

УДК 631.445.4:631.582 /.8

Вплив систем удобрення на зміну агрохімічних властивостей чорнозему типового за використання побічної продукції просапних культур сівозміни упродовж ротації як органічного добрива

Примак І.Д. , Войтовик М.В., Панченко О.Б., Присяжнюк Н.М.,Образій С.В. , Панченко І.А., Філіпова Л.М. *Білоцерківський національний аграрний університет*

Примак І.Д., Войтовик М.В., Панченко О.Б., Присяжнюк Н.М., Образій С.В., Панченко І.А., Філіпова Л.М. Вплив систем удобрення на зміну агрохімічних властивостей чорнозему типового за використання побічної продукції просапних культур сівозміни упродовж ротації як органічного добрива. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2020. № 2. С. 147–159.

Prymak I.D., Vojtovyk M.V., Panchenko O.B., Prysjajzhnjuk N.M., Obrazhij S.V., Panchenko I.A., Filipova L.M. Vplyv system udobrennja na zminu agrohichnyh vlastyvostryj chornozemu typrovogo za vykorystannja pobichnoi' produkciij' prosapnyh kul'tur sivozminy uprodovzh rotacij' jak organichnogo dobryva. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2020. no. 2, pp. 147–159.

Рукопис отримано: 23.10.2020 р.

Прийнято: 06.11.2020 р.

Затверджено до друку: 24.11.2020 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-147-159

Загалом у сівозміні за нульового, першого і другого рівнів удобрення середньорічний убуток гумусу становив відповідно 1,96; 1,14 і 0,24 т/га, а за третього рівня відмічено зростання цього показника на 0,44 т/га. За найвищої норми добрив запаси азоту загального загалом у сівозміні зросли на 0,89 т/га. Щорічне застосування 12 т гною + N₉₅P₈₂K₇₂ на гектар ріллі забезпечило бездефіцитний баланс гумусу в сівозміні, незначне зниження в орному шарі за п'ять років амонійного азоту в ґрунті (на 2,3 %), що не перевищило НР_{0,05}. За найвищої норми добрив вміст азоту амонійного в чорноземі типовому за п'ять років підвищився загалом у сівозміні на 2,0 мг/кг.

Норма добрив 12 т/га гною + N₉₅P₈₂K₇₂ забезпечила стабілізацію вмісту в ґрунті азоту мінерального, а 16 т/га гною + N₁₁₂P₁₀₀K₈₆ – його істотне зростання загалом у сівозміні.

Збільшення вмісту доступного фосфору й обмінного калію в ґрунті за внесення 12 т/га гною + N₉₅P₈₂K₇₂ виявилось не істотним і становило 1,0 мг/кг. Найвища норма добрив істотно підвищила вміст цих поживних речовин в орному шарі чорнозему типового.

Величина обмінної кислотності за п'ять років за нульового, першого, другого і третього рівнів удобрення зменшилася відповідно на 0,11; 0,10; 0,16 і 0,22 загалом у сівозміні за НР_{0,05} 0,12. Гідролітична кислотність ґрунту за ротацію сівозміни за нульового і першого рівнів добрив підвищилася на 0,15, а за другого і третього – відповідно на 0,20 і 0,28 мг–екв/100г.

На удобрених і неудобрених ділянках ступінь насичення ґрунту основами за ротаційний період зменшився, однак істотно лише за внесення на гектар ріллі 16 т гною + N₁₁₂P₁₀₀K₈₆.

Вміст обмінних катіонів кальцію в ґрунті істотно знизився лише за щорічного застосування впродовж ротації найвищої норми добрив. Істотних відхилень вмісту в ґрунті обмінних катіонів магнію не виявлено.

Продуктивність сівозміни на неудобрених ділянках, удобрених 8 т/га гною + N₇₆P₆₄K₅₇, 12 т гною + N₉₅P₈₂K₇₂ і 16 т гною + N₁₁₂P₁₀₀K₈₆, становила відповідно 2,35; 3,61; 4,77 і 5,77 т/га сухої речовини, 3,21; 5,04; 6,64 і 8,00 т/га кормових одиниць, 0,296; 0,422; 0,560 і 0,691 т/га перетравного протеїну за НР_{0,05} відповідно 0,38; 0,51 і 0,043 т/га.

Ключові слова: добрива, сівозміна, ґрунт, культура, агрохімічні властивості, ротаційний період, урожайність, продуктивність.

Постановка проблеми. Наразі Україна, займаючи лише 4 % світової площі сучасного сільськогосподарського землеробства і маючи у власності 13–14 % європейських і 6–8 % світових запасів чорноземів, залишається найбільш бідною країною на континенті, знаходячись у стані затяжної економічної і екологічної кризи та продовольчої небезпеки. І це попри те, що цар ґрунтів (як називав чорнозем основоположник генетичного ґрунтознавства В. В. Докучаєв) становить 73 % площі орних земель і майже 65 % території держави [1].

Науковці вважають вміст і якісний склад гумусу інтегральним показником родючості ґрунтів. Зважаючи на це, серед 13 видів ґрунтових деградацій «пальму першості» аграрії віддають дегуміфікації, внаслідок якої чорноземні ґрунти країни щорічно втрачають понад 1 т/га гумусу [2].

За 133 роки (1882–2015 рр.) вміст гумусу в ґрунтах України зменшився на 1,01 % (24,2 % вихідного рівня), у тому числі в Лісостепу на 1,3 % (28,8 %) [2]. Упродовж 2006–2010 років баланс ґрунтового гумусу гостродефіцитний (0,40–0,53 т/га), а в 2011–2015 роках – дефіцитний (0,13 т/га). В останні роки дефіцит гумусу дещо зменшився завдяки використанню побічної продукції рослинництва як органічного добрива [3].

Найважливішим ресурсом відтворення ґрунтового гумусу та забезпечення його бездефіцитного чи додатного балансу залишається раціональне використання нетоварної частини врожаю, рослинних решток, органічних, зокрема і зелених, добрив.

Упродовж 2011–2015 рр. на кожний гектар орних земель держави внесено лише півтонни гною, що менше рекомендованих норм його внесення в 16–28 разів. Доречно зазначити, що в 1985 р. цей показник становив 9,4 т/га [2].

Домінуюче значення гумусу в ґрунтовій родючості доводить те, що 50–60 % азоту, який відчужується з урожаем основної і побічної продукції, ґрунтового походження, тобто азот гумусу. Отже, за вирощування всіх культур, за винятком багаторічних трав, спостерігаються неминучі втрати гумусу, які становлять з орного шару 0,5–0,6 т/га під ярими зерновими, 0,7 – пшеницею озимою, 1,0 – горохом та кукурудзою, 1,5 т/га – буряками цукровими [4]. За урожайності сіна багаторічних трав 4–5 т/га в ґрунті утворюється приблизно 800–900 кг/га гумусу, а із 1 т соломи і гною відповідно до 170–180 і 50–60 кг [5].

Упродовж 2011–2015 років українські хлібороби щорічно вносили на кожний гектар ріллі лише 76 кг/га діючої речовини NPK, що спричинило дефіцитний баланс (47,5 кг/га) по-

живних речовин, у тому числі 20 кг/га азоту, 12,3 – фосфору і 15,2 кг/га калію [2].

Встановлено, що бездефіцитний баланс фосфору в ґрунті спостерігається за внесення його з добривами у кількості (залежно від вмісту в ґрунті фосфору), що становить 100–150 %, а калію – 90–100 % від виносу врожайми. У сівозмінах без бобових культурних рослин цей показник за азотом має становити не менш як 80–90 % (решта витрат цього елемента живлення поповнюється завдяки несимбіотичній азотфіксації) [6]. Розрахунок норм внесення мінеральних добрив необхідно проводити щонайменше для забезпечення врівноваженого балансу поживних речовин у сівозмінах, за якого обсяги застосування мінеральних туків компенсують винос елементів зольного і азотного живлення рослин урожаем культур з ґрунту [3].

Вітчизняні науковці вказують на глобальний характер перерозподілу поживних речовин, про що свідчать дефіцитний баланс їх у рільництві та вивезення за межі держави у складі експортованої сільськогосподарської (передусім землеробської) продукції. Значна частка їх безповоротно вибуває з малого колообігу поживних речовин в агрокосистемах держави [3]. Вчені вкотре переконують аграріїв у необхідності проектування і дотримання науково обґрунтованих сівозмін і систем удобрення в них, раціонального використання нетоварної частини урожаю з метою поповнення ґрунту органічною речовиною. Науковці застерігають щодо неприпустимості незбалансованих норм внесення органічних і мінеральних добрив, перекирвання одного поживного елемента іншим.

Систематичне застосування фізіологічно та хімічно кислих мінеральних добрив, низьких норм внесення органічних добрив, ігнорування закону повернення поживних речовин (насамперед кальцію і магнію) в ґрунт, нехтування іншими складовими втратами з ґрунту кальцію і магнію (вимивання, гідроліз алюмінію, мінералізація багатих на вуглеводи і бідних на азотвмісні сполуки свіжих рослинних решток, кислотні дощі) – це основні причини декальцинації орних земель України. Площа кислих ґрунтів в Україні сягнула 4 млн га, половина з яких знаходиться в Лісостепу.

Слід зазначити, що кислотна деградація сільськогосподарських земель – одна з найактуальніших і найгостріших проблем не лише вітчизняного, а й світового землеробства. Як стверджують науковці України, кислі ґрунти потребують вапнування залежно від їх генезису та ареалу поширення через кожні 4–9 років [6].

Аналіз останніх досліджень. Відомо, що втрати ґрунтового гумусу значно посилюють-

ся за дефіциту внесення органічних добрив, а живлення культурних рослин відбувається завдяки прискореній мінералізації органічних речовин ґрунту. За внесення оптимальних норм мінеральних туків для забезпечення урожайності зерна пшениці озимої на рівні 4 т/га (соломи 5,0 т/га) і коренеплодів буряків цукрових 40 т/га щорічні втрати гумусу на чорноземних ґрунтах становили відповідно 1,0–1,3 і 2,5 т/га, а середньобогаторічні сягали 1,0–1,5 т/га [7].

Щорічне внесення впродовж 50 років в зернопросапній сівозміні 7,7 т/га гною $+N_{60}P_{60}K_{60}$ підвищило вміст гумусу в орному шарі чорнозему опідзоленого на 0,44 %. Абсолютні втрати ґрунтового гумусу за цей період становили на неудобрених ділянках 1,06 % (га), а удобрених мінеральними туками – 0,85 % (30,6 т/га) [8].

На чорноземі типовому вилугуваному Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за щорічного впродовж 30 років застосування 9 т/га гною $+N_{50}P_{66}K_{60}$ вміст гумусу стабілізувався у плодозмінній сівозміні на рівні 3,32 %, зернопросапній – 3,53 %, а на неудобрених ділянках – відповідно 3,07 і 3,26 % [9].

Науковці цього інституту рекомендують господарствам підзони нестійкого зволоження Лісостепу зі слабкорозвинутим тваринництвом або за його відсутності використовувати всю нетоварну продукцію культурних рослин як добриво для поповнення чорноземних ґрунтів органічною речовиною у поєднанні з оптимальними нормами мінеральних туків, які становлять на один гектар ріллі: $N_{50}P_{43}K_{50}$ – для чорноземів опідзолених важкосуглинкових у польових десятипільних зернотрав'янопросапних (плодозмінних) сівозмінах за величини ГТК 1,1; $N_{50}P_{66}K_{66}$ – для чорноземів типових вилугуваних середньосуглинкових у польових шестипільних десятипільних зернопросапних сівозмінах за величини ГТК 1,3; $N_{43}P_{43}K_{43}$ для чорноземів типових вилугуваних середньосуглинкових у польових шестипільних плодозмінних сівозмінах за величини ГТК 1,5 [10].

Використання побічної продукції землеробства для поповнення чорнозему типового малогумусного важкосуглинкового органічною речовиною забезпечує додатний баланс гумусу у сівозміні. Розширене відтворення ґрунтового гумусу у сівозмінах Лівобережного Лісостепу України спостерігається за внесення на гектар орної землі 10 т гною $+N_{53}P_{60}K_{60}$ і використання нетоварної частини урожаю як добрива [11].

Внесення впродовж трьох ротацій десятипільних сівозмін 9 т/га гною $+N_{50}P_{66}K_{66}$ підвищило вміст в чорноземі типовому вилугуваному рухомого фосфору від середнього рівня до

високого за ГТК 1,3. Найвищим цей показник виявився в зернопросапній сівозміні – 290 мг/кг. У чорноземі типовому за ГТК 0,9–1,0 оптимальні умови живлення рослин фосфором спостерігаються за внесення у плодозмінній сівозміні на гектар ріллі 7,5 т гною $+N_{26}P_{41}K_{33}$. Застосування на чорноземі типовому вилугуваному за ГТК 1,3 9,5 т/га гною $+N_{50}P_{66}K_{66}$ підвищило вміст обмінного калію в орному шарі наприкінці третьої ротації на 29 мг/кг в плодозмінній сівозміні, 32 – просапній і на 38 мг/кг – у зернопросапній сівозміні, порівнюючи з вихідним показником [12].

На чорноземах вилугуваних у сівозмінах з бобовими культурами оптимального балансу поживних речовин досягають внесенням 12 т/га гною $+N_{46}P_{51}K_{59}$ [13].

Національний університет біоресурсів і природокористування України рекомендує на чорноземі типовому малогумусному середньосуглинковому в типовій польовій зернопросапній десятипільній сівозміні Правобережного Лісостепу за екологічного землеробства вносити 18 т/га органічних добрив (12 т гною + 6 т побічної продукції + 6 т зеленої маси сидератів) $+N_{46}P_{49}K_{55}$, що підвищує вміст і запаси загального гумусу в ґрунті та забезпечує агро-екологічно обґрунтований баланс поживних речовин в сівозміні [14].

Оскільки більшість мінеральних добрив є фізіологічно кислими, то за їх тривалого застосування спостерігається підкислення ґрунтового розчину, зростання гідролітичної кислотності, зменшення ступеня насичення ґрунту основами, що спричиняє вимивання лужноземельних і лужних металів [15].

За простого і розширеного відтворення ґрунтового гумусу у віковому циклі зростання його вмісту чорнозему типовому малогумусному рівноцінні відповідно 25–30 і 35–40 т/га. Рідке зниження вмісту ґрунтового гумусу спостерігається лише у перші 25–30 років з початку розорювання цілинних перелогових земель. За подальшого використання чорноземів процеси мінералізації і гуміфікації стабілізуються, а за високої культури рільництва мінералізація уповільнюється, а тип гумусоутворення залишається екстенсивним. На чорноземах типових малогумусних Лівобережного Лісостепу України для простого і розширеного відтворення ґрунтового гумусу рекомендовано вносити відповідно 10–12 і 14–15 т/га гною [16].

На чорноземі звичайному середньогумусному Кіровоградського інституту агропромислового виробництва внесення 10 т/га гною $+N_{51}P_{50}K_{44}$ інтенсивної сівозміни з чорним паром і 7 т/га гною + 1,1 т/га соломи $+N_{41}P_{46}K_{40}$

альтернативної сівозміни з зайнятим паром не забезпечило стабілізацію гумусу: його вміст зменшився на 0,04 %, сума вбирних основ зросла відповідно на 2,91 в першій і 2,53 мг–екв/100 г у другій сівозміні, а гідролітична кислотність – відповідно на 0,49 і 0,73 мг–екв/100 г ґрунту. Застосування 5 т/га сухої маси нетоварної продукції кукурудзи і ячменю ярого як органічного добрива уповільнювало мінералізацію гумусу у 1,5–2 рази [17].

У стаціонарній десятипільній зернопросапній сівозміні ТОВ «Агрофірма Колос» Сквирського району Київської області вміст гумусу в орному шарі чорнозему типового глибокого на неудообрених ділянках зменшився за сім років на 0,03–0,07 %. За внесення 4,5 т/га гноєкомпосту + $N_{40}P_{48}K_{54}$ цей показник підвищився на 0,04–0,07 %. За зростання норми мінеральних добрив удвічі і незмінної кількості органічних спостерігається підвищення кислотності, диспергація гумусу катіонами добрив, уповільнення приросту вмісту гумусу [18].

За внесення 12 т/га гною + $N_{50}P_{42,5}K_{50}$ спостерігалася стабілізація азотного фонду ґрунту. Наприкінці другої ротації сівозміни вміст загального азоту в орному і підорному шарах підвищився відповідно на 9 і 4 мг/100 г [19].

Упродовж двох ротацій зернопросапної сівозміни на неудообрених ділянках вміст загального азоту в орному (0–0 см) і підорному (30–0 см) шарах чорнозему опідзоленого зменшився відповідно на 16 і 9, а удообрених $N_{50}P_{42,5}K_{50}$ – на 16 і 11 мг/100 г.

Посилення темпів втрат загального азоту на удообрених туками ділянках дослідники пояснюють посиленням інтенсивності мінералізації гумусу, непродуктивними втратами азоту через вимивання і емісію та збільшенням виходу урожаєм культури [20, 1].

Внесення впродовж двох ротацій зернопросапної сівозміни $N_{50}P_{42,5}K_{50}$ підвищило вміст в орному і підорному шарах чорнозему опідзоленого рухомого фосфору відповідно на 11,2–5,6 і 5,5–,5 %. Сумарні запаси цього елемента живлення рослин у шарі 0–40 см зросли на 54,5 кг/га (13,5 %). Вміст рухомого фосфору в чорноземі опідзоленому помітно зростав за збільшення його дози у складі повного мінерального добрива в 1,5 рази. Підвищення вмісту рухомого фосфору наприкінці другої ротації сівозміни у зазначених вище шарах ґрунту становило відповідно 44,3 і 9,3 % за внесення 12 т/га гною + $N_{50}P_{42,5}K_{50}$ та 25,8 і 6,5 % – за застосування всієї побічної продукції культури як органічного добрива + $N_{50}P_{42,5}K_{50}$ [10].

Позитивний вплив поєданого внесення органічних і мінеральних добрив на фосфат-

ний фонд чорнозему опідзоленого встановлений також іншими науковцями [22].

На думку більшості дослідників, ефективнішим у формуванні калійного фонду ґрунту є сумісне використання органічних і мінеральних добрив [23, 24]. Поєднання мінеральних і органічних добрив уповільнює перехід в ґрунтовий розчин калію, забезпечує рівномірним цей процес, що зменшує фіксацію та вимивання цього елемента живлення рослин за межі ґрунтового профілю [25].

Відомо, що побічна продукція рослинництва виносить значну кількість калію, а тому використання її на добриво є запорукою поліпшення калійного режиму ґрунту [26].

Стабілізацію рухомого калію зафіксовано в чорноземі опідзоленому впродовж п'яти ротацій зернопросапної сівозміни. За даними досліджень, чорноземи зберігають сталий вміст рухомого калію у верхніх шарах досить тривалий час без внесення добрив. Таке явище науковці пов'язують з високими валовими запасами цього елемента в чорноземах та здатність останніх підтримувати динамічну рівновагу між його формами [27, 28, 29].

Мета дослідження – вивчити вплив п'ятирічного застосування чотирьох систем удобрення на зміну агрохімічних показників родючості орного (0–30 см) шару ґрунту, урожайності культур і продуктивності польової зернопросапної п'ятипільної сівозміни за умови використання побічної продукції на добриво.

Матеріал і методи дослідження. Експериментальна робота виконана впродовж 2015–2019 рр. на чорноземі типовому глибокому середньогосуглинковому дослідного поля Білоцерківського НАУ в стаціонарній сівозміні. Повторність досліду – триразова, площа посівних ділянок – 171 м², облікових – 112 м².

Схемою досліду передбачено вивчення чотирьох систем (рівнів) удобрення (табл. 1).

З добрив застосовували напівперепрілий гній великої рогатої худоби, аміачну селітру, простий гранульований суперфосфат і калійну сіль.

Агрохімічні показники орного шару ґрунту визначали за загальноприйнятими методиками: гумус – методом Тюріна, гідролітичну кислотність – методом Каппена, обмінну – потенціометричним методом, суму увібраних основ – методом Каппена-Гільковиця, загальний азот – методом К'ельдаля, амонійний азот – за допомогою реактиву Несслера, нітратний азот – фотоколориметричним методом, обмінний кальцій і магній – трилонометричним методом, обмінний калій і рухомий фосфор – модифікованим методом Чирикова [16].

Таблиця 1 – Системи удобрення під культури польової зернопрорасної сівозмін

№ поля	Культури сівозміни	Рівень удобрення	Гній т/га	Мінеральні добрива, кг/га д.р.																		
				Всього			Основне удобрення			Під передпосівну культивуацію			Рядкове удобрення			Підживлення						
				N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K				
1	Соєа	0																				
		1		30	40	30		40	30	30												
		2		40	60	40		60	40	40												
		3		60	80	60		80	60	60												
2	Пшениця озима	0																				
		1		100	70	50	30	70	50									70				
		2		125	90	70	30	90	70										95			
		3		150	110	80	30	110	80										120			
	Гірчиця біла на сидерат	0																				
		1		15	15	15	15	15	15													
		2		15	15	15	15	15	15													
3	Соняшник	0																				
		1	20	50	50	35	50	50	35													
		2	30	80	80	50	80	80	50													
		3	40	100	100	70	100	100	70													
4	Ячмінь ярий	0																				
		1		50	40	40		40	40	50												
		2		60	50	50		50	50	60												
		3		70	60	60		60	60	70												
	Гірчиця біла на сидерат	0																				
		1		15	15	15	15	15	15													
		2		15	15	15	15	15	15													
5	Кукурудза	0																				
		1	20	120	90	100		80	100	120					10							
		2	30	140	100	120		90	120	140					10							
		3	40	150	120	130		110	130	150					10							
На 1 га сівозміни	0																					
	1	8	76	64	57	22	62	57	40					2			14					
	2	12	95	82	72	28	80	72	48					2			19					
	3	16	112	100	86	32	98	86	56					2			24					

Результати дослідження та обговорення. За п'ять років досліджень на неудобрених ділянках убуток вмісту гумусу в орному шарі ґрунту становив під соєю 0,26 %, пшеницею озимою – 0,21, соняшником – 0,28, ячменем ярим – 0,24, кукурудзою – 0,32 %, а загалом у

сівозміні – 0,26 %. За внесення найвищої норми добрив цей показник підвищився відповідно на 0,02; 0,12; 0,04; 0,03; 0,01 і 0,05 % (табл. 2).

Запаси гумусу за вказаний період на неудобрених варіантах зменшилися відповідно на 9,8; 7,8; 10,5; 9,0; 12,0 і 9,8 т/га, а за найвищого

Таблиця 2 – Зміна агрохімічних властивостей орного шару ґрунту за ротацію сівозміни (в чисельнику дробу дані за 2015 рік, в знаменнику – 2019 рік)

Культури сівозміни	Рівень удобрення	Гумус		Азот загальний		pH ксе	Нr	S	V
		%	т/га	%	т/га				
Соя	0	<u>3,42</u>	<u>128,3</u>	<u>0,26</u>	<u>9,75</u>	<u>6,25</u>	<u>2,78</u>	<u>25,4</u>	<u>90,1</u>
		3,16	118,5	0,23	8,62	6,05	2,90	25,2	89,7
	1	<u>3,40</u>	<u>127,5</u>	<u>0,27</u>	<u>10,13</u>	<u>6,14</u>	<u>2,82</u>	<u>25,8</u>	<u>90,2</u>
		3,22	120,8	0,25	9,38	6,01	2,98	26,4	89,9
	2	<u>3,44</u>	<u>129,0</u>	<u>0,26</u>	<u>9,75</u>	<u>6,22</u>	<u>2,64</u>	<u>24,8</u>	<u>90,4</u>
		3,36	126,0	0,26	9,75	6,04	2,86	25,0	89,7
	3	<u>3,43</u>	<u>128,6</u>	<u>0,28</u>	<u>10,50</u>	<u>6,18</u>	<u>2,88</u>	<u>24,6</u>	<u>89,5</u>
		3,45	129,4	0,29	10,88	5,98	3,12	23,8	88,4
Пшениця озима +гірчиця біла на сидерат	0	<u>3,39</u>	<u>127,1</u>	<u>0,26</u>	<u>9,75</u>	<u>6,23</u>	<u>2,70</u>	<u>25,0</u>	<u>90,3</u>
		3,18	119,3	0,22	8,25	6,13	2,76	24,4	89,8
	1	<u>3,40</u>	<u>127,5</u>	<u>0,27</u>	<u>10,12</u>	<u>6,18</u>	<u>2,85</u>	<u>24,5</u>	<u>89,6</u>
		3,28	123,0	0,24	9,00	6,00	2,97	24,0	89,0
	2	<u>3,42</u>	<u>128,3</u>	<u>0,28</u>	<u>10,50</u>	<u>6,22</u>	<u>2,74</u>	<u>25,2</u>	<u>90,2</u>
		3,50	131,3	0,27	10,12	5,98	3,02	24,2	88,9
	3	<u>3,44</u>	<u>129,0</u>	<u>0,30</u>	<u>11,30</u>	<u>6,20</u>	<u>2,80</u>	<u>24,6</u>	<u>89,8</u>
		3,56	133,5	0,32	12,00	5,80	3,24	23,4	87,8
Соняшник	0	<u>3,38</u>	<u>126,8</u>	<u>0,28</u>	<u>10,50</u>	<u>6,27</u>	<u>2,62</u>	<u>25,6</u>	<u>90,7</u>
		3,10	116,3	0,21	7,88	6,16	2,80	24,8	89,9
	1	<u>3,38</u>	<u>126,8</u>	<u>0,27</u>	<u>10,12</u>	<u>6,24</u>	<u>2,68</u>	<u>25,0</u>	<u>90,3</u>
		3,13	119,3	0,26	9,75	6,18	2,70	24,9	90,2
	2	<u>3,40</u>	<u>127,5</u>	<u>0,28</u>	<u>10,50</u>	<u>6,22</u>	<u>2,74</u>	<u>25,2</u>	<u>90,2</u>
		3,29	123,4	0,30	11,30	6,20	2,76	26,2	90,5
	3	<u>3,40</u>	<u>127,5</u>	<u>0,29</u>	<u>10,88</u>	<u>6,21</u>	<u>2,78</u>	<u>25,6</u>	<u>90,2</u>
		3,44	129,8	0,33	12,40	6,28	2,72	26,8	90,8
Ячмінь ярий + гірчиця біла на сидерат	0	<u>3,40</u>	<u>127,5</u>	<u>0,26</u>	<u>9,75</u>	<u>6,30</u>	<u>2,74</u>	<u>25,0</u>	<u>90,1</u>
		3,16	118,5	0,24	9,00	6,26	2,82	24,6	89,7
	1	<u>3,38</u>	<u>126,8</u>	<u>0,27</u>	<u>10,12</u>	<u>6,25</u>	<u>2,76</u>	<u>24,7</u>	<u>90,0</u>
		3,24	121,5	0,25	9,38	6,28	2,90	24,2	89,3
	2	<u>3,40</u>	<u>127,5</u>	<u>0,28</u>	<u>10,50</u>	<u>6,20</u>	<u>2,78</u>	<u>25,4</u>	<u>90,1</u>
		3,42	128,3	0,29	10,90	6,10	2,98	24,8	89,3
	3	<u>3,42</u>	<u>128,3</u>	<u>0,30</u>	<u>11,25</u>	<u>6,16</u>	<u>2,80</u>	<u>25,0</u>	<u>89,9</u>
		3,45	129,4	0,34	12,75	6,02	3,14	23,6	88,3
Кукурудза	0	<u>3,40</u>	<u>127,5</u>	<u>0,28</u>	<u>10,50</u>	<u>6,16</u>	<u>2,96</u>	<u>24,4</u>	<u>89,2</u>
		3,08	115,5	0,21	7,88	6,05	3,28	23,0	87,5
	1	<u>3,40</u>	<u>127,5</u>	<u>0,29</u>	<u>10,88</u>	<u>6,12</u>	<u>3,02</u>	<u>24,0</u>	<u>88,8</u>
		3,28	123,0	0,26	9,75	5,98	3,34	22,4	87,0
	2	<u>3,38</u>	<u>126,8</u>	<u>0,32</u>	<u>12,00</u>	<u>6,14</u>	<u>3,12</u>	<u>23,8</u>	<u>88,4</u>
		3,30	123,8	0,30	11,25	5,86	3,40	22,8	87,0
	3	<u>3,37</u>	<u>126,4</u>	<u>0,34</u>	<u>12,75</u>	<u>6,12</u>	<u>3,16</u>	<u>24,0</u>	<u>88,4</u>
		3,38	126,8	0,35	13,12	5,68	3,56	21,8	86,0
НР _{0,05}		0,05	1,8	0,02	0,66	0,12	0,08	0,8	1,3

рівня удобрення зросли на 0,8; 4,5; 2,3; 1,1; 0,4 і 2,2 т/га. Загалом у сівозміні за нульового, першого і другого рівнів удобрення середньорічний убуток гумусу становив відповідно 1,96; 1,14 і 0,24 т/га, а за третього рівня відмічено зростання цього показника на 0,44 т/га.

Найбільший убуток запасів азоту загально-го за ротацію сівозміни на неудобрених ділян-

ках зафіксовано під соняшником і кукурудзою – 2,62 т/га, найменший під ячменем ярим – 0,75 т/га. За найвищої норми добрив цей показник за п'ятирічний період підвищився під соєю на 0,38 т/га, пшеницею озимою – 0,70, соняшником – 1,52, ячменем ярим – 1,50, кукурудзою – 0,38 т/га, а загалом у сівозміні – на 0,89 т/га. Щорічне застосування 12 т гною + N₉₅P₈₂K₇₂

на гектар ріллі забезпечило бездефіцитний баланс гумусу в сівозміні. На неудообрених ділянках загалом у сівозміні спостерігали щорічні втрати запасів гумусу в кількості 0,34 т/га, а удообрених 16 т/га гною + $N_{95}P_{82}K_{72}$ – підвищення, що становило 0,18 т/га.

Величина обмінної кислотності за п'ять років за нульового, першого, другого і третього рівнів удообрення зменшилася відповідно на 0,20; 0,13 0,18 і 0,20 під соєю; 0,10; 0,18; 0,24 і 0,40 – пшеницею озимою, 0,11; 0,14; 0,28 і 0,44 – кукурудзою, 0,11; 0,10; 0,16 і 0,22 – загалом у сівозміні за НР_{0,05} 0,12. Під сояшником зростаючі норми добрив стримували зниження цього показника, а за найвищої норми він навіть підвищився на 0,07, наближаючись до нейтрального рівня, однак ці зміни не досягли статистично значущих величин. У полях пшениці озимої і кукурудзи чітко простежується зменшення обмінної кислотності за ротацийний період, порівнюючи з вихідним значенням, за збільшення рівня внесених добрив. Водночас на удообрених ділянках ці відмінності в показниках набували істотних значень.

Гідролітична кислотність ґрунту за п'ять років під соєю, пшеницею озимою і ячменем ярим з підвищенням норм добрив зростала. Так, під пшеницею озимою на неудообрених варіантах, удообрених $N_{100}P_{70}K_{50}$, $N_{125}P_{90}K_{70}$ і $N_{150}P_{100}K_{80}$, цей показник у 2019 році проти 2015 року, підвищився відповідно на 0,06; 0,12; 0,28 і 0,44 за НР_{0,05} 0,08 мг-екв/100 г.

Під кукурудзою на неудообрених ділянках і удообрених 20 т/га гною + $N_{120}P_{90}K_{100}$ зафіксовано зростання цього показника на 0,32; вищі норми добрив забезпечили різницю ще помітнішу, що досягла 0,40 мг-екв/100 г. Під сояшником вона виявилася істотною лише на неудообрених ділянках.

Загалом у сівозміні гідролітична кислотність ґрунту за п'ять років за нульового і першого рівнів добрив підвищилася на 0,15, а за другого і третього – відповідно на 0,20 і 0,28 мг-екв/100г.

Сума увібраних основ за п'ять років під пшеницею озимою, ячменем ярим і кукурудзою зменшилася, причому істотно під першою культурою за другого і третього рівнів добрив, другою – за найвищої норми, а під третьою – на всіх варіантах дослідів. В останньому випадку ця різниця коливалася від 1,0 до 2,2 мг-екв/100г.

Під соєю цей показник істотно знижувався за найвищої норми добрив, а під сояшником – на неудообрених ділянках та істотно підвищився за другого і третього рівнів добрив.

Загалом у сівозміні істотне зменшення суми увібраних основ за ротацию сівозміни зафіксоване за норми добрив 16 т/га гною + $N_{112}P_{100}K_{86}$.

Під всіма культурами сівозміни, за виключенням сояшнику, спостерігається зниження за п'ять років ступеня насичення ґрунту основами на всіх варіантах дослідів. Під олійною культурою за другої і третьої норм добрив цей показник підвищився на 0,3 і 0,6 % відповідно.

Слід зазначити, що під соєю і сояшником зміни ступеня насичення ґрунту основами не досягли статистично значущих величин на всіх ділянках дослідів. Під пшеницею озимою і ячменем ярим істотне зниження цього показника (відповідно на 2,0 і 1,6 %) зафіксоване за найвищої норми добрив, а під кукурудзою – на всіх варіантах дослідів.

Загалом у сівозміні як на удообрених, так і неудообрених ділянках ступінь насичення ґрунту основами за ротацийний період зменшився, однак істотно лише за внесення на гектар ріллі 16 т гною + $N_{112}P_{100}K_{86}$.

Убуток азоту амонійного під культурами сівозміни за ротацию на неудообрених ділянках коливався в інтервалі 3,2–4,4 мг/кг. Встановлено, що навіть на ділянках з внесенням під пшеницею озиму $N_{100}P_{70}K_{50}$ і ячміль ярим $N_{50}P_{40}K_{40}$ не зменшує цю величину, яка досягла відповідно 5,4 і 4,4 мг/га, що пов'язано з високою продуктивністю цих рослин. А норми добрив 30 т/га гною + $N_{80}P_{80}K_{50}$ під сояшник, $N_{60}P_{50}K_{50}$ – ячміль ярим, 30 т/га гною + $N_{140}P_{100}K_{120}$ – під кукурудзу забезпечили зростання цього показника під олійною культурою та стабілізацію його під зерновими рослинами. За внесення під пшеницею озиму $N_{125}P_{90}K_{70}$ вміст азоту амонійного в ґрунті за ротацию сівозміни зменшився на 13,7 %, або 2,3 мг/кг (табл. 3).

Застосування 12 т гною + $N_{95}P_{82}K_{72}$ на гектар ріллі сівозміни спричинило незначне зниження (на 2,3 %) цього показника, і ця різниця не перевищила НР_{0,05}.

За найвищих норм добрив вміст азоту амонійного в чорноземі типовому за п'ять років підвищився під соєю на 0,8 мг/кг, пшеницею озимою – 1,6, сояшником – 2,3, ячменем ярим – 0,6, кукурудзою – 4,8, а загалом у сівозміні – на 2,0 мг/кг.

На неудообрених ділянках під всіма культурами спостерігалось зменшення вмісту азоту мінерального за п'ять років у межах 4,3–6,2 мг/кг. За внесення першого рівня добрив цей показник теж знизився: під соєю – на 8,2 % (2,5 мг/кг), пшеницею озимою – 4,0 % (1,1 мг/кг), сояшником – 4,1 % (1,3 мг/кг), ячменем ярим – 7,6 % (2,2 мг/кг), кукурудзою – 11,9 % (3,8 мг/кг), а загалом у сівозміні – на 7,3 % (2,2 мг/кг). Виходячи з показника НР_{0,05}, що становить 1,2 мг/кг, лише під пшеницею озимою цей убуток неістотний. Норма добрив 12 т/га гною +

Таблиця 3 – Зміна вмісту в орному шарі ґрунту елементів зольного і азотного живлення рослин залежно від систем удобрення культур сівозміни впродовж ротаційного періоду (в чисельнику дробу дані за 2015 рік, в знаменнику –2019 рік)

Культури сівозміни	Рівень удобрення	Азот амонійний	Азот мінеральний	Фосфор рухомий	Калій обмінний	Ca ²⁺	Mg ²⁺
		мг/кг				мг-екв/100 г	
Со́я	0	15,5	26,4	104	88,4	16,5	3,9
		12,0	21,9	96	73,6	16,0	3,3
	1	16,4	30,5	116	88,8	16,7	3,7
		12,8	28,0	104	88,4	16,1	3,9
2	17,8	35,2	122	90,2	17,0	3,5	
	16,4	36,4	120	92,6	16,7	3,1	
3	19,0	38,0	130	94,0	16,0	3,2	
	19,8	42,5	134	98,8	15,4	2,9	
Пшени́ця озима + гірчи́ця біла на сидерат	0	14,8	24,0	99	89,9	16,7	4,0
		10,6	18,2	90	75,4	16,5	3,5
	1	15,6	27,6	124	90,4	16,5	3,5
		10,2	26,5	118	85,2	16,0	3,8
2	16,8	30,4	128	96,0	16,2	3,2	
	14,5	30,0	130	97,2	15,6	2,8	
3	18,8	40,2	144	95,2	16,8	3,4	
	20,4	42,8	146	102,0	14,8	2,5	
Со́няшник	0	12,8	25,8	98	85,3	17,2	3,8
		9,6	19,6	85	70,1	17,4	4,2
	1	14,0	31,5	118	88,1	17,0	4,0
		11,6	30,2	116	80,4	16,8	3,7
2	19,8	38,4	126	92,2	16,5	3,7	
	20,8	40,6	128	90,4	16,8	4,0	
3	22,5	39,6	130	98,8	16,4	3,8	
	24,8	43,2	140	110,0	16,5	4,5	
Ячмі́нь ярий+ гірчи́ця біла на сидерат	0	13,6	25,9	100	85,0	16,3	3,2
		9,2	21,6	92	79,6	15,9	3,0
	1	14,8	28,8	112	87,2	16,5	3,3
		10,4	26,6	108	84,8	16,0	3,1
2	15,6	29,4	116	88,1	16,4	3,1	
	15,2	30,6	120	90,6	15,8	2,9	
3	17,4	31,2	121	92,4	16,7	3,0	
	18,0	33,4	129	98,8	15,6	2,8	
Ку́курудза	0	12,2	28,2	99	86,2	16,0	3,1
		8,4	23,4	86	75,1	15,5	2,8
	1	17,0	32,0	114	86,8	16,2	3,4
		15,2	28,2	102	82,4	15,8	3,0
2	18,4	34,6	127	87,5	16,4	3,2	
	18,2	33,8	129	88,1	15,6	3,2	
3	19,2	36,0	139	88,4	16,3	3,3	
	24,0	38,4	148	90,8	15,0	2,8	
НІР _{0,05}		1,2	1,2	3,4	2,3	0,8	0,5

N₉₅ P₈₂ K₇₂ забезпечила стабілізацію вмісту в ґрунті азоту мінерального, а 16 т/га гною + N₁₁₂ P₁₀₀ K₈₆ – його істотне зростання загалом у сівозміні.

На неудобрених ділянках спостерігається істотне зниження вмісту доступного фосфору в

ґрунті під всіма культурами сівозміни. За найнижчої норми добрив зафіксовано зменшення цього показника також під всіма агрофітоценозами, однак убуток неістотний під соняшником. Так, зокрема, за першого рівня добрив убуток за п'ять років рухомих форм фосфору

під соєю досяг 10,3 % (12,0 мг/кг), пшеницею озимою – 4,8 % (6,0 мг/кг), сояшником – 1,7 % (2,0 мг/кг), ячменем ярим – 3,6 % (4,0 мг/кг), кукурудзою – 10,5 % (12,0 мг/кг), а загалом у сівозміні – 6,0 % (7,0 мг/кг). Внесення другого рівня добрив забезпечило зростання цього показника під пшеницею озимою, сояшником і кукурудзою на 2,0 мг/кг, ячменем ярим – 4,0 мг/кг та зменшення під соєю на 2,0 мг/кг за величини $\text{NIP}_{0,05}$ 3,4 мг/кг.

Загалом у сівозміні підвищення вмісту P_2O_5 в ґрунті за цього рівня удобрення (12 т/га гною + $\text{N}_{95}\text{P}_{82}\text{K}_{72}$) виявилось неістотним і становило 1,0 мг/кг.

Найвища норма добрив істотно підвищила вміст доступного фосфору в ґрунті під культурами сівозміні, за винятком пшениці озимої, де цей показник становив 2,0 мг/кг. Найбільше зростання його за ротацію зафіксовано під ячменем ярим – 6,6 % (8,0 мг/кг), кукурудзою – 6,5 % (9,0 мг/кг) і сояшником – 7,7 % (10,0 мг/кг), а загалом у сівозміні – 4,5 % (6,0 мг/кг).

Вміст обмінного калію в чорноземі типово-му істотно знизився за п'ять років на неудо-бренних ділянках під всіма культурами сівозміні (під ячменем ярим найменше – 5,4 мг/кг, під сояшником найбільше – 15,2 мг/кг). За першого рівня добрив під пшеницею озимою, сояшником, ячменем ярим і кукурудзою також зафіксовано істотне зниження цього показника, і лише під соєю цього не відмічено. За другого рівня добрив цей показник істотно підвищився під соєю і ячменем ярим, а під рештою культур і загалом у сівозміні його відхилення знаходилися у межах похибки досліду. Найвища норма добрив забезпечила істотне зростання вмісту обмінного калію в ґрунті під всіма культурами сівозміні, яке становило: під соєю – 5,1 % (4,8 мг/кг), пшеницею озимою – 7,1 % (6,8 мг/кг), сояшником – 11,3 % (11,2 мг/кг), ячменем ярим – 6,9 % (6,4 мг/кг), кукурудзою – 2,7 % (2,4 мг/кг), а загалом під сівозміною – 6,6 % (6,3 мг/кг). Щорічне застосування на гектар ріллі 12 т/га гною + $\text{N}_{95}\text{P}_{82}\text{K}_{72}$ підвищило цей показник на 1,0 мг/кг, однак він не досяг статистично значущої величини.

Вміст обмінних катіонів кальцію у ґрунті за п'ятирічний період істотно не змінився під соєю і сояшником на всіх варіантах досліду. Істотне зниження його зафіксовано за внесення найвищої норми добрив під пшеницею озиму і ячмінь ярий, та другого і третього рівнів добрив під кукурудзу.

Загалом у сівозміні цей показник істотно зменшився лише за щорічного застосування впродовж ротації найвищої норми добрив.

Вміст у ґрунті обмінних катіонів магнію істотно знизився: під соєю на неудо-бренних ділянках, пшеницею озимою – на неудо-бренних і удобрених найвищою нормою добрив ділянках, кукурудзою – за найвищої норми добрив. Під ячменем ярим не помічено істотних змін цього показника на всіх ділянках досліду, а під сояшником зафіксовано істотне його зростання за найвищої норми добрив.

Загалом у сівозміні істотних відхилень його в 2019 році проти вихідного значення 2015 року не встановлено.

У середньому за п'ять років за внесення першої, другої і третьої норм добрив урожайність сої підвищилась відповідно на 0,54; 1,24 і 2,06 т/га (31,8; 72,9 і 121,2 %), пшениці озимої – 1,03; 2,55 і 3,94 т/га (26,6; 65,9 і 101,8 %), сояшнику – 0,37; 1,34 і 2,29 т/га (19,3; 69,8 і 119,3 %), ячменю ярого – 0,92; 2,11 і 2,96 т/га (33,6; 77,0 і 108,0 %), кукурудзи – 4,39; 6,73 і 8,52 т/га (129,1; 197,9 і 250,6 %), порівнюючи з неудо-бренними варіантами, за $\text{NIP}_{0,05}$ відповідно 0,31; 0,64; 0,27; 0,54 і 0,88 т/га.

Продуктивність сівозміні на неудо-бренних ділянках, удобрених першою, другою і третьою нормами добрив, становила відповідно 2,35; 3,61; 4,77 і 5,77 т/га сухої речовини, 3,21; 5,04; 6,64 і 8,00 т/га кормових одиниць, 0,296; 0,422; 0,560 і 0,691 т/га перетравного протеїну за $\text{NIP}_{0,05}$ відповідно 0,38; 0,51 і 0,043 т/га, а забезпеченість кормової одиниці перетравним протеїном – 92,2; 83,7, 84,3 і 86,4 г.

В одній кормовій одиниці основної продукції сої, пшениці озимої, сояшнику, ячменю ярого і кукурудзи вміст перетравного протеїну становив відповідно 224, 73, 185, 58 і 47 г.

Висновки. Лише за найвищої норми добрив відмічено зростання вмісту гумусу на 0,44 т/га і запасів загального азоту на 0,89 т/га в орному шарі ґрунту.

Внесення 12 т гною + $\text{N}_{95}\text{P}_{82}\text{K}_{72}$ на гектар ріллі спричинило неістотне зниження вмісту амонійного азоту. За найвищої норми добрив вміст азоту амонійного підвищився загалом у сівозміні на 2,0 мг/кг.

Норма добрив 12 т/га гною + $\text{N}_{95}\text{P}_{82}\text{K}_{72}$ забезпечила стабілізацію вмісту в орному шарі ґрунту гумусу, азоту амонійного і мінерального, а 16 т/га гною + $\text{N}_{112}\text{P}_{100}\text{K}_{86}$ – їх істотне зростання.

Найвища норма добрив істотно підвищила вміст доступного фосфору і обмінного калію в ґрунті під всіма культурами сівозміні. Обмінна кислотність за нульового, першого, другого і третього рівнів удобрення зменшилася відповідно на 0,11; 0,10; 0,16 і 0,22 за $\text{NIP}_{0,05}$ 0,12.

Гідролітична кислотність за нульового і першого рівнів добрив підвищилася на 0,15,

а за другого і третього – відповідно на 0,20 і 0,28 мг–екв/100г. Істотне зменшення суми увібраних основ, ступеня насичення ґрунту основами і вмісту обмінних катіонів кальцію за ротаційний період зафіксовано за внесення на гектар ріллі 16 т гною + $N_{112}P_{100}K_{86}$.

Продуктивність сівозміни на неудобрених ділянках, удобрених 8 т/га гною + $N_{76}P_{64}K_{57}$, 12 т гною + $N_{95}P_{82}K_{72}$ і 16 т гною + $N_{112}P_{100}K_{86}$ становила відповідно 2,35; 3,61; 4,77 і 5,77 т/га сухої речовини, 3,21; 5,04; 6,64 і 8,00 т/га кормових одиниць, 0,296; 0,422; 0,560 і 0,691 т/га перетравного протеїну за $НР_{0,05}$ відповідно 0,38; 0,51 і 0,043 т/га.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України: періодична доповідь / ред. Яцука І.П. Київ, 2015. 118 с.
2. Балюк С.А., Даниленко А.С., Фурдичко О.І. Звернення до керівництва держави щодо подолання кризової ситуації у сфері охорони земель. Вісник с.-г. науки. 2017. № 11. С. 5–8.
3. Яцук І.П., Моклячук Л.І. Екологічні індикатори зеленого зростання сільського господарства: монографія. Київ: ДІА, 2018. 159 с.
4. Чесняк Г.Я., Чесняк О.Я., Степаненко А.Я. Содержание подвижных органических веществ в черноземах мощных Лесостепи УССР как показатель окультуренности: науч. тр. Харьковского СХИ. 1970. Т. 87 (124). С. 29–36.
5. Земледелие / Г.И. Баздырев и др.; под ред. А.И. Пупонина. Москва: Колос, 2004. С. 66–69.
6. Екологічні проблеми землеробства / І.Д. Примац та ін.; за ред. І.Д. Примака. Київ: Центр учбової літератури, 2010. С. 102–103, 81 с.
7. Милащенко Н.З. Почвенно-агрохимические основы устойчивости земледелия Центральной черноземной зоны. Москва: Агропромиздат, 1991. 143 с.
8. Мартынович Л.И., Мартынович Н.Н. Влияние 50-летнего применения органических и минеральных удобрений на плодородие чернозема оподзоленного Центральной Лесостепи Правобережья УССР. Сообщение 1. Влияние систематического применения удобрений на баланс питательных веществ и органического вещества почвы в зерносвекловичном севообороте. Агрехимия. 1989. № 1. С. 30–39.
9. Петрова О.Т. Вміст гумусу в ґрунті на початку і в кінець ротації сівозміни. Цукрові буряки. 2004. № 6. С. 6–7.
10. Іваніна В.В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах: монографія. К.: ЦП Компрінт, 2016. С. 282–283.
11. Гангур В.В. Агробіологічні основи формування сівозмін різної ротації в Лівобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Чабани, 2019. 54 с.
12. Заришняк А.С., Цвей Я.П., Іваніна В.В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах / за ред. А.С. Заришняка. Київ: Аграрна наука, 2015. С. 180–185.
13. Цвей Я.П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін: монографія. Київ: ЦП Компрінт, 2014. С. 331–339.
14. Танчик С.П., Цюк О.А., Центило Л.В. Наукові основи систем землеробства: монографія. Вінниця: ТОВ Нілан-ЛТД, 2015. С. 271–274.
15. Вплив систем основного обробітку і удобрення під культури короткоротаційної сівозміни на агрохімічні властивості ґрунту / І.Д. Примац та ін. Агробіологія. 2019. № 1 (146). С. 20–29.
16. Сівозміни та родючість чорнозему Лівобережного Лісостепу: монографія / Демиденко О.В. та ін. Сміла, 2019. С. 126–127, 244–256.
17. Черячукін М.І. Наукове обґрунтування та розроблення заходів основного обробітку ґрунту в зональних системах землеробства Правобережного Степу України: автореф. дис. ... доктора с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2016. 51 с.
18. Центило Л.В. Агроекологічні основи відтворення родючості чорнозему типового та підвищення продуктивності агрофітоценозів Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... доктора с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2020. 41 с.
19. Юрко В.П. Форми азотосодержащих соединений в почвах Украины. Круговорот и баланс азота в системе почва-удобрения-растения-вода. Москва: Наука, 1979. С. 152–155.
20. Кудеяров В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. Москва: Наука, 1989. 216 с.
21. Leffelaar P.A. Denitrification in a homogeneous, closed system: Experimental and simulation. Soil Science. 1988. P. 335–349.
22. Мартынович Л.И., Мартынович Н.Н. Влияние 50-летнего применения органических и минеральных удобрений на плодородие чернозема оподзоленного Центральной Лесостепи Правобережной УССР. Сообщение 3. Влияние систематического применения удобрений на фосфатный режим почв в зерносвекловичном севообороте. Агрехимия. 1990. № 6. С. 25–32.
23. Господаренко Г.М. Основи інтегрованого застосування добрив: монографія. Київ: Нічлава, 2002. 344 с.
24. Дегодюк Е.Г., Никифоренко Л.І., Гамалей В.І. Регулювання калійного режиму ґрунтів. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. Київ: Урожай, 1992. С. 114–122.
25. Мартынович Л.И., Мартынович Н.Н. Влияние 50-летнего применения органических и минеральных удобрений на плодородие чернозема оподзоленного Центральной Лесостепи Правобережья УССР. Сообщение 4. Влияние систематического применения удобрений на калийный режим почвы в зерносвекловичном севообороте. Агрехимия. 1992. № 6. С. 23–28.
26. Заришняк А.С., Іваніна В.В., Колібабчук Т.В. Стабілізація біогенного балансу та продуктивність зернобурякової сівозміни. Вісник аграрної науки. № 4. 2012. С. 26–30.
27. Загорча К.Л. Оптимізація системи удобрення в польових севооборотах. Кишинев: Шшща, 1990. 287 с.
28. Носко Б.С., Бабыин В.Е. Калийный режим чернозема типичного и урожая сахарной свеклы при внесении калийных удобрений. Агрехимия. 1995. № 11. С. 15–25.
29. Пивоваров Е.Г. Влияние калийных удобрений на содержание форм калия в почве и урожайность сельскохозяйственных культур. Агрехимия. 1993. № 2. С. 44–49.
30. Основи наукових досліджень в агрономії / В.О. Єщенко та ін. Вінниця: ПП ТД Едельвейс і К, 2014. С. 185–193.

REFERENCES

1. Jacuk, I.P. (2015). Pro stan gruntiv na zemljah sil'skogospodars'kogo pryznachennja Ukrai'ny: periodychna dopovid' [On the condition of soils on agricultural lands of Ukraine: Periodic report]. Kyiv, 118 p.
2. Baljuk, S.A., Danilenko, A.S., Furdichko, O.I. (2017). Zvernennja do kerivnictva derzhavi shhodo podolannja krizovoi' situacii' u sferi ohoroni zemel' [Appeal to the state leadership to overcome the crisis situation in the field of land protection]. Visnik s.-g. nauki [Bulletin of agriculture science], no. 11, pp. 5–8.
3. Jacuk, I.P., Mokljachuk, L.I. (2018). Ekologichni indikatori zelenogo zrostannja sil'skogo gospodarstva: monografija [Ecological indicators of green agricultural growth]. Kyiv, DIA, 159 p.
4. Chesnjak, G.Ja., Chesnjak, O.Ja., Stepanenko, A.Ja. (1970). Soderzhanie podvizhnyh organicheskikh veshhestv v chernozemah moshnyh Lesostepi USSR kak pokazatel' okult'rennosti: nauch. tr. Har'kovskogo SHI [The content of mobile organic matter in the thick chernozems of the forest-steppe of the Ukrainian SSR as an indicator of cultivation: scientific works of the Kharkov Agricultural Institute]. Vol. 87 (124), pp. 29–36.
5. Bazdyrev, G.I. (2004). Zemledelie [Agriculture]. Moscow, Kolos, pp. 66–69.
6. Prymak, I.D. (2010). Ekologichni problemy zemlerobstva [Environmental problems of agriculture]. Kyiv, Center for Educational Literature, pp. 102–103, 81 p.
7. Milashhenko, N.Z. (1991). Pochvenno-agrohimičeskie osnovy ustojchivosti zemledelija Central'noj chernozemnoj zony [Soil-agrochemical foundations of the sustainability of agriculture in the Central chernozem zone]. Moscow, Agropromizdat, 143 p.
8. Martynovich, L.I., Martynovich, N.N. (1989). Vlijanie 50-letnego primenenija organicheskikh i mineral'nyh udobrenij na plodorodie chernozema opodzolenogo Central'noj Lesostepi Pravoberezh'ja USSR. Soobshhenie 1 [The influence of the 50-year use of organic and mineral fertilizers on the fertility of the podzolized chernozem of the Central Forest-Steppe of the Right Bank of the Ukrainian SSR. Message 1]. Vlijanie sistematičeskogo primenenija udobrenij na balans pitatel'nyh veshhestv i organičeskogo veshhestva pochvy v zernosvekl'ovichnom sevooborote. Agrohimija [Influence of the systematic application of fertilizers on the balance of nutrients and soil organic matter in grain beet crop rotation. Agrochemistry], no. 1, pp. 30–39.
9. Petrova, O.T. (2004). Vmíst gumusu v grunti na pochatku i v kince' rotacii' sivozmini [The content of humus in the soil at the beginning and end of crop rotation]. Cukrovi burjaki [Sugar beets], no. 6, pp. 6–7.
10. Ivanina, V.V. (2016). Biologizacija udobrennja kul'tur u sivozminah: monografija [Biologization of crop fertilizers in crop rotations]. Kyiv, CP Komprint, pp. 282–283.
11. Gangur, V.V. (2019). Agrobiologichni osnovi formuvannja sivozmin riznoi' rotacii' v Livoberezhnomu Lisostepu Ukrai'ni: avtoref. dis. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Agrobiological bases of formation of crop rotations of different rotation in the Left-Bank Forest-steppe of Ukraine: dissertation abstract Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Chabani, 54 p.
12. Zarishnjak, A.S., Cvej, Ja.P., Ivanina, V.V. (2015). Optimizacija udobrennja ta rodjuchosti gruntu v sivozminah [Optimization of fertilizer and soil fertility in crop rotations]. Kyiv, Agricultural science, pp. 180–185.
13. Cvej, Ja.P. (2014). Rodjuchist' gruntiv i produktivnist' sivozmin: monografija [Soil fertility and crop rotation productivity]. Kyiv, CP Komprint, pp. 331–339.
14. Tanchik, S.P., Cjuk, O.A., Centilo, L.V. (2015). Naukovi osnovi sistem zemlerobstva: monografija [Scientific bases of agricultural systems]. Vinnytsia, TOV Nilan-LTD, pp. 271–274.
15. Primak, I.D., Panchenko, O.B., Vojtovik, V.M. (2019). Vpliv sistem osnovnogo obrobitku i udobrennja pid kul'turi korotkorotacijnoi' sivozmini na agrohimichni vlastivosti gruntu [Influence of systems of the main cultivation and fertilizer under cultures of short-rotation crop rotation on agrochemical properties of soil]. Agrobiologija [Agrobiology], no. 1 (146), pp. 20–29.
16. Demidenko, O.V. (2019). Sivozmini ta rodjuchist' chornozemu Livoberezhnogo Lisostepu: monografija [Crop rotations and chernozem fertility of the Left-Bank Forest-Steppe]. Smila, pp. 126–127, 244–256.
17. Cheryachukin, M.I. (2016). Naukove obgruntuvannja ta rozroblennja zahodiv osnovnogo obrobitku gruntu v zonal'nyh sistemah zemlerobstva Pravoberezhnogo Stepu Ukrai'ni: avtoref. dis. ... doktora s.-g. nauk: 06.01.01 [Scientific substantiation and development of measures of the basic cultivation of soil in zonal systems of agriculture of the Right-bank Steppe of Ukraine: the author's abstract of the dissertation of the doctor of agricultural sciences: 06.01.01]. Kyiv, 51 p.
18. Centilo, L.V. (2020). Agroekologichni osnovi vidtvorennja rodjuchosti chornozemu tipovogo tapidvishhennja produktivnosti agrofitocenozi v Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrai'ni: avtoref. dis. ... doktora s.-g. nauk: spec. 06.01.01 [Agroecological bases of reproduction of fertility of chernozem typical and increase of productivity of agrophytocoenoses of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine: the author's abstract of the dissertation of the doctor of agricultural sciences: 06.01.01]. Kyiv, 41 p.
19. Jurko, V.P. (1979). Formy azotosoderzhashchih soedinenij v pochvah Ukrainy [Forms of nitrogen-containing compounds in soils of Ukraine]. Krugovorot j balans azota v sisteme pochva-udobrenija-rastenija-voda [The cycle and balance of nitrogen in the soil-fertilization-plants-water system]. Moscow, Science, pp. 152–155.
20. Kudejarov, V.N. (1989). Cikl azota v pochve i effektivnost' udobrenij [Soil nitrogen cycle and fertilizer efficiency]. Moscow, Science, 216 p.
21. Leffelaar, P.A. (1988). Denitrification in a homogeneous, closed system: Experimental and simulation. Soil Science. pp. 335–349.
22. Martynovich, L.I., Martynovich, N.N. (1990). Vlijanie 50-letnego primenenija organicheskikh i mineral'nyh udobrenij na plodorodie chernozjoma ogodzolenogo Central'noj Lesostepi Pravoberezhnoj USSR. Soobshhenie 3 [The influence of the 50-year use of organic and mineral fertilizers on the fertility of godzolized chernozem in the Central Forest-Steppe of the Right-Bank Ukrainian SSR. Message 3]. Vlijanie sistematičeskogo primenenija udobrenij na fosfatnyj rezhim pochv v zernosvekl'ovichnom sevooborote. Agrohimija [The influence of the systematic application of fertilizers on the phosphate regime of soils in the grain beet crop rotation. Agrochemistry], no. 6, pp. 25–32.

23. Gospodarenko, G.M. (2002). Osnovi integrovanogo zastosuvannya dobriv monografiya [Fundamentals of integrated fertilizer application]. Kyiv, Nichlava, 344 p.

24. Degodjuk, E.G., Nikiforenko, L.I., Gamalej, V.I. (1922). Reguljuvannya kalijnogo rezhimu gruntiv [Regulation of potassium regime of soils]. Viroshhuvannya ekologichno chistoi' produkci' roslinnctva [Growing environmentally friendly crop products]. Kyiv, Harvest, pp. 114–122.

25. Martynovich, L.I., Martynovich, N.N. (1992). Vlijanie 50-letnego primenenija organicheskikh i mineral'nyh udobrenij na plodorodie chernozema opodzolenogo Central'noj Lesostepi Pravoberezh'ja USSR. Soobshhenie 4 [The influence of the 50-year use of organic and mineral fertilizers on the fertility of the podzolized chernozem of the Central Forest-Steppe of the Right Bank of the Ukrainian SSR. Message 4]. Vlijanie sistematičeskogo primenenija udobrenij na kalijnij rezhim pochvy v zernosveklivichnom sevooborote. Agrohimija [The influence of the systematic application of fertilizers on the potassium regime of the soil in the grain beet crop rotation. Agrochemistry], no. 6, pp. 23–28.

26. Zarishnjak, A.S., Ivanina, V.V., Kolibabchuk, T.V. (2012). Stabilizacija biogenogo balansu ta produktivnist' zernoburjakovo' sivozmini [Stabilization of nutrient balance and productivity of grain beet crop rotation]. Visnik agrarnoi' nauki [Bulletin of Agricultural Science], no. 4, pp. 26–30.

27. Zagorcha, K.L. (1990). Optimizacija systemy udobrenij v polevyh sevooborotah [Optimization of fertilization systems in field crop rotations]. Chisinau, Shshshha, 287 p.

28. Nosko, B.S., Babyiin, V.E. (1995). Kalijnij rezhim chernozema tipichnogo i urozhaja saharnoj svekly pri vnesenii kalijnih udobrenij [Potash regime of typical chernozem and sugar beet yield with potash fertilization]. Agrohimija [Agrochemistry], no. 11, pp. 15–25.

29. Pivovarov, E.G. (1993). Vlijanie kalijnih udobrenij na sodержanie form kalija v pochve i urozhajnost' sel'skohozjajstvennyh kul'tur [The effect of potash fertilizers on the content of potassium forms in the soil and the yield of agricultural crops]. Agrohimija [Agrochemistry], no. 2, pp. 44–49.

30. Jeshhenko, V.O., Kopitko, P.G., Kostogriz, P.V., Oprishko, V.P. (2014). Osnovi naukovih doslidzen' v agronomii' [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, PP TD Edelveis i K, pp. 185–193.

Влияние систем удобрения на изменение агрохимических свойств чернозема типичного при использовании побочной продукции пропашных культур севооборота на протяжении ротации как органического удобрения

Примак И.Д., Войтовик М.В., Панченко А.Б., Присяжнюк Н.М., Ображий С.В., Панченко И.А., Филипова Л.Н.

В целом по севообороту при нулевом, первом и втором уровнях удобрений среднегодовая убыль гумуса составляла соответственно 1,96; 1,14 и 0,24 т/га, а при третьем уровне отмечено повышение этого показателя на 0,44 т/га. При наивысшей норме удобрений запасы азота общего в целом по севообороту возрасли на 0,89 т/а. Ежегодное применение 12 т навоза + $N_{95}P_{82}K_{72}$ на гектар пашни обеспечило бездефицитный баланс гумуса в се-

вообороте, незначительное снижение в пахотном слое за пять лет аммонийного азота в почве (на 2,3 %), что не превышало НСР_{0,05}. При наивысшей норме удобрений содержание азота аммонийного в черноземе типичном за пять лет повысилось в целом по севообороту на 2,0 мг/кг.

Норма удобрений 12 т/га навоза + $N_{95}P_{82}K_{72}$ обеспечила стабилизацию содержания в почве азота минерального, а 16 т/га навоза + $N_{112}P_{100}K_{86}$ – его существенное возрастание в целом по севообороту.

Увеличение содержания доступного фосфора и обменного калия в почве при внесении 12 т/га навоза + $N_{95}P_{82}K_{72}$ оказалось не существенным и составляло 1,0 мг/кг. Наивысшая норма удобрений существенно повысила содержание этих питательных веществ в пахотном слое чернозема типичного.

Величина обменной кислотности за пять лет при нулевом, первом, втором и третьем уровнях удобрений уменьшилась соответственно на 0,11; 0,10; 0,16 и 0,22 в целом по севообороту при НСР_{0,05} 0,12. Гидролитическая кислотность почвы за ротацию севооборота при нулевом и первом уровнях удобрений повысилась на 0,15, а при втором и третьем – соответственно на 0,20 и 0,28 мг-экв/100 г.

На удобренных и неудобренных участках степень насыщенности почвы основаниями за ротационный период уменьшилась, однако существенно лишь при внесении на гектар пашни 16 т навоза + $N_{112}P_{100}K_{86}$.

Содержание обменных катионов кальция в почве существенно снизилось лишь при ежегодном применении на протяжении ротации наивысшей нормы удобрений. Существенных отклонений содержания в почве обменных катионов магния не обнаружено.

Продуктивность севооборота на неудобренных участках, удобренных 8 т/га навоза + $N_{76}P_{64}K_{57}$, 12 т/га навоза + $N_{95}P_{82}K_{72}$ и 16 т/га навоза + $N_{112}P_{100}K_{86}$, составляла соответственно 2,35; 3,61; 4,77 и 5,77 т/га сухого вещества, 3,21; 5,04; 6,64 и 8,00 т/га кормовых единиц, 0,296; 0,422; 0,560 и 0,691 т/га переваримого протеина при НСР_{0,05} соответственно 0,38; 0,51 и 0,043 т/га.

Ключевые слова: удобрения, севооборот, почва, культура, агрохимические свойства, ротационный период, урожайность, продуктивность.

Effect of fertilizing systems on changing the agrochemical properties of black soil typical under using tilled crops rotation by-products as an organic fertilizer during the crop rotation

Prymak I., Voitovyk M., Panchenko A., Prysyzhnyuk N., Obrazhij S., Panchenko I., Filipova L.

In general, the average annual loss of humus was 1.96 t/ha, 1.14 t/ha and 0.24 t/ha, respectively, for zero, first and second fertilizer levels in crop rotation, while the increase for the third level made 0.44 t/ha. At the highest fertilizer rate, total nitrogen reserves in crop rotation increased by 0.89 t/ha. The annual application of 12 tons of manure + $N_{95}P_{82}K_{72}$ per hectare of arable land ensured a deficit-free balance of humus in crop rotations and a slight decrease of 2.3 % of ammonia nitrogen in the arable layer over five years, which did not exceed LSD_{0,05}. With the highest fertilizer rate, the ammonia nitrogen content in the black soil typical for five years increased by 2.0 mg/kg in total in crop rotations.

The fertilizer rate of 12 t/ha of manure + $N_{95}P_{82}K_{72}$ stabilized the mineral nitrogen content in the soil and the dose

of 16 t/ha of manure + N₁₁₂P₁₀₀K₈₆ significantly increased the level in the crop rotation.

Increase of available phosphorus content and potassium exchange in soil at the application of 12 t/ha of manure + N₉₅P₈₂K₇₂ was not significant and made 1.0 mg/kg. The highest fertilizer rate significantly increased the content of these nutrients in the typical black soil arable layer.

Over five years, exchange acidity at zero, first, second and third fertilizer levels decreased by 0.11, 0.10, 0.16 and 0.22, respectively, with the total for crop rotation of LSD_{0.05} 0.12. Soil hydrolytic acidity for crop rotation at zero and first fertilizer levels increased by 0.15, and at second and third fertilizer levels – by 0.20 and 0.28 mg – eq/100g, respectively.

The degree of soil saturation with the bases decreased during the rotation period at fertilized and unfertilized plots,

but significant decrease was observed only at application of 16 tons of manure + N₁₁₂P₁₀₀K₈₆ per hectare of arable land.

The content of calcium exchange cations in the soil only decreased significantly during the rotation period when the highest fertilizer rate was applied annually. No significant deviations were found in the content of magnesium exchange cations in the soil.

The crop rotations at unfertilized plots, fertilized with 8 t/ha of manure + N₇₆P₆₄K₅₇, 12 t/ha of manure + N₉₅P₈₂K₇₂ and 16 t/ha of manure + N₁₁₂P₁₀₀K₈₆ were 2.35, 3.61; 4.77 and 5.77 t/ha dry matter respectively, 3.21; 5.04; 6.64 and 8.00 t/ha feed units, 0.296; 0.422; 0.560 and 0.691 t/ha digestible protein at LDS_{0.05}, 0.38; 0.51 and 0.043 t/ha, respectively.

Key words: fertilizers, crop rotation, soil, crop, agrochemical properties, rotation period, yield, productivity.



Copyright: Примак І.Д. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Примак І.Д.
Ображій С.В.
Філіпова Л.М.

ID: <https://orcid.org/0000-0002-0094-3469>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-3532-6655>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-7447-5418>