

## ВПЛИВ ТРИВАЛОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ НА АГРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО

**В. І. Чабан, О. Ю. Подобед**

Державна установа Інститут зернових культур НААН, вул. Володимира Вернадського, 14, м. Дніпро, Україна, 49009

**Актуальність.** Інтенсивне, незбалансоване сільськогосподарське використання ґрунтів призводить до поширення деградаційних процесів. Вони зумовлюють погіршення їх якісного стану. Багаторічні стаціонарні спостереження дозволяють встановити направленість процесів у ґрунті та удосконалити системи землеробства, спрямовані на стабілізацію та відновлення родючості ґрунту. **Мета дослідження.** Визначити вплив тривалого сільськогосподарського використання чорнозему звичайного на агрохімічні показники родючості. **Матеріали і методи.** Дослідження проводили у стаціонарному досліді (атестат № 044). Вивчали вплив тривалого застосування добрив (з 1991 р.) у зерно-трав'яній сівозміні на фізико-хімічні та агрохімічні показники родючості ґрунту. Аналізи та оцінку якісного стану ґрунту проводили за чинними ДСТУ. **Результати.** Встановлено закономірності змін основних показників родючості чорнозему звичайного за систематичного застосування систем удобрення та способів основного обробітку ґрунту в зерно-трав'яній сівозміні. Фізико-хімічні властивості залишилися сприятливими для вирощування польових культур При співвідношенні між стерньовими і просапними культурами 71:29 % за тридцяти річний період екстенсивного використання (контроль, без добрив), вміст гумусу (0–20 см) утримувався на рівні вхідного (4,79–4,85 і 4,83 %). При початковій підвищеній забезпеченості ґрунту фосфором, його вміст залишався у сталому стані (141–149 і 137 мг/кг). Вміст калію знизився на 45–47 мг/кг (134–136 і 181 мг/кг). Системи удобрення не викликали різких змін реакції ґрунтового розчину чорнозему звичайного. Органічна система (гній 11,4 т/га) забезпечувала достовірне підвищення вмісту гумусу (на 0,18 і 0,15 %) порівняно з контролем (4,79 і 4,85 %). Вміст азоту нітратів під впливом добрив підвищувався на 13–21 %. На вміст P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> більше впливали органо-мінеральна і мінеральна системи удобрення (30–36 %), органічна K<sub>2</sub>O – (29–35 %). **Висновки.** При тривалому сільськогосподарському використанні чорнозему звичайного, значення активної кислотності (0–20 см) коливалося в діапазоні оптимальних параметрів рН<sub>вод.</sub> ґрунтового розчину (7,07–7,42). Системи удобрення суттєво не впливали на суму обмінних Ca<sup>2+</sup> і Mg<sup>2+</sup>, вміст яких зберігався на високому рівні (29,8–31,2 мг-екв/100 г). Переважання у структурі посівів стерньових культур над просапними (71:29 %), було ефективним для збереження гумусу на абсолютному контролі. У варіанті за органічної системи удобрення проявлялась стійка тенденція підвищення вмісту гумусу відносно вихідного значення перед закладанням дослідів. Тривале систематичне застосування добрив суттєво коригує поживний режим ґрунту підвищуючи рухомість елементів живлення.

**Ключові слова:** чорнозем звичайний, агрохімічні показники родючості, сівозміна, система удобрення, обробіток ґрунту

**Вступ.** Пріоритетною галуззю агропромислового комплексу залишається виробництво зерна та іншої продукції рослинництва. Вагомий внесок у забезпечення продовольчої та економічної безпеки України належить степовій зоні. Регіон має достатній потенціал ґрунтово-кліматичних ресурсів для забезпечення високої продуктивності зернових і технічних культур [1]. Разом з тим, освоєння ґрунтового покриву Степу перевищує допустимі екологічні нормативи для агроландшаф-

тів [2]. Інтенсивне сільськогосподарське використання спрощених сівозмін, обробітку ґрунту та низького рівня застосування добрив призвело до поширення деградаційних процесів, які зумовлюють виснаження ґрунтів [3]. За період 1961–2010 рр. середньозважений вміст гумусу в ґрунтах степової зони зменшився з 3,96 до 3,40 % [4]. Також, простежується тенденція зниження середньозваженого вмісту в орному шарі ґрунту рухомих форм фосфору (з 108 до 101 мг/кг) та ка-

### Інформація про авторів:

**Чабан Володимир Ілліч**, канд. с.-г. наук, п. н. с. лаб. землеробства та родючості ґрунтів, e-mail: [cvi2209@gmail.com](mailto:cvi2209@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-4763-0689>

**Подобед Оксана Юрїївна**, канд. с.-г. наук, с. н. с. лаб. землеробства та родючості ґрунтів, e-mail: [oksana.podobed@gmail.com](mailto:oksana.podobed@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-9993-7052>

лію (з 137 до 130 мг/кг) [5]. Негативно позначаються на стані ґрунтів і кліматичні зміни [6]. За визначеннями науковців, зростання температури та зменшення кількості опадів спричинили дефіцит вологи в ґрунті, що зумовлює посилення процесів мінералізації органічної речовини, порівняно з гуміфікацією [7].

Серед технологічних заходів, які найбільше впливають на поліпшення потенційної і ефективної родючості ґрунту є системи удобрення [8–10]. Однак, при дефіциті добрив, і, перш за все, органічних, дієвим механізмом впливу на властивості ґрунту є сівозмінна з оптимальними концентрацією посівів і співвідношенням між стерньовими і просапними культурами. Це дозволяє не тільки підвищити продуктивність ґрунту і урожайність польових культур, а і зменшити втрати гумусу на мінералізацію [11].

Незважаючи на погіршення показників родючості чорноземів Степу в останні десятиліття, вони ще відзначаються значним резервом поживних речовин для рослин. Враховуючи те, що якісний стан ґрунтового покриву визначає екологічну і продуктивну сталість агроценозу, проблема збереження та раціонального використання ґрунтів залишається актуальною. Багаторічні стаціонарні дослідження дозволяють встановити направленість процесів у ґрунті та удосконалити системи землеробства, спрямовані на стабілізацію та відновлення родючості ґрунту. *Мета роботи* – визначити вплив тривалого сільськогосподарського використання чорнозему звичайного степової зони на агрохімічні показники родючості.

**Матеріали та методи.** Дослідження проведені в межах виконання ПНД 02 «Системи землеробства і землекористування» (2021–2025 рр.). Стаціонарний польовий дослід закладено у 1991 р. на Розівській дослідній станції ДУ Інститут зернових культур НААН (атестат № 044 реєстру довгострокових стаціонарних польових дослідів України [12]). Ґрунтовий покрив дослідного поля – чорнозем звичайний малогумусний легкоглинистий (за класифікацією FAO/WRB 2014 – Calcic Chernozems). Вміст гумусу 4,6–4,8 %. Реакція ґрунтового розчину нейтральна. Забезпеченість ґрунту азотом нітратів – середня; фосфором і калієм (за Чириковим) – під-

вищена і висока. Клімат – помірно-континентальний, середньорічна температура повітря – 9,4 °С, сума опадів – 522 мм.

З 2020 р. розпочалась V ротація зерно-трав'яної сівозміни (еспарцет на 1 укіс, пшениця озима, соняшник, кукурудза на зерно, горох, пшениця озима, ячмінь ярий з підсівом трав). Схемою досліду передбачено два способи основного обробітку ґрунту: полицевий (оранка на глибину 20–28 см) і безполицевий (чизелювання на глибину 20–30 см). На їх фоні вивчали чотири системи удобрення (з розрахунку на 1 га сівозмінної площі): контроль (без добрив); органічна (гній, 11,4 т/га); органо-мінеральна (гній, 5,7 т/га + N<sub>24</sub>P<sub>29</sub>K<sub>21</sub>); мінеральна (N<sub>51</sub>P<sub>46</sub>K<sub>36</sub>). Добрива вносили під основний обробіток ґрунту залежно від схеми досліду. Зразки ґрунту з орного шару (0–20 см) відбирали в полі після соняшника, у двох несуміжних повтореннях (за ДСТУ 4287:2004). Оцінювали вплив агрозаходів на агрохімічні показники родючості чорнозему звичайного (за ДСТУ 4362:2004).

У пробах ґрунту визначали загальний вміст гумусу методом І. І. Тюріна в модифікації С. М. Симакова (ДСТУ 4289:2004); обмінного кальцію та магнію в 0,1 н. КСІ (ГОСТ 26487-85); рН водної витяжки (ДСТУ 8346:2015); вміст нітратного азоту (ДСТУ 4729:2007); рухомих сполук фосфору і калію за Чириковим (ДСТУ 4115:2002). Статистичну обробку масивів даних проводили використовуючи прикладні програми у складі Excel 2010 та Statistica (version 6).

**Результати та обговорення.** За результатами досліджень встановлено загальну закономірність змін основних показників родючості чорнозему звичайного під впливом систематичного застосування різних систем удобрення та способів основного обробітку ґрунту в зерно-трав'яній сівозміні. Реакція ґрунтового розчину безпосередньо впливає, як на рослини, так і на всі хімічні, фізико-хімічні та біологічні процеси в ґрунті, і тим самим, визначає рівень мінерального живлення рослин. Як свідчать отримані дані, при тривалому сільськогосподарському використанні ґрунту, фізико-хімічні властивості залишилися сприятливими для вирощування польових культур, а значення активної кислотності орного шару змінювалися в діапазоні оптимальних параметрів рН<sub>вод.</sub> ґрунто-

вого розчину (7,07–7,42) (табл. 1). Такий рівень кислотності є типовим для чорноземів і позитивно позначається на їх агрофізичній

властивості, мікробіологічній активності, мінеральному живленні рослин та свідчить про високу окультуреність ґрунту.

**Таблиця 1. Фізико-хімічні показники ґрунту залежно від систем удобрення та обробітку ґрунту (0–20 см), 2016–2021 рр.**

Система удобрення	рН <sub>вод.</sub>	Вміст обмінних катіонів, мг-екв/100 г		
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	∑ Ca, Mg
<b>Полицевий обробіток</b>				
Вихідне значення, 1991 р.	7,52			
Без добрив (контроль)	7,27	26,6	4,25	30,9
Гній 11,4 т/га (органічна)	7,41	27,1	4,19	31,2
Гній 5,7 т/га + N <sub>24</sub> P <sub>29</sub> K <sub>21</sub> (органомінеральна)	7,24	25,8	4,06	29,8
N <sub>51</sub> P <sub>46</sub> K <sub>36</sub> (мінеральна)	7,07	26,1	4,19	30,3
Середнє по обробітку	7,25	26,4	4,17	30,6
НІР <sub>05</sub>	0,20	0,80	F <sub>ф</sub> < F <sub>кр</sub>	
<b>Безполицевий обробіток</b>				
Вихідне значення, 1991 р.	7,52			
Без добрив (контроль)	7,29	26,9	3,88	30,8
Гній 11,4 т/га (органічна)	7,42	26,9	3,99	30,9
Гній 5,7 т/га + N <sub>24</sub> P <sub>29</sub> K <sub>21</sub> (органомінеральна)	7,19	26,5	3,75	30,3
N <sub>51</sub> P <sub>46</sub> K <sub>36</sub> (мінеральна)	7,19	26,2	3,94	30,1
Середнє по обробітку	7,27	26,6	3,89	30,5
НІР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>кр</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>кр</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>кр</sub>	

Встановлено, що за 30 років систематичного застосування мінеральних добрив спостерігається тенденція до підкислення ґрунту (0–20 см). Проте, достовірне зниження рН<sub>вод.</sub> з 7,27 до 7,07 одиниць (НІР<sub>05</sub> 0,20) відносно контролю відмічалось тільки на фоні полицевого обробітку, при збереженні нейтральної реакції ґрунтового середовища.

Найвище значення рН<sub>вод.</sub> (7,41), упродовж усього періоду досліджень, зафіксовано у варіанті органічної системи удобрення. Тобто, застосування гною сприяло підтриманню реакції ґрунтового розчину на рівні природного агрохімічного фону, незалежно від способу основного обробітку ґрунту.

Порівняння поточних показників із початковим рівнем при закладанні досліду (рН<sub>вод.</sub> 7,52) виявило, що за 30 років на контролі рН<sub>вод.</sub> ґрунтового розчину поступово знизився на 0,23–0,25 одиниць залежно від способу основного обробітку ґрунту. Даний факт пояснюється тим, що при нестійкому зволоженні, вирощування культур без внесення добрив посилює дефіцит кальцію, внаслідок чого реакція середовища має тенденцію до підкислення. Органічна система удобрення забезпечувала стабілізацію рН<sub>вод.</sub> на

рівні, близькому до початкового агрохімічного фону, що зумовлено поверненням у ґрунт значної кількості кальцію з гноєм. Найбільш помітне зниження реакції середовища відносно початкового спостерігалось на варіантах із застосуванням мінеральних добрив – значення рН<sub>вод.</sub> зменшилося на 0,45 одиниці на фоні оранки та на 0,33 одиниці – на фоні безполицевого обробітку. Водночас, навіть при цьому, реакція ґрунтового розчину залишалася у межах нейтрального діапазону.

Таким чином, добрива впливають на реакцію ґрунтового розчину чорнозему звичайного, проте вони не викликають різких змін кислотності/лужності, а лише поступову трансформацію показників рН<sub>вод.</sub> у часі.

У ґрунтах досліду протягом чотирьох ротаций сівозміни зберігається високий вміст обмінних кальцію та магнію. Аналіз аналітичних даних свідчить, що системи удобрення суттєво не впливали на сумарний вміст основ, як на фоні полицевого (29,8–31,2 мг-екв/100 г), так і безполицевого (30,1–30,9 мг-екв/100 г) обробітків ґрунту (табл. 1). Однак, необхідно відзначити, що багаторічне насичення сівозміни добривами спричинило деякі зміни вмісту Ca<sup>2+</sup> та Mg<sup>2+</sup>. На варіантах орга-

но-мінеральної та мінеральної систем удобрення відмічено тенденцію до зниження (на 0,40–0,80 мг-екв/100 г) вмісту кальцію порівняно з контролем на обох обробітках ґрунту. Тільки по органічній системі удобрення він підтримувався на рівні контролю, за рахунок привнесення елемента з гноєм. Про слабке підкислення чорноземів через втрату кальцію відмічають С. А. Балюк та ін., [13], проте, внаслідок міграційно-пульсаційного режиму карбонатів кальцію загрози декальцинації ґрунтів немає.

Обмінний магній ( $Mg^{2+}$ ), навпаки, демонстрував чутливішу реакцію до способів обробітки: за полицевого – вміст  $Mg^{2+}$  був достовірно вищим, ніж за безполицевого (на 0,2–0,4 мг-екв/100 залежно від варіанта). Це свідчить про кращі умови для мінералізації органічної речовини та нагромадження елемента у верхньому шарі при глибокому розпушенні ґрунту. Загалом, полицевий обробіток сприяв вищому вмісту обмінного магнію та незначному підвищенню суми обмінних катіонів, тоді як безполицевий – забезпечував стабільний рівень кальцію, з дещо зниженою кількістю магнію. Це варто враховувати при тривалому застосуванні безполицевих систем обробітки для запобігання виснаження ґрунту на обмінний магній.

Інтенсивне використання ґрунтів призводить до поширення антропогенної деградації. Наслідком цього є зниження вмісту гумусу, який залишається найважливішим критерієм оцінки якісного стану ґрунтового покриву. Аналіз даних вмісту гумусу після закінчення IV ротації сівозміни свідчить, що

в шарі 0–20 см на ділянках контролю він становив 4,79 і 4,85 % на фоні полицевого і безполицевого обробіток ґрунту (табл. 2). Відмінності між його вмістом, залежно від способів основного обробітки, математично недостовірні. Разом з тим, оцінюючи вплив систем удобрень на органічну складову ґрунту, зазначимо, що тільки у варіантах з внесенням гною встановлено стійке підвищення вмісту гумусу на фоні полицевого обробітки на 0,18 % ( $НІР_{05}$  0,16 %) абсолютних одиниць, на фоні безполицевого – на 0,15 %. У варіантах органо-мінеральної системи – проявлялась тільки тенденція підвищення (на 0,10–0,04 %), але ці зміни статистично недостовірні. При застосуванні тільки мінеральних добрив вміст гумусу (4,75–4,87 %) знаходився на рівні контролю.

Взагалі, порівняння вмісту органічної речовини у ґрунті наприкінці IV ротації сівозміни з початковим (4,83 %), дозволяє констатувати, що переважання у структурі посівів стерньових культур (трави, пшениця, ячмінь, горох) над просапними (кукурудза, соняшник) з співвідношенням, як 71:29 %, було ефективним для гумусонакопичення. В середньому, вміст гумусу на варіантах контролю (без добрив) і мінеральної системи удобрення утримувався на рівні початкового (4,79 і 4,75 %) на фоні оранки і дещо вище (4,85 і 4,87 %) на фоні безполицевого обробітки ґрунту. У варіанті з органічною системою удобрення спостерігалась стійка тенденція підвищення вмісту гумусу навіть відносно початкового значення (на 0,14 і 0,17 %) по обох обробітках.

**Таблиця 2. Вплив систем удобрення і обробітки ґрунту на вміст гумусу у чорноземі звичайному (0–20 см), 2016–2021 рр.**

Система удобрення	Обробіток ґрунту					
	полицевий			безполицевий		
	гумус, %	± до контролю	± до вихідного	гумус, %	± до контролю	± до вихідного
Вихідне значення, 1991 р.	4,83					
Контроль	4,79	–	–0,04	4,85	–	0,02
Органічна	4,97	0,18	0,14	5,00	0,15	0,17
Органо-мінеральна	4,89	0,10	0,06	4,89	0,04	0,06
Мінеральна	4,75	–0,04	–0,08	4,87	0,02	0,04
Середнє по обробітку	4,85			4,90		
$НІР_{05}$	0,16			$F_{\phi} < F_{кр}$		

За даними Р. П. Богдановича, М. О. Кудлай при збільшенні на 10 % частки просап-

них культур у сівозміні, щорічні втрати гумусу зростають на 0,2–0,4 т/га. Тобто, наяв-

ність у структурі посівів трав та переважання культур суцільної сівби уповільнює втрати органічної речовини та дозволяє підтримувати вміст гумусу на вихідному рівні [14].

Діагностичними критеріями якісного стану ґрунтів є і забезпеченість рухомими формами елементів живлення. Формування їх запасів у ґрунті значною мірою визначається системою удобрення, яка виступає основним регулятором поживного режиму. Тривале систематичне застосування добрив суттєво коригує поживний режим ґрунту, що, на думку А. О. Христенко є єдиним фактором, здатним регулювати природний рівень елементів живлення у такій відкритій термодинамічній системі, як ґрунт [15].

Для оцінки впливу агротехнічних заходів на рівень азотного живлення проведено узагальнення даних забезпеченості ґрунту рухомим азотом (табл. 3). Слід зазначити, що вміст нітратного азоту у ґрунті схильний до

якісних сезонних змін, це пов'язано з умовами проходження процесів амоніфікації, нітрифікації та потреб рослин в елементі. У зв'язку з тим, що зразки ґрунту відбирали у фазу повної стиглості соняшника, його значення в орному горизонті знаходились межах низької забезпеченості (<10 мг/кг). Середній вміст азоту нітратів (0–20 см) по органічній системі за полицевого обробітку підвищився на 0,8 мг/кг (13 %), за чизелювання – на 1,2 мг/кг (19 %) порівняно з 6,1 і 6,3 мг/кг на контролях, відповідно. У варіантах органо-мінеральної і мінеральної систем удобрення зростання значень N-NO<sub>3</sub> у межах обробітків становило 0,9–1,3 мг/кг (15–21 %). Дисперсійний аналіз (критерій Фішера) показав статистично достовірну, за 5 % рівнем значущості, дію добрив на вміст азоту нітратів у сівоzmіні ( $F_{\text{ф}} = 24,78 > F_{\text{кр.}} = 9,28$   $p = 0,0128$ ). Обробіток ґрунту не мав впливу на його значення ( $F_{\text{ф}} = 9,02 < F_{\text{кр.}} = 10,13$   $p = 0,058$ ).

**Таблиця 3. Вплив систем удобрення і обробітку ґрунту на вміст азоту нітратів у чорноземі звичайному (0–20 см), 2016–2021 рр.**

Обробіток ґрунту	Система удобрення				Середнє по обробітку
	контроль	органічна	органомінеральна	мінеральна	
Полицевий	6,1	6,9	7,0	7,4	6,9
Безполицевий	6,3	7,5	7,5	7,5	7,2
Середнє	6,2	7,2	7,3	7,5	

ґрунти досліджу відзначалися високим вмістом рухомих сполук фосфору (за Чириковим). Навіть на контролі забезпеченість фосфатами була підвищеною і становила 141–149 мг/кг (табл. 4). Формування запасів рухомого фосфору відбувалося, головним чином, під впливом багаторічного внесення органічних і мінеральних добрив у сівоzmіні, що статистично достовірно сприяло підвищенню забезпеченості ґрунту фосфором ( $F_{\text{ф}} = 41,40 > F_{\text{кр.}} = 9,28$ ,  $p = 0,006$ ). На удобрених

варіантах вміст рухомого фосфору відповідав високому рівню (172–195 мг/кг). При цьому мінеральні добрива забезпечували найбільше підвищення його рухомості — на 30–36 %, тоді як органічні – на 15–22 %, незалежно від способу обробітку ґрунту. Разом з тим, способи основного обробітку ґрунту істотно не впливали на значення P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – його середньозважений вміст був однаковим (173–179 мг/кг).

Динаміка елемента мінерального жив-

**Таблиця 4. Вплив систем удобрення і обробітку ґрунту на вміст рухомого фосфору у чорноземі звичайному (0–20 см), 2016–2021 рр.**

Система удобрення	Обробіток ґрунту					
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	полицевий		безполицевий		
		± до контролю	± до вихідного	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	± до контролю	± до вихідного
Вихідне значення, 1991 р.	137					
Контроль	141	–	4	149	–	12
Органічна	172	31	35	172	23	35
Органомінеральна	192	51	55	193	44	56
Мінеральна	187	46	50	203	54	66
Середнє по обробітку	173			179		

лення засвідчила, що за 30 років систематичного внесення добрив вміст рухомих форм фосфору збільшився на 35–66 мг/кг порівняно з початковим рівнем (137 мг/кг), в середньому на 1,2–2,2 мг/кг ґрунту щороку. Це узгоджується з даними агрохімічного обстеження ґрунтів України, відповідно яким, за систематичного внесення добрив, навіть в умовах від’ємного балансу фосфору, спостерігається поступове підвищення фосфатного рівня ґрунтів [16]. Натомість, на неудобреному варіанті його кількість залишалася на початковому рівні. За свідченням Б. С. Носка незмінний уміст рухомих фосфатів (за Чириковим) на контрольному варіанті свідчить про високу буферність чорнозему і його здатність тривалий період підтримувати ці показники в зрівноваженому стані попри від’ємний баланс фосфору [17].

Чорноземи звичайні характеризуються

достатньою забезпеченістю калієм (табл. 5). Його вміст на контролі відповідав високому рівню (134–136 мг/кг). За впливом на рухомість  $K_2O$ , серед систем удобрення, переважала органічна система, де його підвищення становило 29–35 % (173–183 мг/кг). Покращувався калійний режим ґрунту і у варіантах органо-мінеральної та мінеральної систем удобрення – вміст його рухомих форм зростав на 8–10 і 16–17 % (145–158 мг/кг). Дія добрив на вміст елементу у ґрунті статистично достовірна ( $F_{\phi} = 47,88 > F_{кр} = 9,28$ ,  $p = 0,0049$ ). Певний вплив на його вміст мали і способи основного обробітку ґрунту. Середньозважені значення  $K_2O$  на фоні безпліцевого обробітку (чизелювання) перевищували оранку (159 і 150 мг/кг), що мало математичне підтвердження ( $F_{\phi} = 13,04 > F_{кр} = 10,13$ ,  $p = 0,036$ ).

На відміну від фосфору, калійна систе-

**Таблиця 5. Вплив систем удобрення і обробітку ґрунту на вміст рухомого калію у чорноземі звичайному (0–20 см), 2016–2021 рр.**

Система удобрення	Обробіток ґрунту					
	полицевий			безполицевий		
	$K_2O$ , мг/кг	± до контролю	± до вихідного	$K_2O$ , мг/кг	± до контролю	± до вихідного
Вихідне значення, 1991 р.	181					
Контроль	134	–	–47	136	–	–45
Органічна	173	39	–8	183	47	2
Органо-мінеральна	145	11	–36	159	23	–22
Мінеральна	147	13	–34	158	22	–23
Середнє по обробітку	150			159		

ма ґрунту, в межах часового простору, потерпала більших змін. Найбільше зниження вмісту калію (на 45–47 мг/кг), порівняно з початковим (181 мг/кг) перед закладанням дослідів, спостерігалось у варіантах абсолютного контролю (табл. 5). У даному разі, вміст калію у ґрунті поступово зменшувався, у середньому на 1,6 мг/кг ґрунту, щороку. Це проходить за рахунок значного виносу елементу урожаєм культур сівозміни на фоні низького його повернення у ґрунт. Встановлену нами залежність поділяє і В. І. Лопушняк, за висновком якого, зниження вмісту рухомих сполук калію в ґрунті може відбуватися інтенсивніше, ніж азоту та фосфору [18].

Вміст калію в орному шарі ґрунту знижувався, але меншою мірою (на 22–36 мг/кг), і у варіантах органо-мінеральної і мі-

неральної систем удобрення. Систематичне застосування добрив у сівозміні сприяло деякому накопиченню елемента порівняно з контролем. Але, тільки органічна система удобрення сприяла підтриманню вмісту калію на рівні вихідного (173–183 і 181 мг/кг), що вказує на визначальну роль гною для зрівноваженого балансу елемента. Отримані дані узгоджуються з результатами досліджень на чорноземі опідзоленому, де за систематичного удобрення вміст рухомих сполук поживних речовин (насамперед, фосфору та калію) у ґрунті підвищувався за рахунок накопичення залишкових сполук добрив, а інтенсивність цього процесу визначалась дозою добрив і гранулометричним складом ґрунту [18].

**Висновки.** У сівозміні з співвідношенням між стерньовими і просапними культу-

рами 71:29 % за тридцятирічний період екстенсивного (контроль, без добрив) використання чорнозему звичайного вміст гумусу у шарі ґрунту (0–20 см) утримувався на рівні вхідного (4,79–4,85 і 4,83 %). У цьому випадку, при початковій підвищеній забезпеченості ґрунту фосфором, його вміст залишався у сталому стані (141–149 і 137 мг/кг). Вміст калію знизився на 45–47 мг/кг порівняно з вихідним перед закладанням досліду (134–136 і 181 мг/кг).

Системи удобрення не викликали різ-

ких змін реакції ґрунтового розчину чорнозему звичайного – простежувалась поступова трансформація значень  $pH_{\text{вод.}}$  у часі. Органічна система удобрення забезпечувала достовірне підвищення вмісту гумусу (на 0,18 і 0,15 %) порівняно з контролем (4,79 і 4,85 %). Вміст азоту нітратів у варіантах систем удобрення підвищувався на 13–21 %. На вміст  $P_2O_5$  більше впливали органо-мінеральна і мінеральна системи удобрення (30–36 %), та  $K_2O$  – органічна (29–35 %).

### Використана література

1. Наукові основи агропромислового виробництва у зоні Степу України (редкол.: М. В. Зубець (голова) та ін.). Київ: Аграрна наука, 2010. 986 с.
2. Періодична доповідь про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України (за ред. Яцука І.П.). Київ: ДУ «ОГ України», 2015. 120 с.
3. Балюк С. А., Кучер А. В., Максименко Н. В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми і стратегія сталого управління. *Український географічний журнал*. 2021. 2 (114). С. 3–11. doi: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.02>
4. Балюк С. А., Носко Б. С., Скрильник Є. В. Сучасні проблеми біологічної деградації чорноземів і способи збереження їх родючості. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 1. С. 11–17. doi: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk201601-02>
5. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України [С. А. Балюк, В. В. Медведєв, О. Г. Тараріко, В. О. Греков, А. Д. Балаєв]. Київ: ТОВ «ВИК ПРИНТ», 2010. 111 с.
6. Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти: колективна монографія (за наук. ред. С. А. Балюка, В. В. Медведєва, Б. С. Носка). Харків: Стильна типографія, 2018. 364 с.
7. Дегтярьов В. В., Щербаков О. Ю. Уміст гумусу в чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України у зв'язку з глобальними змінами клімату. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 95. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н.Соколовського". 2023 С. 60–68. doi: <https://doi.org/10.31073/acss95-06>
8. Скрильник Є. В., Кутова А. М., Гетманенко В. А., Артем'єва К. С., Ніконенко В. М. Вплив систем удобрення на органічну речовину та агрохімічні показники чорнозему типового. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Межвід. тем. наук. збірник. Вип. 88. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". 2019. С. 74–78. doi: <https://doi.org/10.31073/acss88-1>
9. Господаренко Г. М., Трус О. М. Вплив тривалого застосування добрив на показники родючості чорнозему опідзоленого та продуктивність польової сівозміни. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2011. № 1. С. 17–21.
10. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Кривда Ю. І. Показники родючості чорнозему опідзоленого після тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Житомирського національного агро-екологічного університету*. Житомир, 2015. Т. 1. № 2 (50). С. 3–9.
11. Харченко О. В., Масик І. М., Міщенко Ю. Г., Давиденко Г. А. Екологічна оцінка різних сівозмін за балансом гумусу. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Агрономія і біологія», випуск 3 (29), 2015. С. 126–129. URL <http://gero.sau.sumy.ua/handle/123456789/3077>
12. Довгострокові стаціонарні польові дослідження України. Реєстр атестатів. / за редакцією П.І. Коваленка, В.І. Кисіля, М.В. Лісового. Харків, 2006. Видавництво: „Друкарня № 13”. С. 56–57.
13. Балюк С. А., Воротинцева Л. І., Соловей В. Б., Шимель В. В. Реалії українського чорнозему: сучасний стан, еволюція, охорона та стале управління. *Вісник аграрної науки*. 2023. Т. 101. № 3. С. 5–13. doi: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202303-01>
14. Богданович Р. П., Кудлай М. О. Вплив різних норм і видів органічних добрив на показники гумусного стану чорнозему типового. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 9. С. 12–15.
15. Христенко А. О. Експертна оцінка забезпеченості орних земель України макроелементами живлення рослин. *Вісник аграрної науки*. 2016. Т. 94 № 1. С. 18–22. doi: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk201601-03>
16. Христенко А. О. Теоретичні проблеми методології балансового оцінювання кругообігу макроелементів живлення в системі «добриво-ґрунт-рослина». *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 90. Харків: ННЦ "ІГА ім. О. Н. Соколовського". 2020. С. 47–56. doi: <https://doi.org/10.31073/acss90-05>
17. Носко Б. С. Сучасні проблеми фосфору в землеробстві і шляхи їх розв'язання. *Вісник аграрної науки*. 2017. Т. 95. № 6. С. 5–12. doi: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk201706-01>
18. Лопушняк В. І. Вплив систем удобрення на калійний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2013. Вип. 2 (62). С. 215–223.
19. Мірошніченко М. М., Христенко А. О., Гладкіх Є. Ю. 50-ти річна динаміка вмісту рухомих сполук азоту, фосфору і калію в чорноземі опідзоленому за даними стаціонарного польового дослідження. *Вісник аграрної науки*. 2021. Том 99 № 8. С. 5–14. doi: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202108-01>

## References

1. Zubets, M. V., Sytnyk, V. P., & Bezuhlyy, M. D. (Eds.). (2010). *Naukovi osnovy ahropromysloвого vyrobnytstva v zoni Stepu Ukrainy* [Scientific basis of agro-industrial production in the steppe zone of Ukraine]. Kyiv: Agrarian Science. [in Ukrainian]
2. Yatsuka, I. (Ed.). (2015). *Periodychna dopovid pro stan gruntiv na zemliakh silskohospodarskoho pryznachennia Ukrainy* [Periodic report on the state of soils on agricultural lands of Ukraine]. Kyiv: DU «IOH Ukrainy». [in Ukrainian]
3. Baliuk, S., Kucher, A., & Maksymenko, N. (2021). Soil resources of Ukraine: state, problems and strategy of sustainable management. *Ukrainian Geographical Journal*, 2, 3–11. doi: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.02>
4. Baliuk, S. A., Nosko, B. S., & Skrylnyk, Y. V. (2016). Modern problems of biological degradation of black earth and ways of preserving their fertility. *Visnyk Ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 1, 11–17–124. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201601-02> [in Ukrainian].
5. Baliuk, S., Medvedev, V., Tararik, O., Grekov, V., & Balaiev, A. (Eds.). (2010). National report on the state of soil fertility of Ukraine. Kyiv: TOV “VYK PRYNT”.
6. Baliuk, S. A., Medvediev, V. V., Nosko, B. S. (Eds.). (2018). *Adaptatsiia ahrotekhnolohii do zmin klimatu: gruntovo-ahrokhimichni aspekty* [Adaptation of agrotechnologies to climate change: soil-agrochemical aspects]. Kharkiv: Stylna typohrafiia [in Ukrainian]
7. Dehtiarov, V. V., & Shcherbakov, O. Y. (2023). Humus content in chernozems typical of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine in connection with global climate change. *Ahrokhimia i hruntoznavstvo* [Agro-Chemistry and Soil Science], 95, 60–68. <https://doi.org/10.31073/acss95-06> [in Ukrainian]
8. Skrylnyk, I., Kutovar, A., Hetmanenko, V., Artemieva K., & Nikonenko, V. (2019). Influence of fertilizers application systems on soil organic matter and agrochemical characteristics of the chernozem typical. *Ahrokhimia i hruntoznavstvo* [Agrochemistry and Soil Science], 88, 74–78. <https://doi.org/10.31073/acss88-10>. [in Ukrainian]
9. Hospodarenko, H. M., & Trus, O. M. (2011). The influence of long-term fertilizer application on the fertility indicators of podzolized chernozem and the productivity of field crop rotation. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy], 1, 17–21.
10. Hospodarenko, H. M., Prokopchuk, I., & Kryvda, Y. I. (2015). Fertility indicators of podzolized chernozem after long-term application of fertilizers in field crop rotation. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho Ahroekolohichnoho universytetu* [Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University], 1, 3–9. [in Ukrainian]
11. Kharchenko, O. V., Masik, I. N., Mishchenko, J. G., & Davidenko, G. A. (2015). Environment assessment of different crop rotations on the balance of humus. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*, 29 (3), 126–129. URL: <http://repo.sau.sumy.ua/handle/123456789/3077> [in Ukrainian]
12. Kovalenko, P. I., Kysil, V. I., & Lisovyi, M. V. (Eds.). (2006). *Statsionarni polovi doslidy Ukrainy. Reiestr atestativ* [Long-term stationary field experiments of Ukraine. Register of certificates]. Kharkiv: Drukarnia № 13. [in Ukrainian]
13. Balyuk, S. A., Vorotyntseva, L. I., Solovey, V. B., & Shymel, V. V. (2023). The realities of Ukrainian black soil: current state, evolution, protection and sustainable management. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 101, 5–13. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-01> [in Ukrainian]
14. Bohdanovych, R. P., & Kudlay, M. O. (2007). Vplyv riznykh norm i vydiv orhanichnykh dobryv na pokaznyky humusnoho stanu chornozemu typovoho. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science] 9, 12–15.
15. Hrystenko, A. (2016). Expert assessment of security of arable soils of Ukraine with macroelements of plant nutrition. *Bulletin of Agricultural Science*, 94, 18–22. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201601-03>
16. Khristenko, A. (2020). Theoretical problems of the methodology of balance assessment of the cycle of macroelements in the “fertilizer-soil-plant” system. *AgroChemistry and Soil Science*, 90, 47–56. <https://doi.org/10.31073/acss90-05>
17. Nosko, B. (2017). Modern problems of phosphorus in farming agriculture and ways of their solution. *Bulletin of Visnyk ahrarnoi nauky* [Agricultural Science], 95, 5–12. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201706-01>
18. Lopushniak, V. I. (2013). Influence of fertilization systems on potassium mode in dark grey podzol soils. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering: Agricultural Sciences*, 2 (62), 215–223. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnuvpgp\\_sg\\_2013\\_2\\_27](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnuvpgp_sg_2013_2_27).
19. Miroshnychenko, M., Khristenko, A., & Hladkikh, Y. (2021). 50-year dynamics of the content of moving compounds of nitrogen, phosphorus and potassium in degraded chernozem according to the stationary field experiment. *Visnyk Ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 99 (8), 5–14. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202108-01>

UDC 631.445.4 / .452

**Chaban, V. I., Podobed, O. Yu. Agrochemical indicators of the Calcic Chernozem fertility under the influence of long-term agricultural use. *Grain Crops*. 2025. 9 (2). 372–380.**

*State Enterprise Institute of Grain Crops of NAAS, 14 Volodymyr Vernadskiyi St., Dnipro, 49009, Ukraine*

**Topicality.** Intensive and unbalanced agricultural use of soils leads to the spread of degradation processes that cause deterioration of their qualitative state. Long-term stationary observations make it possible

to identify the direction of soil transformation processes and to improve farming systems aimed at stabilizing and restoring soil fertility. **Purpose.** To determine the effect of long-term agricultural use of Calcic Chernozem on agrochemical indicators of soil fertility. **Materials and Methods.** The study was conducted in a long-term stationary field experiment (Certificate No. 044). The effects of prolonged fertilizer application (since 1991) in a grain–grass crop rotation on the physicochemical and agrochemical properties of soil fertility were investigated. Soil analyses and the assessment of soil quality were carried out in accordance with current DSTU standards. **Results.** Regularities of changes in the main fertility indicators of Calcic Chernozem were established under systematic use of fertilization systems and tillage methods in the grain–grass crop rotation. The physicochemical properties remained favourable for field crop cultivation. Given the unfertilized control (stubble-to-row crop ratio – 71:29 %) over a 30-year period of extensive land use, the humus content (0–20 cm) remained close to the initial level (4.79–4.85 and 4.83 %). At the initial elevated phosphorus content in the soil, its content remained stable (141–149 and 137 mg/kg). The potassium content decreased by 45–47 mg/kg (134–136 and 181 mg/kg) compared to the initial level. Fertilisation systems did not cause sharp changes in the soil solution reaction. The organic fertilisation system provided a significant increase in humus content (by 0.15–0.18 %) compared with the control (4.79 and 4.85 %). Nitrate nitrogen content increased by 13–21 % under fertiliser application. The organo-mineral and mineral fertilisation systems had the greatest effect on available  $P_2O_5$  (30–36 %), while the organic system enhanced available  $K_2O$  (29–35 %). **Conclusions.** During long-term agricultural use of Calcic Chernozem, active acidity values (in 0–20 cm soil layer) fluctuated within the optimal range of soil solution pH (7.07–7.42). Fertilisation systems had no significant effect on the total content of exchangeable  $Ca^{2+}$  and  $Mg^{2+}$ , which remained at a high level (29.8–31.2 meq./100 g). The predominance of stubble crops over row crops (71:29 %) was effective for maintaining humus even in the unfertilized control. In the organic fertilisation system variant, there was a steady trend towards a humus accumulation relative to the initial level recorded before the start of the experiment. Long-term systematic fertilizer application significantly adjusted the soil nutrient regime, increasing the mobility of available nutrients.

**Key words:** *Calcic Chernozem, agrochemical indicators of fertility, crop rotation, fertilisation system, soil tillage*