



**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НАЦІОНАЛЬНОЇ
АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ»**

**СТАБІЛІЗАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ
ЗЕМЛЕРОБСТВА В АГРОЛАНДШАФТАХ ЛІСОСТЕПУ**

Науково-методичні рекомендації

Вінниця
2025

УДК 631.45:504.53.062.4

С 11

*Рекомендовано до друку Вченою радою ННЦ «ІЗ НААН»
(протокол № 11 від 10 листопада 2025 р.)*

Рецензенти:

- О.С. Дем'янюк** – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, заступник директора з наукової роботи Інституту агроекології і природокористування НААН;
- С.Е. Дегодюк** – доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН, завідувач відділу агрохімії ННЦ «ІЗ НААН»

С 11 Стабілізація екологічної рівноваги за різних систем землеробства в агроландшафтах Лісостепу: наук.-метод. реком. Г.В. Давидюк, Л.І. Шкарівська, І.І. Клименко, Н.І. Довбаш, М.А. Кущук, В.В. Гірник.
Вінниця : ТВОРИ 2025. 44 с.

ISBN 978-617-552-991-1

У науково-методичних рекомендаціях на основі теоретичних напрацювань і практичних результатів досліджень показано вплив систем землеробства на екологічний стан агроландшафтів і шляхи його стабілізації.

Науково-методичні рекомендації можуть бути використані сільськогосподарськими підприємствами різної форми власності, а також науково-дослідними установами підпорядкованими НААН України.

УДК 631.45:504.53.062.4

ISBN 978-617-552-991-1

© ННЦ «ІЗ НААН», 2025

© ТОВ «ТВОРИ», 2025

Зміст

ВСТУП.....	4
Основні терміни та поняття.....	5
1. Суть проблеми порушення екологічної рівноваги в агроландшафтах Лісостепу	7
2. Вплив різних систем землеробства на родючість ґрунтів	9
3. Наукові підходи оцінки зміни показників родючості ґрунту в агроландшафтах за впливу різних систем землеробства.....	28
4. Шляхи стабілізації екологічної рівноваги в агроландшафтах за різних систем землеробства в Лісостепу України.....	33
Список літератури.....	38

ВСТУП

Актуальними для сьогодення є питання усвідомлення суспільством важливості екологічної безпеки довкілля та збереження природних ресурсів. Ігнорування процесів деградації природних компонентів призводить до ерозії і забруднення ґрунтового покриву шкідливими речовинами, зниження якості поверхневих і підземних вод, погіршення стану атмосферного повітря, а також до порушення екологічної рівноваги в навколишньому середовищі. У межах Лісостепу України ґрунти характеризуються надмірною розораністю (80–90 %), що зумовлює їх високу вразливість до деградаційних процесів, як-от дегуміфікація, підкислення, підтоплення та накопичення важких металів і ксенобіотиків. Це не лише погіршує ефективність їх використання, а й знижує їх природну самовідновлювальну здатність.

Ґрунти є важливим компонентом агроландшафтів Лісостепу, які представляють собою складні функціональні системи, що включають рілля, сіножаті, пасовища та багаторічні насадження. Тривалий і надмірний агротехногенний пресинг призвів до виснаження природних властивостей ґрунтів, погіршення стану водних об'єктів і зміни біотичної складової екосистем. Це спричиняє деградацію агроландшафтів, особливо таких їх компонентів, як ґрунти, біорізноманіття, якість природних вод і продуктивність агроекосистем.

Саме тому стабілізація екологічної рівноваги в агроландшафтах Лісостепу за різних систем землеробства набуває особливої актуальності. Наукове обґрунтування принципів еколого-безпечного землекористування, оптимізація агротехнічних підходів та адаптація системи землеробства до природних умов регіону є необхідною умовою для формування збалансованої, здатної до самовідновлення та продуктивної агроландшафтною системи. Однак багато аспектів, пов'язаних із підвищенням екологічної стійкості агроландшафтів і відновленням родючості ґрунтів в умовах різних землеробських практик, залишаються недостатньо вивченими та потребують подальшого дослідження.

Основні терміни та поняття

Агроландшафт – ландшафт, змінений у процесі сільськогосподарської діяльності людини, в якому тісно взаємопов'язані абіотичні та біотичні компоненти біосфери, разом із людиною та її діяльністю.

Антропогенне навантаження – ступінь впливу людини, її господарської діяльності на навколишнє середовище та окремі його компоненти, як-от клімат, ґрунти, водойми, рослинний та тваринний світ. Це сукупність чинників, що походять від людської діяльності та змінюють природні системи.

Біогени – речовини (зокрема хімічні елементи), необхідні для існування живих організмів.

Важкі метали (ВМ) – елементи з високою атомною масою, густина яких перевищує 5 г/см³. Серед них небезпечними забруднювачами з урахуванням їхньої токсичності, стійкості, здатності до нагромадження в зовнішньому середовищі та поширенні є: свинець, ртуть, кадмій, цинк, вісмут, кобальт, нікель, мідь, олово, сурма, ванадій, марганець, хром, молібден, миш'як.

Екологічна безпека – стан та умови навколишнього природного середовища, за якого забезпечується екологічна рівновага та гарантується захист навколишнього середовища: біосфери, атмосфери, гідросфери, літосфери, космосфери, видового складу тваринного і рослинного світу, природних ресурсів, збереження здоров'я і життєдіяльності людей.

Екологічна рівновага – стан екологічного середовища (регіону, області, поселення), за якого може бути забезпечена саморегуляція і відновлення основних його компонентів – водних ресурсів, атмосферного повітря, рослинного і тваринного світу тощо.

Екологічний ризик – імовірність настання негативних наслідків від сукупності шкідливих впливів на навколишнє середовище, які спричиняють незворотну деградацію екосистем.

Екотоксиканти – хімічні забруднювачі, які можуть довго зберігатися, мігрувати та накопичуватися в природному середовищі, завдаючи токсичну

шкоду живим організмам і людині (важкі метали, нафта, діоксини та ін.). Вони можуть спричиняти порушення метаболізму, хвороби та загибель організмів.

Забруднення агроландшафту – зміна концентрації забруднювальних речовин або енергії понадфонового вмісту їх у ґрунті, воді, повітрі, продукції агроландшафту, у результаті антропогенної дії або природних чинників.

Ксенобіотики – це чужорідні для живих організмів хімічні речовини, які не входять до природного біологічного кругообігу і потрапляють ззовні, найчастіше внаслідок діяльності людини (пестициди, мийні засоби, деякі ліки, синтетичні барвники, радіонукліди та ін.). Вони можуть спричиняти алергічні реакції, мутації, хвороби, порушувати обмін речовин та послаблювати імунітет.

Мікроелементи – це хімічні елементи, що містяться у ґрунті й рослинах у незначних концентраціях, але є необхідними для забезпечення нормального перебігу фізіолого-біохімічних процесів у рослинних організмах, підтримання родючості ґрунтів та формування стійкості агроecosystem.

Моніторинг агроecологічний – система спостережень за складом довкілля, що організована в часі та просторі з метою раціонального землекористування та оптимізації технології, мінімізації шкодочинних наслідків їх застосування.

Нутрієнти або поживні речовини – хімічні речовини, які необхідні для побудови, оновлення та нормального функціонування органів, тканин і клітин, а також, як джерело енергії для виконання роботи і забезпечення життєдіяльності організму в період спокою.

Системи землеробства – сукупність організаційних, агротехнічних, біологічних, меліоративних і екологічних заходів, що регламентують способи обробітку ґрунту, удобрення, сівоzміни, захисту рослин та інших елементів технологій з метою підтримання родючості ґрунтів, отримання стабільних урожаїв і забезпечення екологічної рівноваги в агроландшафтах.

1. СУТЬ ПРОБЛЕМИ ПОРУШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЛІСОСТЕПУ

Суть проблеми порушення екологічної рівноваги в агроландшафтах Лісостепу полягає в надмірному антропогенному навантаженні на ґрунтові і водні ресурси, що проявляється у виснаженні ґрунтової родючості, дегуміфікації, ерозійних процесах, забрудненні важкими металами та залишками агрохімікатів, зниженні біорізноманіття та погіршенні якості природних вод. Неконтрольований агротехногенний вплив порушує природні механізми саморегуляції й самовідновлення агроєкосистем, що веде до зниження їх продуктивності і підвищення екологічної вразливості агроландшафтів Лісостепу.

Основною причиною деградації земель в Україні є надмірна розораність, що становить майже 54 % земельного фонду країни, причому в окремих регіонах цей показник досягає 80 % [1]. Це спричиняє розповсюдженість процесів ерозії, втрати гумусу, інші антропогенні несприятливі перетворення ґрунту [2]. Площі деградованих і малопродуктивних земель у складі орних земель коливаються від 6–7 до 10–12 млн га [3–4].

У практиці землеробства агрохімічно та екологічно обґрунтовані заходи відтворення родючості ґрунтів часто порушуються за застосування необґрунтованих систем удобрення, недотримання сівозмін і використання екологічно ризикованих технологій вирощування сільськогосподарських культур [5].

Землеробство поєднує два засоби виробництва – ґрунт і рослину. Ґрунт, на відміну від інших засобів виробництва (машини, верстати тощо), – це не лише наслідок людської праці, а продукт живої та неживої природи, який виник до зародження людської цивілізації і відрізняється тим, що за правильного використання майже не змінюється і не може бути заміненим іншим засобом. Другий засіб виробництва в землеробстві – це рослина, яка є живим організмом, що має певний термін життя і може відносно швидко поновлюватись.

Нині регіональні системи землеробства, які ще не повною мірою адаптовані до місцевих умов виробництва не забезпечують вимог екологічно орієнтованого та економічно вигідного використання оброблюваних земель, підтримання нейтрального стану земельного покриву шляхом запобігання процесам погіршення якісного стану ґрунтів, особливо в умовах активного прояву ерозійних процесів [6].

Досягнення нейтрального рівня земель потребує наукового обґрунтування та удосконалення інтегрованого управління в агроландшафтах земельними, водними, лісовими і біологічними ресурсами [7].

У Стратегії сталого розвитку України до 2030 р. операційною ціллю 6.3 є мінімізувати деградацію природних середовищ існування та припинити втрати біологічного та ландшафтного різноманіття [8].

Якість ґрунту зазнає негативного впливу від використання інтенсивних сільськогосподарських практик [9]. Використання інтенсивних технологій із високими нормами мінеральних добрив і пестицидів спричиняє прискорене винесення елементів живлення з орного шару що, своєю чергою, може створювати умови для накопичення ксенобіотиків, важких металів і токсичних сполук у ґрунтах і поверхневих водах. Антропогенні забруднювачі, важкі метали та хімічні залишки порушують цикли поживних речовин і ставлять під загрозу продовольчу безпеку. Ці забруднювачі є проблематичними через їхню стійкість у ґрунті, ускладнюючи зусилля з відновлення та створюючи ризики для здоров'я людини [10; 11].

Інтенсифікація збільшує потребу в елементах живлення, що, за недостатньої компенсації, може призводити до їх дефіциту у ґрунті [12]. Водночас за орґано-мінеральних систем із залишанням побічної продукції (гички буряка) на полі можна частково зберегти баланс поживних речовин у ґрунті – що показує, наскільки важливо враховувати систему удобрення, а не лише добриво. Винос і баланс елементів живлення в агроценозі буряків цукрових є важливими за біологізації та осучаснення систем удобрення [13].

За відсутності компенсувальних заходів (залишення поживних решток, органічні добрива, системи сівозмін, мінімальний або нульовий обробіток) існує реальний ризик довготривалого зниження запасів поживних елементів у орному шарі, тобто деградації родючості. Альтернативні або пом'якшувальні практики (органо-мінеральні системи, залишення гички/соломи, комплексне удобрення, зменшення інтенсивності обробітку) можуть частково або повністю компенсувати втрати і сприяти збереженню балансу елементів живлення.

Інтенсивна експлуатація агроecosистем без урахування природної стійкості ландшафтів призводить до посилення водної і вітрової ерозії та відображає реальну екологічну загрозу для України, особливо в регіоні Лісостепу, де переважають родючі, але схильні до ерозії ґрунти. Втрата гумусу не лише знижує родючість ґрунтів, але й порушує стабільність колообігу елементів і біологічну активність ґрунтової мікробіоти, що відображається на зниженні біорізноманіття. Порушення екологічного балансу також проявляється у збільшенні поверхневого стоку, скороченні природної фільтраційної здатності ґрунтів і зростанні ризику забруднення водних об'єктів нітратами і амонійним азотом. Як наслідок, агроландшафти стають екологічно вразливими, менш здатними до самовідновлення та потребують упровадження систем землеробства, адаптованих до природних умов Лісостепу, спрямованих на підтримання родючості ґрунтів і збереження екологічної рівноваги.

За ствердженням В. В. Медведєва та ін. (2004) подолати чи зменшити негативні наслідки кризових явищ можна за рахунок зміни співвідношень категорій земель на користь природних чи відновлених природних угідь, удосконалення агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур, а також упровадження меліоративних заходів [14].

2. ВПЛИВ РІЗНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА НА РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

Зміна рівня родючості ґрунту значною мірою залежить від впливу систем землеробства, які застосовують за вирощування сільськогосподарських культур [15]. Серед багатьох важливих функцій, які виконують сучасні системи

землеробства є їх сприяння реалізації біологічно-генетичного потенціалу гібридів і сортів широкого спектру культур, забезпечення їх високої врожайності і якості, збереження родючості ґрунтів і послаблення шкідливої дії антропогенних чинників на навколишнє природне середовище [16]. У світі перспектива розвитку землеробства одночасно пов'язана з його інтенсифікацією та екологізацією [17]. Надзвичайно актуальною проблемою на сьогодні є екологізація систем землеробства, тобто приведення їх у відповідність з екологічними законами [18]. Згідно з державним стандартом (ДСТУ 4691:2006) системою землеробства або рільництва називається комплекс технологічних, меліоративних, організаційно-економічних заходів, спрямованих на ефективне використання агрокліматичних ресурсів, відтворення родючості ґрунтів для отримання високих сталих урожаїв сільськогосподарських культур. За визначенням Ю. П. Манько та ін., система землеробства – це екологічно обґрунтований спосіб використання земної і сонячної енергії для виробництва рослинницької продукції, який об'єднує економічно обґрунтовані агротехнічні, меліоративні, організаційно-господарські заходи відтворення родючості ґрунту та охорони довкілля [19]. Під сучасним поняттям систем землеробства розуміють інтенсивне, високопродуктивне та одночасно стійке, ґрунтозахисне, енергоощадне, екологічно безпечне й економічно вигідне виробництво, яке здатне забезпечити зростання обсягів високоякісної продукції і розширене відтворення родючості ґрунту [20].

Інтенсивне землеробство забезпечує високу продуктивність сільськогосподарських культур, потребує порівняно меншої площі земель і значною мірою сприяє задоволенню постійно зростаючого попиту на харчові продукти. Однак, ця система значною мірою залежить від сільськогосподарських ресурсів, як-от вода, хімікати та енергія, що збільшує серйозні ризики у вигляді забруднення довкілля [21]. Інтенсивне науково обґрунтоване землеробство, адаптоване до нинішніх ринкових умов, потребує високопродуктивного використання придатних земель для вирощування

найбільш цінних і високоврожайних культур, сортів і гібридів з обов'язковим врахуванням широкого запровадження ефективних заходів відтворення родючості ґрунту та найновітніших досягнень сільськогосподарської науки і передового досвіду [22].

Органічне землеробство вважається екологічно безпечним завдяки відмові від зовнішніх ресурсів, як-от мінеральні добрива чи пестициди [23]. За цієї системи, у результаті складної взаємодії між різними компонентами, управління родючістю спирається на довгостроковий інтегрований підхід, а не на більш короткострокові, дуже цілеспрямовані рішення, поширені в традиційному сільському господарстві [24]. Потенційні переваги органічного виробництва виникають завдяки покращанню родючості ґрунту, вмісту органічних речовин і біологічної активності, кращій структурі ґрунту та зниженню схильності до ерозії, зменшенню забруднення внаслідок вимивання поживних речовин і пестицидів, а також покращенню біорізноманіття рослин і тварин [25].

Біологічну систему землеробства більшість науковців розглядають насамперед з позиції екології та поліпшення якості продукції. Водночас її потрібно розглядати як окремий комплекс, в якому взаємопов'язані сівозмінна, системи обробітку ґрунту, удобрення й захист рослин та інші ланки системи землеробства, оскільки продуктивність агроєкосистеми може бути забезпечена лише завдяки синхронному вдосконаленню всіх її ланок [26]. Основним недоліком екстенсивних систем землеробства є низька врожайність культур [15].

Кожна система землеробства має свої переваги та недоліки щодо впливу на фізико-хімічні та агрохімічні показники ґрунту. Цей вплив визначається методами обробітку, застосуванням добрив, сівозміною та іншими агротехнічними заходами. За інтенсивної системи землеробства може прискорюватися мінералізація гумусу, відбуватися підкислення ґрунту, вимивання поживних речовин з ґрунту, дисбаланс поживних елементів,

накопичення в ґрунті біогенних елементів і важких металів у надмірних кількостях.

Застосування органічної системи землеробства сприяє зростанню вмісту гумусу за рахунок регулярного внесення органіки та використання сидератів, підтримуванню оптимального рН, збільшенню доступності поживних речовин, активізації біологічної активності ґрунту, зменшенню вимивання поживних речовин, запобігає забрудненню ґрунту шкідливими речовинами.

Зниження родючості ґрунту через неправильне застосування систем землеробства може призводити до спаду врожайності, що загрожує продовольчій безпеці. Тому, проведення досліджень, що дають можливість виявити вплив систем землеробства на зміну родючості ґрунту є актуальним. Дослідження допомагають зрозуміти, які системи землеробства сприяють накопиченню або втраті гумусу, як вони впливають на динаміку поживних речовин, що допомагає оптимізувати внесення добрив, запобігти деградації ґрунтів, зменшити потрапляння важких металів і пестицидів у водні об'єкти та атмосферу, захищаючи біорізноманіття та здоров'я людини.

Отже, дослідження впливу систем землеробства на фізико-хімічні та агрохімічні властивості ґрунту є важливим для забезпечення сталості сільського господарства, збереження природних ресурсів, захисту навколишнього середовища та забезпечення продовольчої безпеки майбутніх поколінь.

Дослідженню особливостей різних систем землеробства присвячені праці С. А. Балюка, Б. С. Носко, С. П. Танчика, С. С. Антонця, І. Д. Примака, О. Б. Панченка, М. К. Шикнули, І. А. Шуvara, Г. А. Мазура, М. А. Ткаченка, Е. Г. Дегодюка, С. Е. Дегодюка та інших відомих науковців, але є багато питань, які потребують вивчення. Зокрема, актуальним є встановлення особливостей поживного режиму темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних систем землеробства в агроландшафтах північної частини Правобережного Лісостепу України та чорнозему типового у Лівобережному Лісостепу.

У Правобережному Лісостепу на базі стаціонарних дослідів відділів: технологій зернових колосових культур і технологій зернобобових, круп'яних і

олійних культур, розміщених у межах дослідних полів ННЦ «ІЗ НААН» (Фастівський р-н, Київська обл.), а також у Лівобережному Лісостепу на Панфільській дослідній станції ННЦ «ІЗ НААН» (Яготинський р-н, Київська обл.) у стаціонарному досліді відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях у 2021–2025 рр. був проведений відбір проб ґрунту та їх аналізування для визначення впливу різних систем землеробства за вирощування зернових і круп'яних культур у сівозмінах і беззмінних посівах на зміну основних фізико-хімічних і агрохімічних показників родючості ґрунту. Для аналізування брали 0–20 см шар ґрунту. Глибина відбору проб за оцінки якості ґрунту дає змогу дослідити фізичні та хімічні аспекти ґрунтової системи.

У стаціонарному досліді відділу технологій зернових колосових культур порівнювали варіанти, які моделювали різні системи землеробства: 1 – інтенсивну систему землеробства з внесенням $N_{105,0}P_{86,3}K_{101,3}$ мінеральних добрив на 1 га сівозмінної площі (вар. 5), 2 – біологізовану, перехідну або альтернативну (вар. 9) з внесенням органічних добрив (побічної продукції у перерахунку на 5 т/га соломи) і застосуванням N_{30} для посилення мінералізаційних процесів, 3 – органічну систему з внесенням меліорантів та органічних добрив (у дозі 5 т/га соломи щороку, вар. 10), 4 – екстенсивну систему землеробства, що передбачала лише періодичне внесення меліорантів і заорювання побічної продукції попередника (контроль, вар. 12).

Було обстежено поле № 4 у сівозміні (соя–ярі зернові культури–горох–озимі зернові культури). Ґрунт темно-сірий опідзолений. У ньому визначали: рН сольовий – іонометрично, згідно з ДСТУ ISO 10390:2007 [27]; гідролітичну кислотність – за методом Каппена в модифікації ЦІНАО (ДСТУ 7537:2014) [28]; суму ввібраних основ – титриметрично за методом Каппена–Гільковиця (ГОСТ 27821-88) [29]; уміст органічної речовини (гумус) – за методом Тюрїна (ДСТУ 4289:2004) [30]; легкогідролізний азот – за методом Корнфілда після компостування ґрунту в чашках Конвея (ДСТУ 7863:2015) [31]; рухомі сполуки фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова (ДСТУ 4115-2002) [32]; рухомі форми важких металів та мікроелементів, вилучені в буферній ацетатно-

амонійній витяжці з наступним визначенням на атомно-абсорбційному спектрофотометрі, згідно з ДСТУ 4770 (1,2,3,4,6,7,9):2007 [33]. У досліді застосовували різні землеробські прийоми відповідно до вимог технологічних карт вирощуваних культур.

Тривалими моніторинговими дослідженнями встановлено, що за весь період спостережень (1988–2025 рр.) запровадження органічної, біологізованої та різного ступеня інтенсивних систем землеробства з комплексом агротехнічних заходів сприяло стабілізації показників родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту.

Вирощування сільськогосподарських культур у сівозміні за екстенсивної системи землеробства за 37 років і періодичного проведення вапнування, не призвело до істотних змін величини обмінної кислотності. У середньому за 2021–2025 рр. цей показник був на рівні 5,4 одиниць рН (рис. 1). Гідролітична кислотність ґрунту водночас становила 1,62 м-екв/100 г ґрунту.

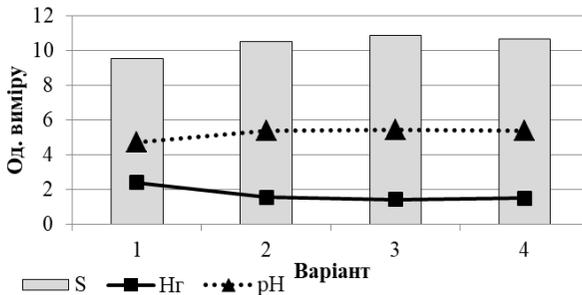


Рис. 1. Вплив різних систем землеробства на показники кислотності ґрунту, середнє за 2021–2025 рр., %

*Примітка. S – сума вбирних основ, м-екв/100 г, Hg – гідролітична кислотність, м-екв/100 г ґрунту, pH – сольовий. Варіанти: 1 – $N_{105,0}P_{86,3}K_{101,3}$ інтенсивна (вар. 5); 2 – біологізована (вар. 9) – з внесенням органічних добрив (побічної продукції у перерахунку на 5 т/га соломи) та застосуванням N_{30} для посилення мінералізаційних процесів; 3 – органічна – з внесенням меліорантів та органічних добрив (у дозі 5 т/га соломи щорічно, вар. 10); 4 – екстенсивна, що передбачала лише періодичне внесення меліорантів та заорювання побічної продукції попередника (контроль, вар. 12).

Запровадження інтенсивної системи землеробства призводило до зниження потенційної кислотності до 4,7 одиниць рН, гідролітична кислотність підвищилась, у середньому за 2021–2025 рр. у 1,1 раза. Підкислення ґрунтового розчину може мати негативний вплив на зміну рухомості біогенів і токсикантів,

активізувати процеси їх міграції, знизити активність біохімічних і мікробіологічних процесів, врожайність культур і підвищити ймовірність забруднення агроландшафту шкідливими речовинами.

За біологізованої і органічної систем землеробства рівень $pH_{\text{сол}}$ був у межах 5,2–5,7 і в середньому становив 5,4, а показники гідролітичної кислотності були нижчими відповідно у 1,1 та 1,2 раза порівняно до екстенсивної системи землеробства. Ступінь насичення основами найвищим був за органічної і біологізованої систем землеробства і відповідно становив 87,4 і 86,4 %, проти 86,3 % за екстенсивної та 80,0 % за інтенсивної систем землеробства (рис. 2).

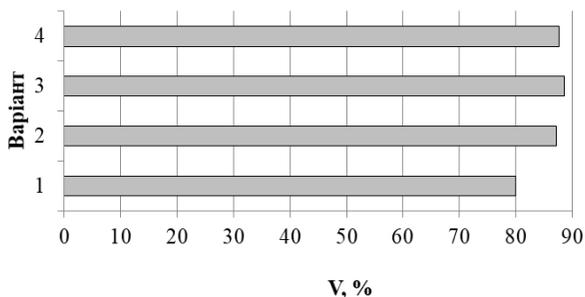


Рис. 2. Вплив систем землеробства на ступінь насичення основами, середнє за 2021–2025 рр., %

***Примітка.** Варіанти: 1 – $N_{105,0}P_{86,3}K_{101,3}$, інтенсивна (вар. 5); 2 – біологізована (вар. 9) – з внесенням органічних добрив (побічної продукції у перерахунку на 5 т/га соломи) та застосуванням N_{30} для посилення мінералізаційних процесів; 3 – органічна – з внесенням меліорантів та органічних добрив (у дозі 5 т/га соломи щорічно, вар. 10); 4 – екстенсивна, що передбачала лише періодичне внесення меліорантів та заорювання побічної продукції попередника (контроль, вар. 12).

Отже, застосування органічної і біологізованої систем землеробства порівняно до інтенсивної, сприяло стабілізації фізико-хімічних показників темно-сірого опідзоленого ґрунту.

Гумус сприяє формуванню стійкої грудкувато-зернистої структури ґрунту, що поліпшує його водопроникність і водоутримувальну здатність, а також аерацію, є джерелом поживних речовин, підвищує буферну здатність ґрунту, є енергетичним і живильним матеріалом для ґрунтових мікроорганізмів, які відіграють ключову роль у колообігу поживних речовин. Уміст органічної речовини у перерахунку на гумус, у середньому за 2021–2025 рр. на всіх

варіантах, не перевищував низького рівня забезпеченості і був у межах 1,49–1,81 % (рис. 3). Слід зауважити, що запровадження інтенсивної, біологізованої і органічної систем землеробства вказує на тенденцію можливості нагромадження органічної речовини у ґрунті. Відмічено збільшення умісту гумусу, у середньому за 5 років на відносних 4,7–21,5 %.

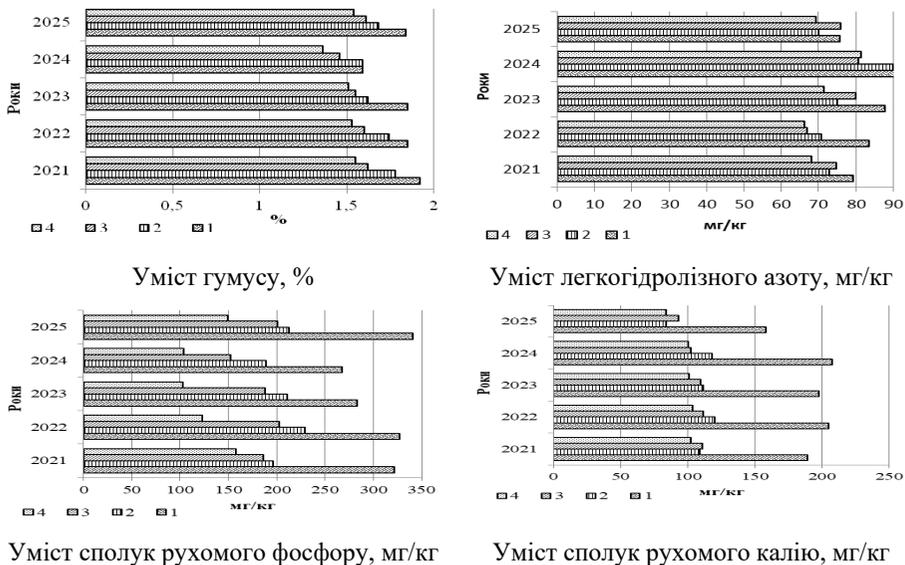


Рис. 3. Вплив систем землеробства на показники родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту, середнє за 2021–2025 рр.

*Примітка. 1 – $N_{105,0}P_{86,3}K_{101,3}$, інтенсивна (вар. 5); 2 – біологізована (вар. 9) – з внесенням органічних добрив (побічної продукції у перерахунку на 5 т/га соломи) та застосуванням N_{30} для посилення мінералізаційних процесів; 3 – органічна – з внесенням меліорантів та органічних добрив (у дозі 5 т/га соломи щорічно, вар. 10); 4 – екстенсивна, що передбачала лише періодичне внесення меліорантів та заорювання побічної продукції попередника (контроль, вар. 12).

Азот є критично важливим для росту й розвитку рослин, зокрема, для формування білків і хлорофілу, забезпечує інтенсивний ріст вегетативної маси та високу продуктивність культур. Легкогідролізний азот є важливим показником, кількість якого в ґрунті вказує на наявність запасів азоту, які можуть бути використані рослинами впродовж вегетаційного періоду. Уміст легкогідролізного азоту, що є найближчим резервом мінерального живлення рослин і характеризує ступінь забезпеченості азотом, був на дуже низькому рівні, навіть за інтенсивного землеробства, і не перевищував 84,2 мг/кг. Слід

зауважити, що за інтенсивної, біологізованої й органічної систем землеробства вміст рухомих сполук азоту був вищим у 1,1–1,4 раза порівняно до екстенсивної системи землеробства.

Вирощування бобових культур, застосування в системі удобрення побічної продукції та поживних сидеральних культур сприяє покращанню азотного режиму ґрунту. Підвищення вмісту загального азоту пов'язано з додатковим його надходженням у ґрунт з органічною речовиною та посиленням процесів гумусоутворення за поєданого застосування мінеральних добрив і гною або побічної продукції можна досягти позитивної динаміки вмісту загального азоту [34].

Як відомо, фосфор необхідний для формування кореневої системи рослин, цвітіння та дозрівання зерна, підвищує посухо- та холодостійкість, необхідний для енергетичного обміну у складі АТФ. Калій регулює водний режим рослин, активує ферменти та бере участь у процесі фотосинтезу, збільшує накопичення цукрів і крохмалю у продукції, а також підвищує стійкість рослин до хвороб і вилягання.

Внесення мінеральних добрив за інтенсивної системи землеробства мало певний вплив на вміст рухомих сполук фосфору та калію. Так, застосування дози $N_{105,0}P_{86,3}K_{101,3}$ забезпечило дуже високий уміст сполук рухомих форм фосфору та калію, відповідно 307,6 і 191,6 мг/кг, що перевищує оптимальний рівень їх умісту в опідзолених ґрунтах і вище відповідно у 2,4 і 1,9 раза порівняно з екстенсивною системою землеробства. За біологізованої системи з внесенням органічних добрив (побічної продукції у перерахунку на 5 т/га соломи) та застосуванням N_{30} відмічено дуже високий уміст сполук рухомого фосфору – 207,1 мг/кг і підвищений уміст – 108,7 мг/кг сполук рухомого калію. Застосування органічної системи землеробства, яка передбачала періодичне внесення меліорантів і щорічне заробляння побічної продукції в дозі еквівалентній 5 т/га соломи забезпечило високий уміст – 185,7 мг/кг сполук рухомого фосфору і підвищений уміст – 105,6 мг/кг сполук рухомого калію. Це сприяло зростанню рухомих сполук фосфору і калію в ґрунті за біологізованої і

органічної систем землеробства порівняно з екстенсивною системою відповідно в 1,6 і 1,1 раза та 1,5 і 1,1 раза, що свідчить про збільшення запасу сполук рухомого фосфору і калію в орному шарі ґрунту. Найнижчі показники відмічено за екстенсивної системи землеробства, відповідно 127,0 мг/кг рухомого фосфору і 98,5 мг/кг рухомого калію, але вони відповідали підвищеному рівню забезпеченості ґрунтів цими сполуками. Цьому сприяв незначний їх винос з ґрунту зумовлений низьким врожаєм сільськогосподарських культур, що вирощували за цієї системи, заорюванням побічної продукції попередника та періодичним вапнуванням.

За даними науковців, застосування фосфорних добрив сприяє збільшенню у ґрунті вмісту валових і рухомих форм фосфору, підвищенню ступеню рухомості та доступності фосфорних сполук для рослин, покращенню фракційного складу, забезпеченню тривалої післядії добрив [35]. Також позитивний вплив на фосфатний режим ґрунтів має внесення органічних добрив і побічної продукції. Застосування мінеральних та органічних добрив забезпечує підвищення водорозчинного і обмінного калію в орному шарі ґрунту, є ефективним у формуванні фонду рухомого калію ґрунту [36–38].

Уміст мікроелементів у ґрунтах залежить від гранулометричного складу ґрунтотворних порід, гранулометричного складу ґрунтів і вмісту органічних речовин [39]. Кількість мікроелементів у ґрунтах має вплив на врожайність рослин і їх якість. Для підтримання оптимального вмісту мікроелементів у ґрунтах важливо проводити передпосівну обробку насіння мікродобривами, позакореневе підживлення посівів добривами у хелатній або органо-мінеральній формі, внесення у ґрунт мікродобрив у суміші з іншими добривами, а також застосовувати органічні добрива.

У середньому за 2021–2025 рр. уміст мікроелементів і важких металів у темно-сірому опідзоленому ґрунті за всіх систем землеробства не перевищував гранично допустиму концентрацію (ГДК) (рис. 4).

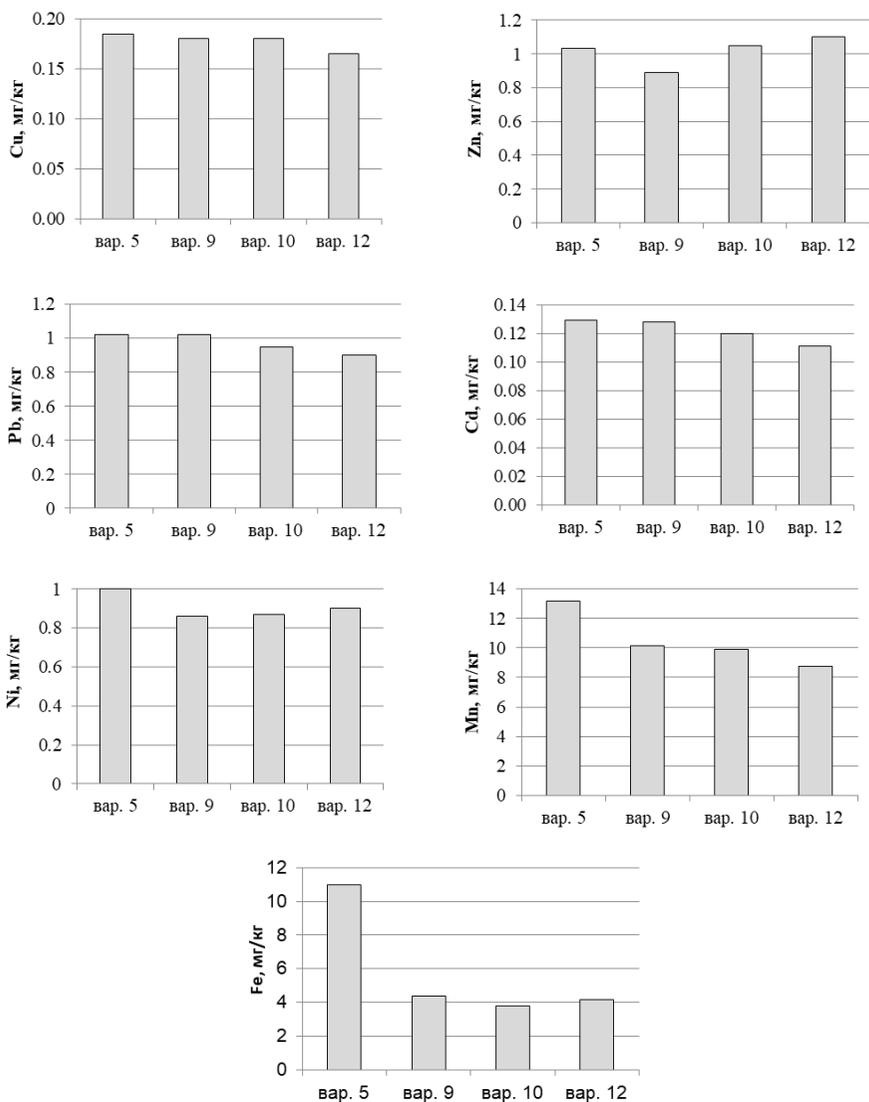


Рис. 4. Вплив систем землеробства на вміст мікроелементів і важких металів у темно-сірому опідзоленому ґрунті, середнє за 2021–2025 рр.: вар. 5 – $N_{105,0}P_{86,3}K_{101,3}$, інтенсивна; вар. 9 – біологізована – з внесенням органічних добрив (побічної продукції у перерахунку на 5 т/га соломи) та застосуванням N_{30} для посилення мінералізаційних процесів; вар. 10 – органічна – з внесенням меліорантів та органічних добрив (у дозі 5 т/га соломи щорічно); вар. 12 – екстенсивна, що передбачала лише періодичне внесення меліорантів та заорювання побічної продукції попередника (контроль).

Відмічено тенденції до більшого накопичення за інтенсивної системи землеробства рухомих форм міді, марганцю і заліза, а також таких важких металів, як свинець, нікель і кадмій. Уміст рухомих форм цинку у ґрунті майже не відрізнявся за всіх систем землеробства.

Отже, запровадження інтенсивної системи землеробства призводило до зниження потенційної і підвищення гідролітичної кислотності ґрунту порівняно з екстенсивним землеробством. За біологізованої і органічної систем землеробства у 2021–2025 рр. порівняно до екстенсивної, показники гідролітичної кислотності були нижчими відповідно у 1,1 та 1,2 рази, а ступінь насичення основами був вищим. За інтенсивної, біологізованої й органічної систем землеробства вміст гумусу мав тенденцію до нагромадження у 1,1–1,3 рази, рухомих сполук азоту у 1,1–1,4 рази, фосфору – 1,3–2,4 рази, калію – 1,1–1,9 рази порівняно з екстенсивним землеробством.

У стаціонарному досліді відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур на темно-сірому опідзоленому ґрунті були відібрані і проаналізовані проби ґрунту за різних систем землеробства за вирощування гречки та проса. Екстенсивна система не передбачала внесення добрив, за органічної системи заорювали сидерати у дозі 20–25 т/га та вносили мікробіологічні препарати, за інтенсивної – мінеральні добрива відповідно до технологічних карт – під просо ($N_{60}P_{60}K_{60}$), гречку ($N_{45}P_{45}K_{60}$).

У середньому за 2021–2025 рр. величина обмінної кислотності за органічної системи землеробства була більшою на 8,0 % порівняно з екстенсивним і на 10,2 % порівняно з інтенсивним землеробством (рис. 5). Уміст органічної речовини в перерахунку на гумус також мав тенденцію до збільшення. Його кількість була на 11,0 і 12,2 % відносних відсотки більшою відповідно. У середньому за роки досліджень за органічної системи землеробства за вирощування гречки збільшилась кількість рухомих форм азоту на 5,9 %, фосфору на 13,3 % і калію на 40,8 % порівняно до варіанту екстенсивного землеробства. Порівняно до варіанта інтенсивного землеробства вміст легкогідролізного азоту був вищим лише на 1,8 %, а рухомих сполук

калію лише на 1,9 %. Кількість рухомого фосфору за цих умов була на 18,7 % нижчою порівняно з інтенсивним землеробством.

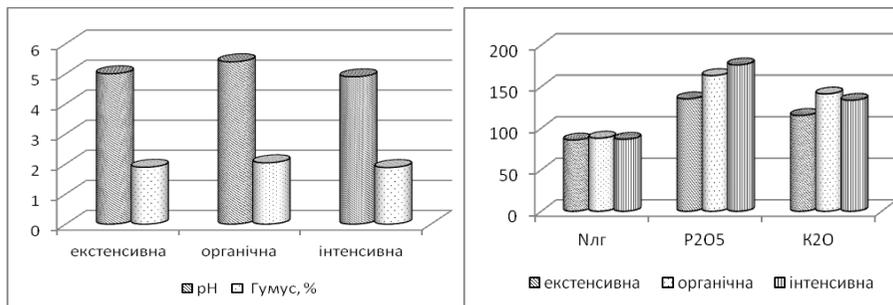


Рис. 5. Вплив різних систем землеробства на показники родючості ґрунту за вирощування гречки на темно-сірому опідзоленому ґрунті, середнє за 2021–2025 рр.

У середньому за 2021–2025 рр. уміст мікроелементів і важких металів у темно-сірому опідзоленому ґрунті за всіх систем землеробства за вирощування проса і гречки не перевищував ГДК (рис. 6). Відмічено тенденцію до більшого накопичення елементів у ґрунті за вирощування проса. За інтенсивної системи землеробства дещо підвищувався уміст рухомих форм міді, марганцю і заліза, а також таких важких металів, як свинець, нікель і кадмій. Уміст рухомих форм цинку у ґрунті підвищувався за органічного і екстенсивного землеробства. Уміст рухомих форм заліза і свинцю найменшим був за органічної системи землеробства.

У стаціонарному досліді відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях були відібрані і проаналізовані проби ґрунту (чорнозем типовий) у шарі 0–20 см 4-пільної сівозміни за різних систем землеробства, а також за беззмінного вирощування ячменю, пшениці озимої, гречки. Дослідження проводили за вирощування ячменю, гороху, пшениці озимої та кукурудзи за таких систем землеробства: екстенсивна – контроль (без внесення мінеральних добрив і заробляння побічної продукції); інтенсивна № 1, що передбачала внесення мінеральних добрив під ячмінь, пшеницю озиму та кукурудзу у дозах

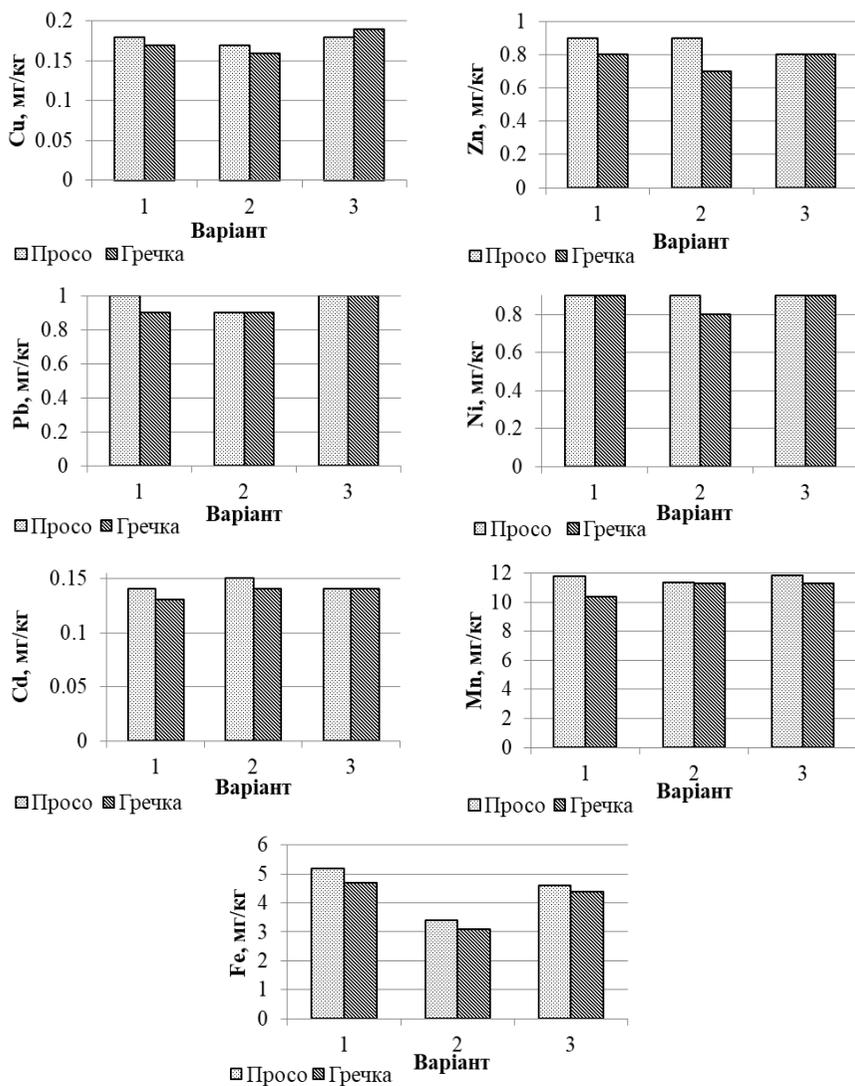


Рис. 6. Вплив систем землеробства на вміст мікроелементів і важких металів у темно-сірому опідзоленому ґрунті за вирощування проса і гречки, середнє за 2021–2025 рр.: 1 – екстенсивна система землеробства; 2 – органічна система землеробства (заорювання сидератів у дозі 20–25 т/га та внесення мікробіологічних препаратів); 3 – інтенсивна (N₆₀P₆₀K₆₀) система землеробства під просо; 3 – інтенсивна (N₄₅P₄₅K₆₀) система землеробства під гречку.

$N_{60}P_{60}K_{60}$, горох – $P_{40}K_{40}$; інтенсивна № 2 – внесення побічної продукції в дозі еквівалентній 5 т/га соломи і мінеральних добрив під ячмінь, пшеницю озимую та кукурудзу у дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$, горох – $P_{40}K_{40}$; органічна – внесення побічної продукції (у дозі еквівалентній 5 т/га соломи).

У середньому за 2021–2025 рр. запровадження інтенсивної системи землеробства підвищило гідролітичну кислотність на 12,4 %, а використання побічної продукції дало змогу зменшити цей показник порівняно з екстенсивною на 12 %. За органічної системи гідролітична кислотність зменшилась на 21,8 %. Кількість рухомого фосфору за органічної системи за 5 років збільшилась на 21,8 %, а під ячменем – на 32 % порівняно до варіанта з екстенсивним землеробством (рис. 7).

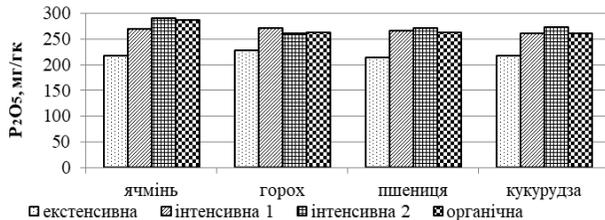


Рис. 7. Вплив різних систем землеробства на вміст рухомого фосфору у ґрунті за вирощування ячменю, пшениці озимої, гороху та кукурудзи на чорноземі типовому, середнє за 2021–2025 рр.: 1 – екстенсивна система землеробства – контроль (без добрив і заробляння побічної продукції); 2 – інтенсивна система землеробства № 1, що передбачала внесення мінеральних добрив; 3 – інтенсивна система землеробства № 2 (біологізована) – внесення побічної продукції у дозі еквівалентній 5 т/га соломи і мінеральних добрив; 4 – органічна система удобрення заробляння побічної продукції в дозі еквівалентній 5 т/га соломи.

У середньому за 2021–2025 рр. уміст мікроелементів і важких металів у чорноземі типовому за всіх систем землеробства за вирощування ячменю, гороху, пшениці озимої і кукурудзи не перевищував ГДК (рис. 8). За інтенсивної системи землеробства дещо підвищувався уміст рухомих форм міді, марганцю, кадмію і заліза. Уміст рухомих форм цинку у ґрунті підвищувався за органічного землеробства за вирощування ячменю і кукурудзи. Уміст рухомих форм заліза і марганцю був найменшим за органічної системи землеробства.

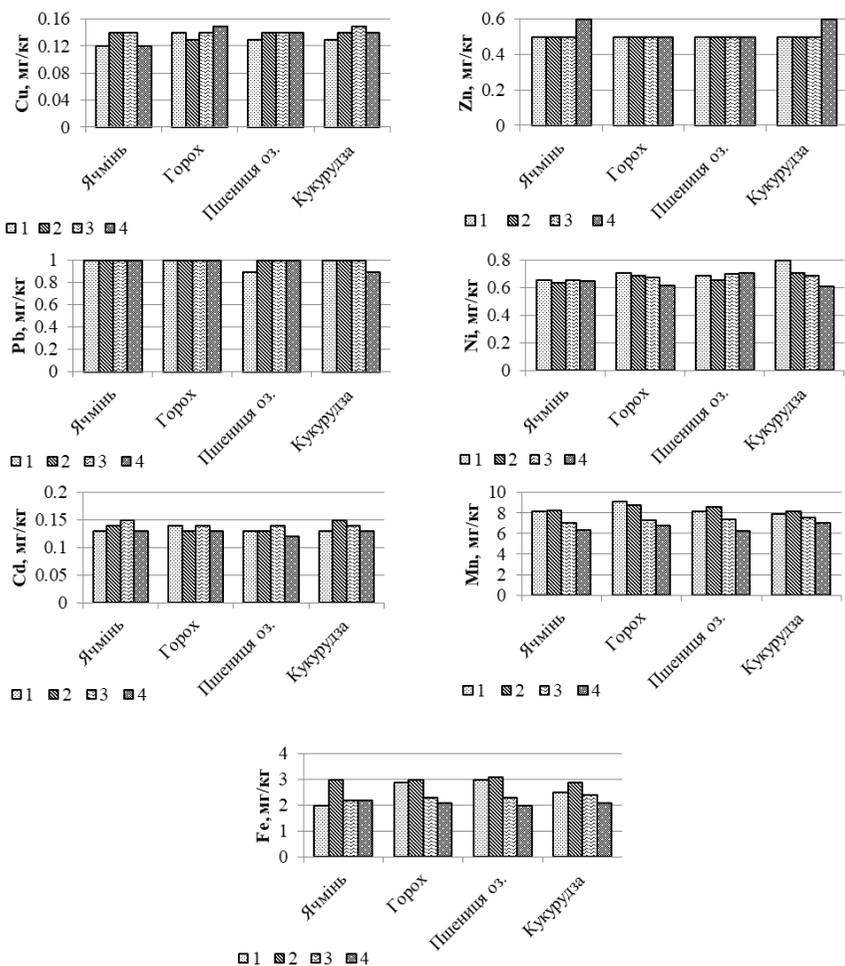


Рис. 8. Вплив систем землеробства на вміст мікроелементів і важких металів у чорноземі опідзоленому за вирощування ячменю, гороху, пшениці озимой і кукурудзи, середнє за 2021–2025 рр.: 1 – екстенсивна система землеробства – контроль (без добрив і заробляння побічної продукції); 2 – інтенсивна система землеробства № 1, що передбачала внесення мінеральних добрив; 3 – інтенсивна система землеробства № 2 (біологізована) – внесення побічної продукції у дозі еквівалентній 5 т/га соломі і мінеральних добрив; 4 – органічна система удобрення заробляння побічної продукції в дозі еквівалентній 5 т/га соломі.

За беззмінного вирощування ячменю, гречки та пшениці озимой дослідження проводили за екстенсивної (контроль без внесення мінеральних добрив і заробляння побічної продукції) та інтенсивної системи землеробства,

що передбачала внесення лише мінеральних добрив під ячмінь і пшеницю озиму у дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$, гречку – $N_{40}P_{40}K_{40}$. Технології вирощування культур у досліді використовувались відповідно до систем землеробства і особливостей рослин.

У середньому за 2021–2025 рр. не виявлено чіткого впливу систем землеробства на основні показники родючості чорнозему типового за беззмінного вирощування ячменю, пшениці озимої і гречки (рис. 9–11).

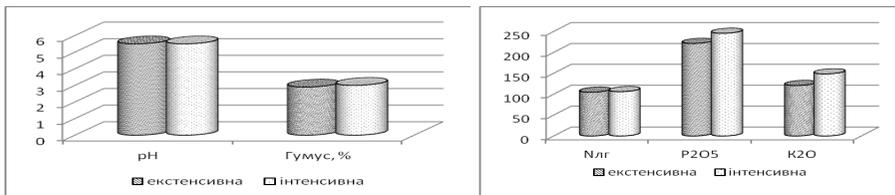


Рис. 9. Вплив різних систем землеробства на показники родючості ґрунту за беззмінного вирощування ячменю, середнє за 2021–2025 рр.

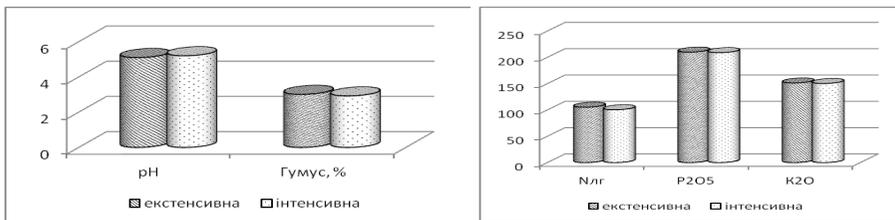


Рис. 10. Вплив різних систем землеробства на показники родючості ґрунту за беззмінного вирощування пшениці озимої, середнє за 2021–2025 рр.

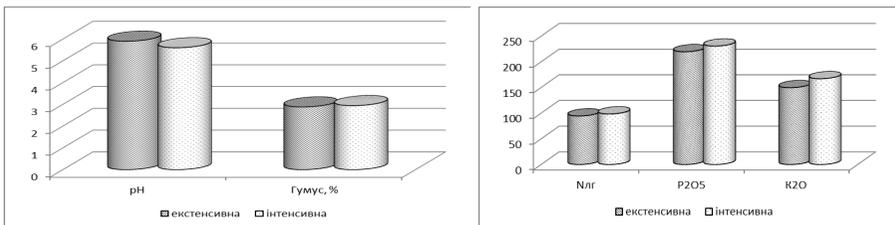


Рис. 11. Вплив різних систем землеробства на показники родючості ґрунту за беззмінного вирощування гречки, середнє за 2021–2025 рр.

За беззмінного вирощування пшениці озимої за інтенсивної системи землеробства у середньому за 2021–2025 рр. відмічено тенденцію до більшого накопичення міді та кадмію, за вирощування ячменю – цинку, за екстенсивної системи під пшеницею озимою – марганцю і заліза. Уміст мікроелементів і важких металів у чорноземі типовому за беззмінного вирощування ячменю, пшениці озимої і гречки не перевищував ГДК (рис. 12).

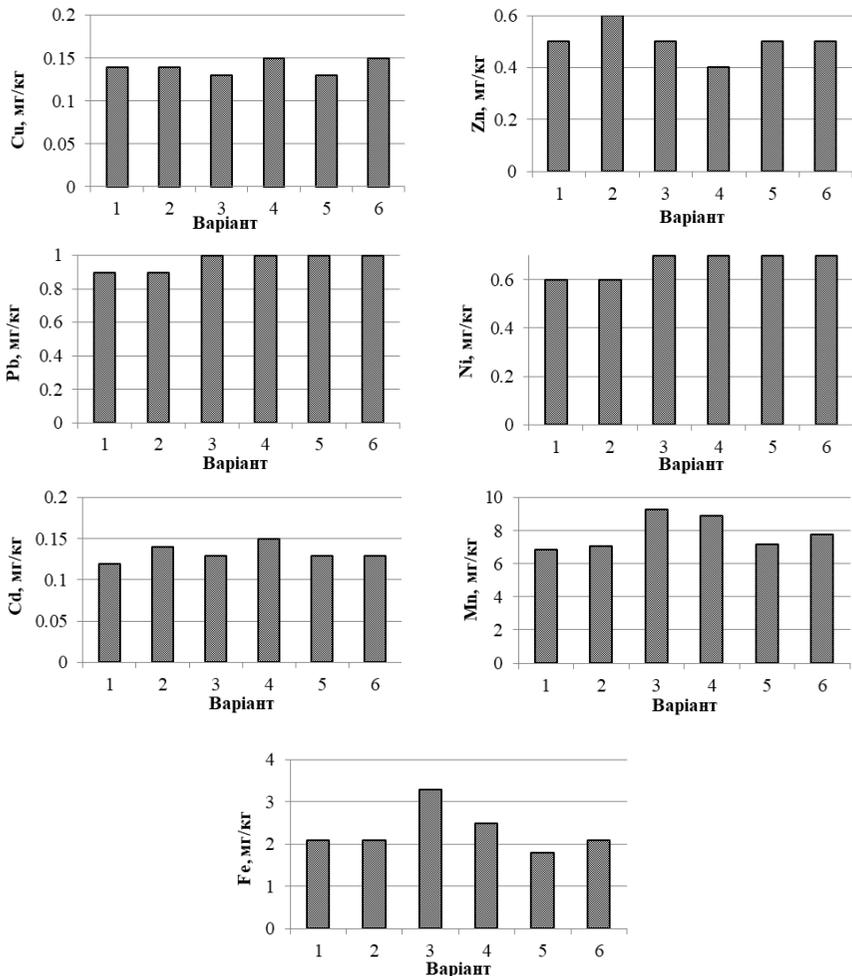


Рис. 12. Вплив систем землеробства на вміст мікроелементів і важких металів у чорноземі опідзоленому за беззмінного вирощування ячменю, пшениці озимої і гречки, середнє за 2021–2025 рр.: 1 – екстенсивна система землеробства – контроль (без добрив і заробляння побічної продукції); 2 – інтенсивна система землеробства: 1, 2 ячмінь – $N_{60}P_{60}K_{60}$, 3, 4 пшениця оз. – $N_{60}P_{60}K_{60}$, 5, 6 гречка – $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Загалом отримані результати свідчать, що запровадження інтенсивних систем землеробства призводило до зниження потенційної і підвищення гідролітичної кислотності ґрунту порівняно з екстенсивним землеробством. Зміна реакції ґрунтового розчину у бік підкислення може спричинити негативний вплив на активність біохімічних і мікробіологічних процесів, зміну рухомості біогенів і токсикантів, активізування процесів їх міграції, що може знизити врожайність культур, підвищити ймовірність екотоксикологічного забруднення агроландшафту. Застосування органічної системи землеробства порівняно до інтенсивної, сприяло стабілізації фізико-хімічних показників ґрунту, а саме обмінної і гідролітичної кислотності не залежно від вирощуваних зернових і круп'яних культур і типу ґрунту.

Отже, в умовах полігонного моніторингу стаціонарних дослідів Правобережного і Лівобережного Лісостепу виявлено вплив систем землеробства на зміну основних фізико-хімічних і агрохімічних показників родючості ґрунту за вирощування зернових і круп'яних культур у сівозмінах і беззмінних посівах. Установлено, що застосування органічної системи землеробства порівняно з інтенсивною сприяло покращанню фізико-хімічних властивостей. Відмічено збільшення кількості сполук легкогідролізного азоту до 7 % і рухомих сполук фосфору до 49 % незалежно від культури й типу ґрунту порівняно з екстенсивною системою, що свідчить про доцільність органічної системи землеробства для підвищення родючості ґрунтів. Інтенсивні системи землеробства спричиняли зниження потенційної та підвищення гідролітичної кислотності порівняно з екстенсивною і органічною. Водночас вони забезпечували збільшення вмісту основних елементів живлення на рівні: легкогідролізного азоту 80–104 мг/кг, сполук рухомого фосфору 228–243 і калію 152–208 мг/кг ґрунту. За органічної, біологізованої та різного ступеня інтенсивних систем землеробства відмічено стабілізацію родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту (зростання гумусу у 1,1–1,3 раза, рухомих сполук азоту – у 1,1–1,4, фосфору – у 1,3–2,4, калію – у 1,1–1,9 раза) порівняно з екстенсивним землеробством. На чорноземі типовому застосування інтенсивної

системи землеробства підвищило вміст рухомого фосфору в 1,1–1,4 раза, калію – 1,2–2,3, органічної системи – відповідно у 1,1–1,2 і 1,1–1,4 раза порівняно з екстенсивною, що є доцільним для органічної системи землеробства за умов обмежених ресурсів і використання лише побічної продукції.

3. НАУКОВІ ПІДХОДИ ОЦІНКИ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ РОДЮЧОСТІ ГРУНТУ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЗА ВПЛИВУ РІЗНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Оцінка якості ґрунту має вирішальне значення для забезпечення сталого використання сільськогосподарських угідь. Вона доповнює дослідження в галузі ґрунтознавства, поглиблюючи розуміння про ґрунти та допомагаючи в розподілі ресурсів, оскільки інтенсифікація сільського господарства спрямована на задоволення зростаючого світового попиту. Якісна оцінка ґрунту забезпечує основу для навчання зацікавлених сторін щодо основних функцій ґрунтів і пропонує інструмент для оцінки та порівняння різних методів управління. Регулярна оцінка якості ґрунту є життєво важливою для підтримки високої врожайності сільськогосподарських культур і подолання розриву між виробництвом і споживанням [40].

Ґрунт виконує п'ять основних функцій: підтримка життя (середовище існування) для рослин і тварин, біопродуктивна функція (виращування врожаю та кормів), регуляція водного режиму (фільтрація та зберігання води), фільтраційна та очисна функція (поглинання відходів) та енергетична функція (акумуляція сонячної енергії).

Екологічний статус ґрунту потребує розгляду його родючості в поєднанні з іншими компонентами екосистеми, проте визначальним має бути біологічний чинник. Необхідно зберігати природне різноманіття біотичної частини екосистеми, забезпечити оптимізацію умов існування всього фіторізноманіття, зокрема і культурних рослин агроценозів. Зміна природного рослинного покриву, інтенсивні технології обробітку ґрунту і виращування сільськогосподарських культур зумовили не тільки видозміну самого ґрунту, а

й напрям ґрунтоутворювальних процесів. Тому управління процесами забезпечення родючості ґрунту має здійснюватися не тільки на ландшафтнорегіональному, а й ґрунтово-екосистемному рівнях [41].

Оцінка змін родючості ґрунту в агроландшафтах за впливу різних систем землеробства здійснюється на основі класичних агрохімічних, агрофізичних, біологічних методів і сучасних екологічних, моделювальних та інтегральних підходів. Їх комплексне поєднання забезпечує найбільш об'єктивне відображення процесів дегуміфікації, зміни структури, трансформації органічної речовини та біологічної активності ґрунтів.

Агрохімічний підхід спрямований на визначення базових показників родючості: умісту гумусу, рухомих форм азоту, фосфору, калію, рН водної та сольової витяжок, гідролітичної кислотності, ступеню насичення основами, умісту мікроелементів і важких металів. Цей підхід дає змогу порівнювати системи: інтенсивну, біологічну, ресурсозберігаючу, органічну.

Агрофізичний підхід оцінює зміни фізичних властивостей ґрунту, які найбільше реагують на тип землеробства: щільність складання, твердість і опірність проникненню коренів, структурно-агрегатний склад, водопроникність і водостійкість агрегатів. Це особливо актуально для мінімального та нульового обробітку, які істотно змінюють структуру ґрунту.

Біологічний і мікробіологічний підхід дає уявлення про біологічну активність ґрунту: активність ферментів, чисельність і біомасу мікроорганізмів, співвідношення між групами мікробіоти, мікробні коефіцієнти. Підходи показують, як органічні системи відновлюють біоту ґрунту.

Екологічно-ландшафтний підхід ураховує вплив: рельєфу, типів угідь, басейнових особливостей, ґрунтово-кліматичних зон на динаміку родючості. Дозволяє оцінити, як системи землеробства впливають на ґрунти в різних ландшафтних позиціях (вододіл, схил, заплава).

ґеоінформаційний підхід використовує: картування родючості, просторовий аналіз змін гумусу, NPK, ерозійних втрат, дистанційний моніторинг (супутникові дані NDVI, NBR, Soil Adjusted Vegetation Index). ГІС

дає можливість відстежувати довготривалі тенденції у великих агроландшафтах.

Ерозійно-геоморфологічний підхід оцінює: втрати ґрунту через ерозію, вплив обробітку ґрунту на інтенсивність змиву та дефляції, баланс ґрунтової маси, зміни гумусового горизонту на схилах. Цей підхід показує переваги безполицевих і контурних систем землеробства.

Балансово-ейдеметричний підхід складається з розрахунку: балансу гумусу, балансу поживних речовин, вуглецевого балансу. Дозволяє порівнювати системи землеробства за здатністю відновлювати вміст органічної речовини.

Інтегрально-індексний підхід включає використання інтегральних показників: Індекс екологічного стану ґрунту, Індекс родючості ґрунту, Індекс здоров'я ґрунтів, Індекс якості ґрунту на основі наборів індикаторів. Такі підходи дають можливість кількісно оцінити загальний ефект різних систем землеробства.

Моделювання (математичне та прогнозне) передбачає застосування моделей: моделювання вуглецевого та азотного циклу, довгострокові зміни органічної речовини, динаміка гумусу, винос NPK. Моделі допомагають прогнозувати зміни родючості за переходу на органічне або ресурсоощадне землеробство.

Комплексний еколого-агрохімічний моніторинг поєднує: польові дослідження, лабораторний аналіз, дистанційний моніторинг, математичне моделювання, періодичні повторні ґрунтові обстеження. Це найповніший підхід, який дає можливість оцінити динаміку родючості в усіх компонентах.

Сільськогосподарська діяльність людини спричинила виснаження та деградацію ґрунту через високо механізовані, екстенсивні та агрохімічно залежні моделі виробництва, які змінюють фізичний, хімічний та біологічний склад ґрунту [42, 43] Зважаючи на тривалий час формування ґрунту вважають невідновлюваним ресурсом. На сучасному етапі розвитку людства на якість екосистемних послуг в агроландшафтах впливають ґрунтові ресурси [44; 45].

Наприкінці ХХ ст. внаслідок значного антропогенного впливу на ґрунт дедалі більше уваги приділяється якості ґрунту в контексті щодо виснаження, втрати поживних речовин і деградаційних процесів. Це спонукає до визначення наслідків таких ситуацій для нинішнього та майбутніх поколінь.

За даними С. Ю. Булигіна та ін. [46] оцінка якості земель має як теоретичне, так і практичне значення. Показники якості земель використовуються у системі моніторингу земель для прогнозу і своєчасного запобігання деградаційним процесам, охорони й раціонального використання земель. Водночас облік кількості та якості земель, бонітування ґрунтів є складовими Державного земельного кадастру, відомості з якого використовуються для регулювання земельних відносин. У Державних стандартах України закріплені такі поняття як «якість ґрунтів» та «якість земельної ділянки». Якість ґрунтів розглядається як сукупність усіх наявних позитивних і негативних властивостей, пов'язаних із використанням ґрунтів та його функціями (ДСТУ ISO 11074 : 2009). Якість земельної ділянки розглядається як узагальнена характеристика земельної ділянки, охопленої її межами, з визначеними категоріями якості ґрунтів (ДСТУ 4362 : 2004).

У літературних джерелах висвітлена значна кількість методичних підходів до якісної оцінки ґрунтів. Було виділено багато як індивідуальних, так і комплексних показників і запропоновано концепцію якості ґрунту [46].

Кожен метод оцінки якості ґрунту має свої власні характеристики кількісної оцінки, проте кожний метод розглядає ґрунт в якості динамічного ресурсу, властивості якого змінюються під впливом навколишнього середовища та землекористування. Це узгоджується з концептуальною оцінкою якості ґрунту, в якій цей природний ресурс визнається функціональною та цілісною системою. Такий аналіз включає хімічні, фізичні та біологічні показники. Хімічним показником, який найчастіше використовується є органічний вуглець ґрунту, який був включений до 50 % оцінок якості ґрунту. Для наукової спільноти він є стратегічним показником, оскільки допомагає оцінювати якість ґрунту і сприяє розробці рекомендацій щодо його збереження.

Іншим і другим за частотою використання показником є водневий потенціал (рН) на рівні 41 %. Це пов'язано з його впливом на використання ґрунту в сільському господарстві, де він є вирішальним для росту та розвитку сільськогосподарських культур. Водневий потенціал регулює поглинання поживних речовин і концентрацію токсичних мінералів у рослинах, а також впливає на мікробну активність ґрунтової системи. Інші хімічні показники, такі як загальний азот, доступний фосфор, доступний калій, кальцій, магній, загальний фосфор, електропровідність та ємність катіонного обміну, використовувалися в 17 %, переважно у сільськогосподарському веденні культур [47].

Відповідно до Земельного кодексу України системою спостережень за станом земель і з метою своєчасного виявлення змін, їхньої оцінки, відтворення та ліквідації наслідків негативних процесів є моніторинг земель. Регулярна оцінка якості ґрунту є необхідною для підтримки високої врожайності сільськогосподарських культур і подолання розриву між виробництвом і споживанням. Важливою складовою методології оцінки якості земель є система показників, вибір яких зумовлений необхідністю адекватної характеристики основних функцій ґрунтів, ґрунтоутворювальних або ґрунторуйнівних процесів, а також основних режимів і параметрів [48]. Оцінка якості земель має як теоретичне, так і практичне значення.

Еколого-агрохімічна оцінка ґрунту є основою сталого функціонування систем землеробства та екологічної безпеки в агроландшафті. Технологія еколого-агрохімічної оцінки ґрунту передбачає його дослідження як компонента агроєкосистеми і є системою заходів, що забезпечують обстеження ґрунтів території агроландшафту, встановлення і оцінку показників для характеристики екосистеми ґрунту.

4. ШЛЯХИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В агроландшафтах лісостепової зони України екологічна рівновага визначається балансом між антропогенним навантаженням (інтенсивність обробітку, внесення мінеральних добрив і пестицидів, зберігання гною тощо) та природними процесами очищення (резерви органічної речовини, ґрунтові мікробні процеси, ґрунтово-гідрологічні умови). Різні системи землеробства – від інтенсивної до органічної по-різному впливають на здатність агроландшафту «самоочищуватися» та стабілізуватися після порушень.

Стабілізація екологічної рівноваги в агроландшафтах Лісостепу України має важливе значення, оскільки вони зазнають значного антропогенного навантаження внаслідок застосування інтенсивних систем землеробства, високої розораності територій та періодичних проявів деградаційних процесів. Основною метою є підвищення екологічної стійкості агроландшафту, що полягає у його здатності підтримувати виробничі та біосферні функції, незважаючи на зовнішні впливи. Екологічна стабілізація агроландшафту потребує системного підходу та екологічного моніторингу.

Для збереження врожайного потенціалу агросистем необхідно переходити до таких форм землекористування, які забезпечують раціональне використання ресурсів, екологічну рівновагу та зменшення негативного впливу на довкілля, що зумовлює необхідність переходу аграрного сектору України до екологічно безпечніших технологій.

Створення екологічно сталої структури агроландшафтів обумовлено насамперед оптимізацією структури земель сільськогосподарського призначення, зокрема співвідношенням орних, лучних, лісових, водно-болотних угідь і природних поверхневих вод. Серед основних напрямів підвищення еколого-економічної ефективності використання земель пріоритетним є удосконалення систем землеробства та землекористування на засадах адаптивно-ландшафтної організації території, використання земельних

ресурсів з урахуванням ґрунтово-ландшафтно-кліматичних чинників для створення інвестиційно привабливого і збалансованого землекористування сільських територій.

Для стабілізації екологічної рівноваги важливою є науково обґрунтована структура посівних площ. У системах землеробства Лісостепу доцільно зменшувати частку кукурудзи, соняшника, які сприяють деградаційним процесам, і збільшувати площу під багаторічними травами, зернобобовими та сидератами. Раціональна сівоzmіна є основою екологічно збалансованого землеробства.

Необхідне зменшення частки орних земель до екологічно безпечного рівня, який не перевищує 60–65 %, сприяє підвищенню природної стійкості ландшафтів.

Відбувається переорієнтація інтенсивних систем землеробства на органічні, біологізовані, ґрунтозахисні та інші, які є маловитратними, дають змогу забезпечити відновлення родючості ґрунтів, зниження ерозійних втрат, оптимізацію структури ґрунтового профілю та покращання біогеохімічних циклів. Сучасні системи землеробства повинні враховувати баланс органічної речовини, оскільки він визначає стабільність агроєкосистем. Підвищення біологічної активності ґрунту та збагачення органічною речовиною є одним із базових механізмів стабілізації екологічної рівноваги. Посилення екосистемних функцій ґрунту також відіграє значну роль [49; 50].

Система землеробства визначає напрям і інтенсивність агротехнічного впливу на ґрунт, рослинність і навколишнє середовище, тому її вибір є ключовим чинником екологічної стабільності агроландшафтів. У переважній більшості інтенсивні системи землеробства характеризуються глибоким обробітком, високими нормами мінерального азоту й пестицидів, низьким покриттям ґрунту в міжсезоння. Це спричиняє підвищення ерозійних явищ, вимивання нітратів у підґрунтові води, зменшення вмісту органічного вуглецю, зниження біологічної активності ґрунту, і як наслідок, призводить до зниження природної буферності екосистеми. Для інтенсивних систем землеробства

необхідно застосовувати контроль за нормуванням використання мінеральних добрив і пестицидів, впроваджувати науково-обґрунтовані сівозміни, протиерозійні заходи.

Органічні системи землеробства передбачають застосування сівозмін, бобових і покривних культур, відмову від синтетичних пестицидів і мінеральних добрив, збільшення органічної речовини, покращення структурної стабільності ґрунту, водопроникності і біорізноманіття. Органічні практики асоціюються з вищим вмістом органічного вуглецю і кращими показниками ґрунтового здоров'я, що підсилює стійкість до ерозії й зменшує дифузні викиди, навантаження на довкілля. Екологічна рівновага в органічному землеробстві стабілізується через підвищення внутрішньої стійкості агроєкосистеми, зменшення її залежності від зовнішніх ресурсів і активного використання природних біологічних процесів. Потрібно створювати умови для саморегуляції агроландшафту.

Покращання структури та родючості ґрунту повинне передбачати підтримання вмісту гумусу через внесення органічних добрив (гній, сидерати, компости, біогумус), включення багаторічних бобових і бобово-злакових трав у сівозміни, регулювання кислотності ґрунту, диференційоване внесення добрив за результатами агрохімічного обстеження, зниження пестицидного навантаження, використання біопрепаратів.

Важливим є ландшафтний підхід до землекористування. Ерозійні процеси можна істотно зменшити через застосування покривних культур, мульчування, заорювання рослинних решток, оптимізацію сівозмін. У поєднанні з сидерацією та покривними культурами міжвидові посіви постають ефективним способом підвищення екологічної стабільності агроєкосистем.

Мінімальний і безполицевий обробіток ґрунту сприяють накопиченню продуктивної вологи, оптимізації водного режиму ґрунту та створюють умови для стабільного розвитку посівів. Позитивні зміни стосовно екологічного впливу мінімального обробітку зумовлені акумуляцією рослинних решток на поверхні і у верхніх шарах ґрунту, що сприяє зменшенню поверхневого і

внутрішньо ґрунтового стоку, покращенню балансу вуглецю та інших біогенних елементів, гальмуванню процесів дегуміфікації, емісії газів, низхідного перерозподілу речовин [51].

Важливою є роль лісосмуг серед стабілізаційних заходів. Вони зменшують швидкість поверхневого стоку, підвищують інфільтрацію та сприяють зниженню інтенсивності ерозійних процесів.

Необхідною умовою довгострокової стабільності є екологічний моніторинг, який дає можливість оперативного виявляти зміни вмісту гумусу, реакції ґрунтового розчину, вмісту елементів живлення, забруднення важкими металами. Важливою є оцінка екосистемних послуг для управління балансом між продуктивністю і природною стійкістю агроландшафтів.

Для Лісостепу найбільш перспективними є інтегровані системи управління ґрунтовими ресурсами, які поєднують агротехнічні, біологічні та ландшафтні підходи, орієнтовані на довготривалу екологічну стабільність і збереження ґрунтової родючості. Тільки поєднання агротехнічних заходів і оптимальних систем землеробства здатні забезпечити підвищення продуктивності праці у землеробстві та на їх основі сприяти нарощуванню обсягів виробництва сільськогосподарської продукції.

Стабілізація екологічної рівноваги в агроландшафтах Лісостепу України є одним із головних завдань сучасного землеробства. Для досягнення екологічної стійкості необхідно поєднати виробничу ефективність з природоохоронними принципами ведення господарства. Основні напрями екологічної стабілізації пов'язані з удосконаленням структури угідь, впровадженням ґрунтозахисних сівозмін, відновленням родючості ґрунтів, збереженням біорізноманіття та створенням систем моніторингу екологічного стану територій.

Перехід до екологічно орієнтованих систем землеробства забезпечить не лише відновлення природних ресурсів, а й підвищення сталості аграрного виробництва в умовах змін клімату. Найвищу ефективність мають системи землеробства, які сприяють відновленню родючості ґрунту, зменшенню його забруднення шкідливими речовинами, стабілізації гідрологічного режиму.

Практичні заходи стабілізації екологічної рівноваги в агроландшафтах Лісостепу за різних систем землеробства

Практичні заходи стабілізації екологічної рівноваги в агроландшафтах Лісостепу за різних систем землеробства передбачають поєднання ґрунтозахисних, агрохімічних, меліоративних і біологічних підходів. Вони потребують диференційованого підходу залежно від системи землеробства. Основні з них:

- за інтенсивної системи землеробства доцільною є оптимізація доз і строків внесення мінеральних добрив, регулювання кислотності ґрунту та контроль за вмістом важких металів, запобігання надлишковому накопиченню нітратів і фосфатів у ґрунті, оптимізація структури посівних площ і чергування культур у сівозміні із різною потребою в елементах живлення;

- за біологізованої системи землеробства доцільно поєднувати мінеральні й органічні добрива у збалансованих нормах, використовувати побічну продукцію, сидерати і бобові культури для природного поповнення азоту, застосовувати біопрепарати для фітозахисту й підвищення мікробіологічної активності ґрунту, підтримувати баланс елементів живлення, вносити вапнувальні матеріали чи цеоліти для фіксації важких металів і поліпшення структури ґрунту;

- за органічної системи землеробства необхідним є повна відмова від мінеральних добрив і пестицидів, використання сидератів, бобових культур і органічних добрив (компостів, гною, біогумусу, побічної продукції рослин) для відновлення гумусного стану ґрунту, розширення площ під багаторічними травами;

- за екстенсивної системи землеробства потрібно мінімізувати механічний обробіток ґрунту, застосовувати мульчування та використовувати побічну продукцію попередника.

Для своєчасного коригування агротехнічних прийомів необхідне проведення моніторингу стану ґрунтів.

Список літератури

1. Демченко О. Екологічна характеристика сільських територій України: сучасні реалії. *Економіка та суспільство*. 2024. Vol. 66. 7 с. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-20>.
2. Тарарико О. Г. Охорона родючості ґрунтів у контексті продовольчої безпеки. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 9. С. 5–9.
3. Балюк С. А. Ґрунтові ресурси України : стан і заходи їх поліпшення. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 6. С. 5–10.
4. Балюк С. А., Медведєв В. В., Мірошніченко М. М. Управління ґрунтово-земельними ресурсами – державну підтримку. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 4. С. 10–12.
5. Потапенко Л. В., Горбаченко Н. І. Вплив систем удобрення та мікробних препаратів на формування поживного режиму дерново-підзолистого ґрунту. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2021. № 34. С. 53–60. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.34.53-60>.
6. Принципи проектування ерозійно-небезпечних схилових агроландшафтів ґрунтів для розвитку адаптивно-ландшафтної системи сільськогосподарських угідь Лісостепу / В. Камінський та ін. *Землеробство та рослинництво: теорія та практика*. 2021. № 1. С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2021.01.01>.
7. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л., Білокінь О. А. Ерозія ґрунтів як чинник опустелювання агроландшафтів України. *Агроекологічний журнал*. 2021 № 3. С. 6–16. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240316>.
8. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року: проект-2017. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/publications/strategiya-staloho-rozvytku-ukrayiny-do-2030-roku>.
9. Analyzing the Impact of Intensive Agriculture on Soil Quality: A Systematic Review and Global Meta-Analysis of Quality Indexes / H. I. Bedolla-Rivera et al. *Agronomy*. 2023. Vol. 13(8). 2166. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13082166>.
10. Sharma A. K., Sharma M., Sharma A. K., Sharma M. Mapping the Impact of Environmental Pollutants on Human Health and Environment: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Geochem. Explor.* 2023. Vol. 255. 107325. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2023.107325>.

11. Contaminant Containment for Sustainable Remediation of Persistent Contaminants in Soil and Groundwater / L. P. Padhye et al. *J. Hazard. Mater.* 2023. Vol. 455. 131575. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131575>.

12. Олійник К. М., Давидюк Г. В., Клименко І. І., Дем'янюк О. С. Вплив технологій вирощування пшениці озимої на морфофізіологічні аспекти формування врожаю та забезпеченість рослин елементами живлення. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 4. С. 95–105. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2020.219449>.

13. Іваніна В. В., Табачук О. О. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11, № 1. 7 с. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.284671>.

14. Медведєв В. В., Лактіонова Т. М., Греков Л. Д. Типологія і оцінки небезпечних явищ у ґрунтового покриві України. *Ґрунтознавство*. 2004. Т. 5, № 3–4. С. 13–23.

15. Бойко П. І., Мартинюк І. В., Цимбал Я. С. Становлення сівозмінних принципів у системах землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 3(816). С. 5–13.

16. Артёмов М. Сучасні проблеми і напрямки розвитку систем землеробства в Україні. *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*. 2020. № 2(12). С. 60–65. URL: <http://journal.khntusg.com.ua/index.php/enm/article/view/171>.

17. Примак І. Д., Войтовик М. В. Родючість ґрунту і системи землеробства у контексті сталого розвитку, нової біосферної парадигми природокористування і закону ноосфери В.І. Вернадського. *Агробіологія*. 2014. № 2. С. 5–13.

18. Періодизація еволюції вчення про системи землеробства в Україні у контексті розвитку систем сільського господарства / І. Д. Примак та ін. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 2. С. 57–68. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2023.282757>.

19. Манько Ю. П., Танчик С. П., Примак І. Д. Зміст сучасних систем землеробства в Україні та пропозиції щодо їх класифікації. *Вісник аграрної науки*. 2015. С. 17–21.

20. Єщенко В. О., Карнаух О. Б., Усик С. В. Історія розвитку і класифікація сучасних систем землеробства. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Ч 1, № 116. С. 47–53. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.6>.
21. Xiong L., Shah F., Wu W. Environmental and socio-economic performance of intensive farming systems with varying agricultural resource for maize production. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 850. 158030. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158030>.
22. Присяжнюк М. В. Історія розвитку землеробства як галузі та науки. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2013. Вип. 1–2. С. 174–182. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znzempl_2013_1-2_26.
23. Leifeld J. How sustainable is organic farming? *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2012. Vol. 150. P. 121–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.020>.
24. Managing soil fertility in organic farming systems / Watson C. A. et al. *Soil use and management*. 2002. Vol. 18. P. 239–247. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2002.tb00265.x>.
25. Nemes N. Comparative analysis of organic and non-organic farming systems: A critical assessment of farm profitability. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*. 2009. P. 33.
26. Бомба М. Я. Біологічне землеробство: стан та перспективи розвитку. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2016. Вип. 59. С. 9–17.
27. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT). [Чинний від 2009-10-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 8 с.
28. ДСТУ 7537:2014. Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності. [Чинний від 2015-04-01]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 18 с.
29. Інструкція 2. Ґрунту. Визначення сумарних поглинених основ по методу Каппена (ГОСТ 27821-88). [Чинний від 1990-01-01]. 1988. 5 с.
30. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Метод визначення органічної речовини. [Чинний від 2004-04-30]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.

31. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 9 с.
32. ДСТУ 4115: 2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. [Чинний від 2002-06-27]. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 9 с. (Національний стандарт України).
33. ДСТУ 4770 (1,2,3,4,6,7,9)-2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук Mn, Zn, Cd, Fe, Cu, Ni, Pb в буферній ацетатно-амонійній витяжці. [Чинний від 2007-04-28]. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 9 с.
34. Іваніна В. В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах : монографія. Київ : ЦП «Компринт», 2016. 328 с.
35. Носко Б. С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. Київ, 1990. 224 с.
36. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив: монографія. Київ : Нічлава, 2002. 344 с.
37. Цвей Я. П., Мазур Г. М. Особливості впливу системи удобрення цукрових буряків на фонд обмінного калію чорнозему вилугуваного. *Агроекологічний журнал*. 2001. № 1. С. 55–57.
38. Зміна агрохімічних показників чорнозему типового залежно від довготривалого застосування добрив у Лісостепу / Я. П. Цвей та ін. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 7. С. 11–15.
39. Наукові дослідження з моніторингу та обстеження сільськогосподарських угідь України за результатами X туру (2011–2015 рр.) / [за ред. І. П. Яцука]. Київ, 2018. С. 66.
40. How Can Soil Quality Be Accurately and Quickly Studied? A Review / R. A. El Behairy et al. *Agronomy*. 2024. VOL. 14(8). 1682. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14081682>.
41. Мусієнко М. М., Бацманова Л. М., Войцехівська О. В. Глобальні зміни клімату та концептуальні основи сталого розвитку агроєкосистем. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 21–30. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220054>

42. Effect of organic soil amendments on soil quality in oil palm production / D. K. Boafo et al. *Applied Soil Ecology*. 2020. Vol. 147. 103358. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.09.008>.

43. Gu L.-P., Kong J.-J., Chen K., Guo Y. Q. Monitoring soil biological properties during the restoration of a phosphate mine under different tree species and plantation types. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019. Vol. 180. P. 130–138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.05.001>.

44. Sustainable soil use and management: An interdisciplinary and systematic approach / D. Hou et al. *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 729. P. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138961>.

45. Monitoring soil quality changes in diversified agricultural cropping systems by the soil management assessment framework (SMAF) in southern Brazil / F. B. da Luz et al. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2019. Vol. 281. P. 100–110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.006>.

46. Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В., Кучер Л. І., Вітвіцька О. І. Концепція оцінки якості та охорони земель в Україні. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Вип. 1, № 2. С. 30–38. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2020.02.030>.

47. Karlen D. L., Ditzler C. A., Andrews S. S. Soil quality: Why and how? *Geoderma*. 2003. Vol. 114, no 3–4. P. 145–156. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00039-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00039-9).

48. Oviedo Celis R. A., Gamboa C. H., Pascual J. A., Ros M.. Conceptual and practical challenges of assessing soil quality. *Soil Use and Management*. 2024. Vol. 40, Iss. 4. e13137. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.13137>.

49. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Формування екологічно стійких агроландшафтів в умовах змін клімату. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 4. С. 13–21. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2013_4_4.

50. Шевченко І. П., Коломієць Л. П., Кравець С. В., Шквир І. М. Оптимізація агроландшафтних систем як основа збалансованого розвитку аграрного виробництва. *Землеробство*. 2015. Вип. 2. С. 31–37. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2015_2_7.

51. Медведєв В. В., Булигін С. Ю., Булигіна М. Е. Сучасні системи землеробства і проблема обробітку ґрунту. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 127–134. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220168>.

ДЛЯ ПОДАТОК

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ДАВИДЮК Ганна Володимирівна
ШКАРІВСЬКА Людмила Іванівна
КЛИМЕНКО Ірина Іванівна
ДОВБАШ Надія Іванівна
КУЩУК Марина Анатоліївна
ГІРНИК Віктор Володимирович

**СТАБІЛІЗАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ
ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА
В АГРОЛАНДШАФТАХ ЛІСОСТЕПУ**

Науково-методичні рекомендації

Підписано до друку 10.11.2025.
Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Друк цифровий. Друк. арк. 2,75.
Умов. друк. арк. 2,56. Обл.-вид. арк. 2,6.
Наклад 100 прим. Зам. № 9734/21.

Видавець та виготовлювач ТОВ «ТВОРИ».
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.
21034, м. Вінниця, вул. Немирівське шосе, 62а.
Тел.: 0 (800) 33-00-90, (096) 97-30-934, (093) 89-13-852.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>