здійснено аналіз отриманих даних).*

15. Центилю Л. В. Продуктивність сівозміни залежно від удобрення і обробітку ґрунту. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2019. Вип. 3 (103). С. 52–60.

16. Центилю Л. В. Зміна водного режиму чорнозему типового залежно від систем обробітку ґрунту. Вісник аграрної науки. 2019. № 11. С. 22–27.

**Статті у наукових фахових виданнях України,
включених до міжнародних наукометричних баз даних:**

17. Танчик С. П., **Центи́ло Л. В.** Особливості удобрення кукурудзи за її вирощування на чорноземі типовому в Лісостепу України. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія. 2017. № 269. С. 74–83. *(Здобувачем досліджено особливості удобрення кукурудзи, здійснено аналіз даних та підготовлено статтю до друку).*

18. **Центи́ло Л. В.**, Цюк О. А., Мельник В. І. Уміст поживних речовин у ґрунті під впливом застосування добрив і обробітку ґрунту. Біоресурси і природокористування. 2018. Т. 10. № 3–4. С. 164–169. *(Здобувачем досліджено вміст поживних речовин у ґрунті, здійснено аналіз даних та підготовлено статтю до друку).*

19. Цюк О. А., **Центи́ло Л. В.**, Мельник В. І. Структурно-агрегатний склад ґрунту залежно від основного обробітку та удобрення. Біоресурси і природокористування. 2018. Т. 10. № 5–6. С. 139–145. *(Здобувачем досліджено структурно-агрегатний склад ґрунту в полі буряків цукрових, здійснено аналіз даних та підготовлено статтю до друку).*

20. **Центи́ло Л. В.**, Цюк О. А. Баланс азоту, фосфору і калію за застосування добрив. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2018. № 5. (75). Режим доступу до статті: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.05.020>. *(Здобувачем досліджено і проаналізовано наявність основних елементів живлення ґрунту в сівозміні, здійснено аналіз даних та підготовлено статтю до друку).*

21. Центи́ло Л. В. Вплив різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення на вологозабезпеченість посівів пшениці озимої. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2019. № 1 (77). Режим доступу до статті: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.01.021>.

22. Центи́ло Л. В. Параметри вмісту гумусу в чорноземі типовому залежно від агровиробничого використання. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2019. № 2 (78). Режим доступу до статті: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.02.017>.

23. Центи́ло Л. В. Калійний режим чорнозему типового за різного удобрення та обробітку ґрунту. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2019. № 3 (79). Режим доступу до статті: index.php/Dopovidi/issue/view/501.

24. Центи́ло Л. В. Вологозабезпеченість буряків цукрових залежно від систем обробітку ґрунту та удобрення. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2019. № 5 (81). Режим доступу до статті: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.05.010>.

25. **Центи́ло Л. В.**, Цюк О. А. Азотний режим чорнозему типового залежно від удобрення і обробітку ґрунту. Біоресурси і природокористування. 2019. Т. 11. № 1–2. С. 107–114. *(Здобувачем досліджено динаміку вмісту нітратного і амонійного азоту ґрунту, здійснено аналіз даних та підготовлено статтю до друку).*

26. Центи́ло Л. В. Вплив елементів агротехнологій на спрямованість процесів трансформаційних азотних сполук у чорноземі типовому. Збалансоване природокористування. 2019. № 1. С. 32–37.

27. Танчик С. П., **Центи́ло Л. В.** Екологічні аспекти удобрення соняшнику за його вирощування на чорноземах типових в Правобережному Лісостепу України. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія. 2018. № 286. С. 80–89. *(Здобувачем проведено дослідження і проаналізовано екологічні аспекти щодо удобрення соняшнику, здійснено аналіз даних та підготовлено статтю до друку).*

28. Центи́ло Л. В. Ферментативна активність чорнозему типового залежно від основного обробітку ґрунту і удобрення. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2019. Вип. 30. С. 66–71.

29. **Центи́ло Л. В.**, Цюк О. А., Мельник В. І. Енергетична ефективність систем удобрення і обробітку гурту. Біоресурси і природокористування. 2019. Т. 11. № 3–4. *(Здобувачем визначено енергетичну ефективність систем удобрення, здійснено аналіз даних та підготовлено статтю до друку).*

Стаття у науковому виданні іншої держави

30. Panchenko T., Lozinskiy M., Gamayunova V., **Tsentulo L.**, Khakhula V., Fedoruk Y., Pokotylo I. Change of yield and baking qualities of winter wheat grain depending on the year of growing and predecessor in the central Forestry of Ukraine. Plant Archives. 2019. Vol. 19. No. 1. P. 1107–1112. *(Здобувачем визначено урожайність пшениці озимої та підготовлено статтю до друку).*

Статті у наукових виданнях України,

включених до міжнародних наукометричних баз даних

31. Tsyuk O. A., Tanchuk S. P., **Tsentulo L. V.**, Kirilyuk V. I., Pavlov O. S., Sleptsov Y. Change of carbon's contain of the main humuse's groups of the black typical soil with the agriculture's ecologization. Ukrainian Journal of Ecology. 2018. Vol. 8 (4). P. 154–157. *(Здобувачем проведено аналіз вмісту гумусу основних груп гумусу та підготовлено статтю до друку).*

32. Manko Yu. P., Tsyuk O. A., **Tsentulo L. V.**, Shemetun O. The methodology resource suggestion with environmental criteria for rationality agricultural systems estimation. Ukrainian Journal of Ecology. 2019. Vol. 9. (1). P. 121–126. *(Здобувачем створено методичний ресурс для оцінювання раціональності систем удобрення та підготовлено статтю до друку).*

Патенти України на корисну модель:

33. **Центи́ло Л. В.**, Паламарчук М. М., Кулинич Р. М., Колісник Н. М., Сендецький В. М., Гнидюк В. С. Спосіб виробництва органічних добрив «Мікроорганік» шляхом пришвидшеної аеробної ферментації: патент 106094 України. № u 201511541; заявлено 23.11.2015. опубліковано 11.04.2016. Бюл. № 7. 6 с. *(Здобувачем досліджено компостну суміш аеробної ферментації із органічних відходів).*

34. **Центи́ло Л. В.**, Паламарчук М. М., Кулинич Р. М., Колісник Н. М., Сендецький В. М., Гнидюк В. С. Спосіб виробництва органо-дефекатних добрив: патент 106027 України. № у 201510718; заявлено 03.11.2015. опубліковано 11.04.2016. Бюл. № 7. 6 с. *(Здобувачем запропоновано технології виробництва органо-дефекатних добрив).*

35. **Центи́ло Л. В.**, Паламарчук М. М., Кулинич Р. М., Колісник Н. М., Сендецький В. М., Гнидюк В. С. Спосіб виробництва регуляторів росту і розвитку рослин «Мікробіофіт»: патент 109948 України. № а 201601147; заявлено 10.02.2016. опубліковано 26.09.2016. Бюл. № 18. 6 с. *(Здобувачем запропоновано внесення у ферментатор до виготовленого вермикомпостного чаю мікробних культур).*

36. Сендецький В. М., Колісник Н. М., Бунчак О. М., **Центи́ло Л. В.**, Паламарчук М. М., Кулинич Р. М. Спосіб виробництва біокомпостних і вермикомпостних «Чаїв»: патент 106026 України. № у 2015210715; заявлено 03.11.2015. опубліковано 11.04.2016. Бюл. № 7. 6 с. *(Здобувачем досліджено умови ферментації в пластикових або металічних ємностях твердої фракції органічних добрив, виготовлених методом вермикультивування).*

37. Іванишин В. В., Сендецький В. М., Колісник Н. М., Бунчак О. М., Шувар І. А., **Центи́ло Л. В.**, Гаврилянчик Р. Ю. Спосіб вирощування гречки в проміжних посівах: патент 111898 України. № у 201605269; заявлено 16.05.2016. опубліковано 25.11.2016. Бюл. № 22. 5 с. *(Здобувачем запропоновано сумісне вирощування гречки в проміжних і післяукісних посівах).*

38. **Центи́ло Л. В.**, Кулинич Р. М., Волкогон В. В. Біоорганомінеральне добриво «Біофос»: патент 116179 Україна. № а 201700624; заявлено 23.01.2017; опубліковано 26.12.2017. Бюл. № 24. 6 с. *(Здобувачем досліджено бактеріальну асоціацію штамів *Pseudomonas sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Bacillus subtilis*).*

Науково-методичні праці та рекомендації виробництву:

39. Танчик С. П., Демідов О. А., Манько Ю. П., Цюк О. А., Іванюк М. Ф., **Центи́ло Л. В.**, Бабенко А. І., Петришина А. А. Екологічна система землеробства в Лісостепу України. К., 2011. 39 с. *(Здобувачем досліджено продуктивність сівозміни, підготовлено розділ до друку).*

40. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях (науково-практичні рекомендації). За редакцією В. В. Волкогона. К., 2015. 248 с. *(Здобувачем висвітлено застосування мікробних препаратів за вирощування сільськогосподарських культур).*

41. Танчик С. П., **Центи́ло Л. В.**, Манько Ю. П., Цюк О. А., Бабенко А. І., Павлов О. С., Яцук І. П., Сінченко В. В., Сендецький В. М. Екологічна система землеробства. К., 2017. 30 с. *(Здобувачем висвітлено технологічний регламент аеробної ферментації органічних речовин на відкритих площах).*

42. Цюк О. А., Танчик С. П., Манько Ю. П., Літвінов Д. В., Бабенко А. І., Павлов О. С., **Центи́ло Л. В.** Новітня модель енергоощадного екологічного землеробства в Лісостепу України (науково-методичні рекомендації). К., 2019. 47 с. *(Здобувачем описана модель прогнозу змін вмісту гумусу в ґрунті).*

Тези наукових доповідей

43. **Центи́ло Л. В.**, Кулинич Р. М., Сендецький В. М. Виробництво і застосування органо-дефекатних добрив в сучасних агротехнологіях. Міжнародна науково-практична конференція Подільського державного аграрно-технічного університету, м. Кам'янець-Подільський, 25–26 квітня 2016 року: тези доповіді. Кам'янець-Подільський, 2016. С. 331–334. *(Здобувачем висвітлено виробництво органо-дефекатних добрив).*

44. **Центи́ло Л. В.**, Волкогон В. В. Біологічні аспекти удобрення пшениці озимої. Новітні агротехнології: теорія та практика: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 95-річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ, 11 липня 2017 року: тези доповіді. К., 2017. С. 51–52. *(Здобувачем проведено дослідження щодо удобрення пшениці озимої).*

45. Танчик С. П., **Центи́ло Л. В.**, Павлов О. С., Бабенко А. І. Екологічні проблеми землеробства України та шляхи їх вирішення. Актуальні проблеми розвитку аграрної освіти і науки та підвищення ефективності агропромислового виробництва: Міжнародна науково-практична конференція, м. Одеса, 20–21 вересня 2018 року: тези доповіді. Одеса, 2018. С. 19. *(Здобувачем висвітлено проблеми землеробства України).*

АНОТАЦІЯ

Центи́ло Л. В. Агроекологічні основи відтворення родючості чорнозему типового та підвищення продуктивності агроценозів Правобережного Лісостепу України. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук зі спеціальності 06.01.01 «Загальне землеробство». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2020.

У дисертації наведено теоретичне обґрунтування та представлено експериментальне вирішення наукової проблеми підвищення родючості чорнозему типового глибокого за допомогою систем удобрення, обробітку ґрунту та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур у Правобережному Лісостепу України.

Теоретично обґрунтовано й експериментально підтверджено інформативність та об'єктивність компостування, що є складною взаємодією між органічними речовинами, мікроорганізмами, вологою і повітрям. Мікробна активність підсилюється за умов забезпечення необхідного рівня вологи і кисню. Крім кисню, мікроорганізми потребують також азот, фосфор, калій наявність мікроелементів. Ці речовини містяться у складі гною, різних відходах.

Удосконалено агротехнічні заходи, спрямовані на зниження енергоємності обробітку ґрунту, підвищення економічної ефективності функціонування сівозмін на фоні застосування систем удобрення, встановлено вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на динаміку чисельності мікроорганізмів, вміст елементів живлення й гумусу у ґрунті.

Ключові слова: система удобрення, система основного обробітку ґрунту, родючість ґрунту, урожайність, продуктивність сівозміни, якість продукції, енергетична ефективність.

АННОТАЦІЯ

Центи́ло Л. В. Агро́екологі́ческие основы воспроизводства плодородия чернозема типичного и повышения продуктивности агроценозов Правобережной Лесостепи Украины. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.01 «Общее земледелие». Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. Киев, 2020.

В диссертации приведено теоретическое обоснование и представлено экспериментальное решение научной проблемы повышения плодородия чернозема типичного глубокого с помощью систем удобрения, обработки и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в Правобережной Лесостепи Украины.

Установлено, что использование минеральной системы удобрения с внесением $N_{80}P_{96}K_{108}$ минеральных удобрений на 1 га севооборотной площади не обеспечивает повышение содержания гумуса в почве, а имеет тенденцию к стабилизации. Расширенное воспроизводство гумуса в черноземах типичных в зернопропашном севообороте достигается органоминеральной системой удобрения с внесением на 1 га севооборотной площади 4,5 т компоста и $N_{40}P_{48}K_{54}$ минеральных удобрений.

Применение мелкой безотвальной разноглубинной и отвально-безотвальной обработок почвы в сочетании с органическими и умеренными нормами минеральных удобрений способствует повышению его содержания и запасов, вновь образованных и водорастворимых гумусовых веществ, а также запасов энергии в органическом веществе почвы.

Установлено, что наибольшее количество водопрочных агрегатов в пахотном слое отмечено при органоминеральной системе удобрения, что существенно превышает контроль (без удобрений). Содержание водопрочных агрегатов при органоминеральной системе удобрения в слое 0–10 см на 5,2 %, в минеральной – на 1,9 %.

На варианте с органоминеральной системой удобрения наблюдается уменьшение плотности верхнего и более глубоких слоев почвы по сравнению с минеральной системой. В частности, в начале вегетации уменьшение плотности составило 2,5 %. При минеральной системе удобрения происходит повышение плотности верхнего 0–10 см слоя почвы на 2,5 % и 10–20 см – на 3,3 % по сравнению с вариантом без применения удобрений.

Систематическое применение мелкой безотвальной с щелеванием обработки почвы вызывает увеличение твердости в нижней части обрабатываемого слоя.

Запасы доступной влаги в пахотном и метровом слоях почвы не приводят к существенной разнице в вариантах систем удобрения. По мелкой

безотвальной как в пахотном 0–30 см, так и метровом 0–100 см слое почвы создаются благоприятные условия для большего накопления влаги и рационального ее использования за счет мелкогрудочкового состава и мульчирующего слоя, который они создают. Наименьшие запасы доступной влаги оказались при дифференцированной обработке почвы. При применении отвально-безотвальной обработке установлена тенденция по увеличению запасов влаги по сравнению с контролем.

Высокой продуктивности пашни в десятипольном севообороте достигнуто при минеральной системе удобрения, существенное снижение которой наблюдается на фоне без применения удобрений и органической системы. Органоминеральная система удобрения практически не отличается от минеральной. Среди систем основной обработки почвы преимущество остается за дифференцированной и отвально-безотвальной обработками.

При органической системе удобрения происходит существенное снижение производительности культур в четырехпольном севообороте. Минеральная система удобрения обеспечила повышение производительности в четырехпольном севообороте по сравнению с органической. Так, при органической системе удобрения продуктивность севооборота в среднем составила 7,4 т/га к. ед., по минеральной – 10,2 т/га к. ед.

Энергетически эффективной по возрастианию коэффициента энергетической эффективности и энергоемкости урожая определена минеральная система удобрения. Вместе с тем, это превращает такую систему удобрения на энергетически затратную. Применение только органических удобрений снижает энергоемкость урожая на 5,5 ГДж/га. Вариант мелкой безотвальной обработки с одновременным щелевание обеспечивает высокий коэффициент энергетической эффективности – 3,7.

Ключевые слова: система удобрения, система основной обработки почвы, плодородие почвы, урожайность, продуктивность севооборота, качество энергетическая эффективность.

ANNOTATION

Tsentylo L. V. Agroecological Bases of Chernozem Typical Fertility Restoration and Increase of Agrocenosis Productivity of the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine. – The Manuscript.

The dissertation thesis submitted for the scientific degree of Doctor of Agricultural Sciences in specialty 06.01.01 «General Agriculture». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2020.

The dissertation thesis is devoted to the theoretical substantiation and experimental solution of the scientific problem of increasing chernozem typical deep fertility using fertilizer systems, tillage and increasing crop productivity of the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine.

The informativeness and objectivity of composting, which is a complex interaction between organic matter, microorganisms, moisture and air, have been theoretically substantiated and experimentally confirmed. Microbial activity is

enhanced by providing the required level of moisture and oxygen. In addition to oxygen, microorganisms also need nitrogen, phosphorus, potassium and the presence of trace elements. These substances are contained in manure, various wastes.

Improved agrotechnical measures aimed at reducing the energy intensity of tillage, increasing the economic efficiency of crop rotations on the background of fertilizer systems, the impact of basic tillage and fertilizer systems on the dynamics of the number of microorganisms, the content of nutrients and humus in the soil.

Key words: fertilizer system, basic soil cultivation system, soil fertility, yield, crop rotation productivity, product quality, energy efficiency.