

УДК 631.417.2:631.58

П.І. Бойко, д-р с.-г. наук

Д.В. Літвінов, д-р с.-г. наук

ННЦ «ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН»

О.В. Демиденко, д-р с.-г. наук

М.І. Блашук, канд. с.-г. наук

*ЧЕРКАСЬКА ДЕРЖАВНА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ДОСЛІДНА
СТАНЦІЯ*

ННЦ «ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН»

СТАН ГУМУСОВАНOSTІ ЧОРНОЗЕМІВ У СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА ЛІСОСТЕПУ

Найважливішим показником родючості та агроекологічного стану чорноземів є вміст гумусу. Органічна речовина цих ґрунтів визначає їх структурно-агрегатний стан, фізико-хімічні та обмінні властивості і в значній мірі слугує джерелом елементів живлення [1, 10, 11, 18, 20, 21, 40, 42, 43]. Гумус забезпечує стійкість чорноземів до зовнішніх впливів і тим самим підтримує одну з головних функцій – їхню біогенність [4, 9, 16, 21, 32, 34, 35, 41, 45, 47, 50].

Відомо, що у тій чи іншій мірі агротехнічні заходи впливають на властивості ґрунту. Зміни, які вони викликають, можуть бути тимчасовими, а іноді й стійкими, особливо при тривалому використанні. Це викликає необхідність постійних спостережень за змінами властивостей ґрунту, зокрема, агрофізичних, які зумовлюють водний, тепловий і поживний режими, їх вплив на вміст гумусу. Особливо актуально це в наш час, коли широко застосовуються підвищені дози добрив, важка техніка, нові знаряддя і прийоми обробітку ґрунту, різноротаційні сівозміни [14, 23, 24, 28, 51, 52].

Основою збереження зональної специфіки ґрунтоутворення і окультурювання слід вважати створення умов для збільшення в ґрунті кількості органічних речовин, передусім гумусу і обмінно-увібраного кальцію шляхом внесення органічних добрив і кальцієвмісних сполук (гіпсу, вапна, дефекату тощо) на фоні внесення мінеральних добрив, травосіяння та інших заходів [30]. У науковій літературі глибоко вивчено вплив сільськогосподарського використання на структурно-агрегатний склад ґрунту, зокрема механічного обробітку, внесення органічних добрив, вищипування різних сільськогосподарських рослин [2, 17, 27, 29, 38]. У результаті інтенсивних процесів мінералізації гумусу під дією антропогенних навантажень чорноземи набувають ознак агрофізичної деградації [19]. Багаточисельні дослідження показують активний розвиток дегуміфікації при розорюванні та їх подальшого використання в сільському господарстві [3, 31]. Застосування добрив, різних систем обробітку ґрунту та сівозмін є потужним

фактором, що впливає на параметри гумусного стану чорноземів і реалізації їх потенційної родючості через її ефективну форму [8, 12, 33, 37]. Однак, добрива приблизно лише на 50-60% задовольняють потреби зниження запасів гумусу [16] та балансу гумусу в чорноземах при вирощуванні тієї чи іншої культури.

Утворення структурних агрегатів пов'язане з розкладом органічних решток який інтенсивніше відбувається у верхньому шарі, при переважанні аеробного процесу. Значне погіршення структурного стану ґрунту під просапними культурами зумовлено малою кількістю рослинних решток у ґрунті після них та інтенсивним механічним обробітком. Щоб посилити процес нагромадження органічних речовин і утворення більшої кількості агрономічно цінних агрегатів необхідно вирощувати високі врожаї трав багаторічних. Покращення структурності ґрунту під травами багаторічними відбувається за рахунок наростання кореневої маси, що, у свою чергу, приводить до значного надходження органічних речовин у ґрунті і збільшує частку водостійких агрегатів [12, 20].

Аналіз літературних джерел з вибраної нами теми показує, що багато вчених присвятило значну увагу вивченню питання зміни гумусу та азоту за різних умов господарювання, дають повніші відповіді, що стосується зміни умісту гумусу та азоту в ґрунтах за різного використання в сучасних умовах [23, 25, 32].

В орних чорноземах (рілля >100 років) зміни умісту гумусу визначаються рівнем інтенсифікації землеробства: структурою посівних площ, співвідношенням у сівозміні просапних культур і культур суцільної сівби, питомою вагою трав багаторічних, рівнем внесення органічних і мінеральних добрив, використанням побічної продукції, сидеральних культур тощо [25]. заліснення і залуження (40-65 років) орних ґрунтів призводить до покращання всіх агрономічних показників: зростає кількість гумусу (перелоги 7,2-8,7%, під широколистяними породами -7,1-6,8 %, рілля 5,1-5,9%) [13]. Для відновлення структурного стану деградованих чорноземів типових у сільськогосподарському виробництві доцільно проводити залуження і заліснення територій як ефективний захід реанімації чорноземних ґрунтів. Під час планування системи сівозмін сільськогосподарським підприємствам включати одне-два поля трав багаторічних або однорічних, забезпечити в структурі посівів достатню кількість культур суцільної сівби, що сприятиме накопиченню в ґрунті органічних решток-джерела для утворення власне гумусових речовин, формуванню необхідної кількості агрономічно цінних водостійких агрегатів [32].

Приблизно у 80-і роки ХХ ст. людська спільнота усвідомила, що світові ґрунти опинилися на межі деградації й опустелювання, втрачають родючість, природні біологічні властивості й буферну ємність. Зокрема, у

Німеччині наголошено, що у найближчі 2-3 десятиліття настане настільки масштабна втрата ґрунтів, що за своїми наслідками перевершить навіть проблему глобальної зміни клімату [46].

Варто зазначити, що оцінюючи сучасний стан сільськогосподарських угідь учені доходять неоднакових висновків. Деякі з них вважають, що ступінь деградації земель перебільшений. Але статистика свідчить, що приблизно 15% поверхні суходолу Землі (а це майже 2 млрд га) уже деградувало внаслідок нераціональної діяльності людини. Причини деградації ґрунтів такі: водна ерозія – 56%, вітрова – 28%, хімічна – 12% і фізична – 4%. Великої шкоди ґрунтам завдає також перевипасання (35%), вирубування лісів (30%), екстенсивна сільськогосподарська діяльність (27%), надмірна експлуатація рослинного покриву (7%) і промислова діяльність (1%) [44, 48, 53]. Найкардинальнішим шляхом розв'язання продовольчої проблеми залишається вдосконалення традиційних агротехнологій.

До найважливіших заходів поповнення ґрунтів гумусовими сполуками належать такі: правильна сівозміна, внесення органічних добрив і рослинних решток, застосування сидератів тощо. Розроблення і реалізація цих заходів, спрямованих на поліпшення структури гумусу, зростання його біологічної активності і збільшення вмісту в ґрунтах є актуальним завданням для агрономів-теоретиків і практиків. Потрібно здійснювати науково обґрунтовану оптимізацію структури посівних площ і системи сівозмін на засадах мінімального обробітку ґрунтів і органічного землеробства. Збільшувати питому вагу бобових культур у сівозмінах. Широкого застосування стерні соломи, біомаси сидератів із метою запобігання ґрунтовтоми, досягти збільшення обсягу використання в землеробстві біологічного азоту з інтенсифікації процесів азотфіксації.

Сучасне вивчення динаміки вмісту гумусу пов'язано з вирішенням досить складних методичних проблем [36], у першу чергу зі строкатістю вмісту гумусу чорнозему. А це у значній мірі змінює реальну картину динаміки гумусу. Тому найважливішим заходом у вирішенні цих питань є довгострокові стаціонарні дослідження [5, 6, 7]. З дотриманням методології їх закладання, ведення та відповідних методик аналізів визначення й результатів, в них, найреальніше можна вивчити процеси накопичення та мінералізації гумусу. Прогнозувати динаміку на найближчу перспективу, відпрацювати агротехнічні заходи регулювання гумусу в чорноземах.

В останній час широке розповсюдження отримали математико-статистичні моделі [39]. Варто зазначити, що недоліком запропонованих моделей є те, що вони не дають абсолютного точного прогнозу, оскільки динаміка гумусу є дуже складним біохімічним процесом та залежить від багатьох неврахованих у моделі факторів, а будь-яка змінна в сівозмінні (набір культур та структура сівозміни, обробіток ґрунту, вид органічних добрив та їх дозування) може призвести до зміни гумусного стану чорноземів з

подальшою корекцією зміни коефіцієнтів прогнозних рівнянь гумосонакопичення або мінералізації [26,31]. Вплив добрив на динаміку гумусу в чорноземі показав А.И. Громовик [15]. Нині перехід сільського господарства на нові інтенсивні технології із застосуванням хімічних засобів захисту рослин і генномодифікованих організмів потребує переосмислення наявних концепцій і переходу на парадигму сталого розвитку людства й охорони біосфери. Реалізація такої парадигми має ґрунтуватися на використанні сучасних еволюційних комп'ютерних технологій моделювання, оптимізації управління різними галузями сільського господарства [34].

Важливим завданням збереження родючості чорноземів є не лише фіксація стану показників, а й прогнозування зміни загального гумусу чорнозему типового при тривалому застосуванні рівнів живлення і способів обробітку в інтенсивних сівозмінах різної ротації.

Мета роботи – визначити у динаміці, темпи накопичення і мінералізації загального гумусу упродовж ротації сівозмін і багаторічному циклі та розробити прогноз зміни його вмісту в довгостроковому стаціонарному польовому досліді до 2050 року за тривалого застосування різних рівнів живлення і способів обробітку в сівозмінах чорнозему типового малогумусного Лівобережного Лісостепу України.

Методика проведення досліджень. Дослідження проводили в умовах нестійкого зволоження центральної частини Лівобережного Лісостепу України у двох науково-дослідних установах: Панфільської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» Яготинського р-ну, Київської області і Драбівського дослідного поля Черкаської державної дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» Драбівського р-ну, Черкаської області.

На Панфільській дослідній станції досліджували уміст азоту і гумусу в ґрунті за ротацію чотирирічних сівозмін з різним набором, співвідношенням і розміщенням польових культур у зв'язку з рівнями удобрення. Ґрунти дослідної ділянки – чорноземи типові мало гумусні. В орному шарі на початку досліджень містилося 3,08-3,15 %, або 95-99 т/га гумусу, у підорному шарі відповідно – 2,72-2,89%, або 50-58 т/га; загального азоту, відповідно – 0,188%, або 5,85 т/га і 0,174%, або 3,19 т/га. За рівнем природної родючості ґрунти відносяться до одних із кращих для вирощування сільськогосподарських культур у сівозмінах за дотримання відповідних вимог технологій. Вивчали 8 чотирирічних сівозмін з різним набором, співвідношенням і розміщенням польових культур на різних рівнях живлення (табл. 1).

Довгостроковий стаціонарний дослід Драбівського дослідного поля Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції «ННЦ «Інститут землеробства НААН» розміщено на чорноземі типовому малогумусному крупно-пилуватому легкосуглинковому з вмістом гумусу – 3,8–4,2 %, вміст рухомого фосфору – 12–14 мг на 100 г ґрунту, а рухомого калію

– 8–10 мг на 100г ґрунту., рН_c = 6,8–7,0. Вивчалися дві 5-ти пільні сівозміни: багаторічні трави–озима пшениця–цукрові буряки–кукурудза – ячмінь з підсівом трав і горох-пшениця озима-буряки цукрові-кукурудза-кукурудза (сівозміни: – 60 % – зернові, 20 % – технічні, багаторічні трави і горох відповідно – 20 %). Система удобрення (1995-2017рр): без добрив і N₃₃₋₆₆P₃₁₋₆₂K₄₁₋₈₂ на 1 га сівозміни + 6–7 т/а побічної продукції. До 1995 року вносилися гній – 6 т/га при аналогічній дозі мінеральних добрив. Способи обробітку ґрунту у 5-ти пільних сівозмінах: різноглибинна оранка на 22 – 25 см; різноглибинний безполицевий обробіток на 22–25 см та мілке безполицеве розпушування на 10-12 см. Уміст загального гумусу визначався за І. В. Тюрніним у модифікації М. В. Сімакова (ДСТУ 4289:2004). Вміст гумусу в гумусному горизонті за 1925 рік – використано матеріали досліджень Дрaбівської дослідної станції за авторством Х.Г. Зінов'євої [22]. При аналізі вікового циклу динаміки загального гумусу враховано 3 фактори: вид органічних добрив, спосіб обробітку і сівозміна з багаторічними травами.

Прогнозування зміни гумусного стану чорнозему за різних способів обробітку проводилося для кожного варіанту обробітку ґрунту окремо. Тому впливовим фактором визначено кількість років після 1925 року ($t_1 = 92$) та після закладки досвіду 1975 рік ($t_2 = 42$ роки). В якості функціональної залежності була обрана логарифмічна параметрична функція виду: $y = \alpha \pm \beta \ln x$, де: y - невідомий параметр (уміст гумусу); α - коефіцієнт параметричної функції; β - коефіцієнт при пояснюючому факторі; \ln - натуральний логарифм; x - кількісна характеристика (t -час). Результати польових досліджень піддавали статистичній обробці методом дисперсійного аналізу (Б. О. Доспехов, 1985 р.) з використанням статистичних програм Statistica–8.

Результати досліджень. Розглядаючи результати досліджень на Панфільській дослідній станції слід відмітити, що, суть поняття «ґрунт» як природного утворення, яке відзначається родючістю, значною мірою залежить від умісту і запасів, якісного складу, характеру розподілу в ґрунтовому профілі гумусу і азоту загального. Традиційно ці показники, поряд з тими, що безпосередньо характеризують поживний режим, є найважливішими в оцінці родючості різних типів ґрунтів.

Доведено, що із збільшенням гумусованості ґрунту поліпшуються його фізико-хімічні властивості, покращується водно-повітряний і температурний режими. Практичне значення проблеми ґрунтового гумусу зростає у зв'язку з посиленням його втрат в інтенсивно розорюваних ґрунтах, адже із сучасних систем землеробства майже повністю виключено внесення органічних добрив, якщо не брати до уваги використання рослинних післязбиірних і післязбиральних решток.

За відносним (%) умістом і абсолютними запасами гумусу (т/га) досліджений ґрунт класифікується як чорнозем типовий неглибокий малогумусний. В орному шарі на початку досліджень містилося 3,08-3,15%,

або 95-99 т/га гумусу, у підорному шарі – відповідно, 2,72-2,89%, або 50-58 т/га; загального азоту – відповідно, 0,188%, або 5,85 т/га і 0,174%, або 3,19 т/га.

Для оцінки характеру і ступеня впливу факторів досліду на вміст гумусу і загального азоту в ґрунті проведено одночасно агрохімічний аналіз зразків ґрунту, відібраних на початку досліджень (2001 р.) і після закінчення початкового етапу досліджень (2007 р.). Установлено, що в сівозмінах з парозаймаючою культурою горохом (вар. 1-5) найвідчутніше зниження відносного вмісту гумусу і загального азоту в орному і підорному шарах ґрунту, порівняно з вихідним станом, цілком очікувано відмічається у варіантах без застосування добрив (відповідно у відносних величинах на 0,17 і 0,13% гумусу і в середньому на 0,01% азоту загального), а також за мінеральної системи удобрення (табл. 1).

Таблиця 1- Уміст азоту і гумусу в ґрунті в кінці ротації (2007 р.) сівозмін відносно вихідного стану (2001 р.) на Панфільській дослідній станції

Культури сівозмін у порядку чергування	Шар ґрунту, см	Загальний уміст, %			
		гумусу		азоту	
		на кінець ротації	± % до вихідного	на кінець ротації	± % до вихідного
1. Горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий	0-25	2,91	- 0,17	0,18	- 0,008
	25-40	2,67	- 0,13	0,164	- 0,01
4. -//-	0-25	3,08	0,00	0,188	0,00
	25-40	2,77	- 0,03	0,172	- 0,002
5. -//-	0-25	3,06	- 0,02	0,187	- 0,001
	25-40	2,94	+ 0,14	0,181	+ 0,007
2. -//-	0-25	2,98	- 0,10	0,183	- 0,005
	25-40	2,76	- 0,04	0,172	- 0,002
3. -//-	0-25	3,11	+ 0,03	0,190	+ 0,002
	25-40	2,82	+ 0,02	0,175	+ 0,001
7. Горох – пшениця озима – овес – ячмінь ярий	0-25	3,00	- 0,08	0,185	- 0,003
	25-40	2,98	+ 0,18	0,183	+ 0,009
6. Горох – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий	0-25	3,00	- 0,08	0,184	- 0,004
	25-40	2,96	+ 0,16	0,181	+ 0,007
14. Багаторічні трави – пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий	0-25	3,14	+ 0,06	0,191	+ 0,003
	25-40	2,90	+ 0,10	0,179	+ 0,005
Середнє		2,92		0,180	
Sx		0,04		0,002	
V%		5,4		4,200	
S		0,16		0,010	
НІР ₀₅		0,12		0,006	

Примітка. Відносний уміст гумусу в ґрунті у зазначених варіантах на початку досліджень становив в орному шарі – 3,08%, підорному – 2,80%; азоту загального – відповідно, 0,188% і 0,174%.

За суто органічної системи удобрення цих сівозмін, темпи зниження вихідного вмісту гумусу і азоту в ґрунті за вказаний період спостережень відбувалися повільніше. Цей процес стосується лише підорного шару вар. 4 та орного у вар. 5: за абсолютними значеннями він був помітно менш інтенсивним, ніж у зазначених вище варіантах 1 і 2.

Сумісне внесення органічних і мінеральних добрив під культури сівозмін позитивно вплинуло на підвищення вміст гумусу і загального азоту в ґрунті. Порівняно з вихідним станом відносний уміст гумусу в орному шарі зріс на 0,03%, у підорному – на 0,02%, відмічено тенденцію до зростання вмісту загального азоту.

Часткова зміна складу культур у двох 4-пільних сівозмінах з горохом, а саме уведення замість кукурудзи буряків цукрових (вар. 6) і вівса (вар. 7) за орно-мінеральної системи удобрення призвело до зниження умісту гумусу в орному шарі від 3,08 у вихідному рівні до 3,00% на кінець ротації, азоту загального – відповідно від 0,188% до 0,184-0,185%. У підорних шарах ґрунту, де накопичувалась значна маса коренів і зораних органічних добрив у вигляді гною та післязбиральних решток рослин, поряд з деяким зростанням умісту загального азоту суттєво (як для підорного шару) підвищився і вміст гумусу – від 2,8% у вихідному стані до 2,96 і 2,98% на момент закінчення досліджень.

Доведено, що в досліджуваному ґрунті спостерігається сильна пряма кореляція між умістом загального гумусу та азотним потенціалом ґрунтів під культурами різних видів сівозмін. Статично доведено, що між гумусним станом й азотним потенціалом чорноземів та біологічною продуктивністю агрофітоценозів встановлена дуже тісна кореляція.

Оцінка впливу сівозмін як основного фактора ефективного землеробства в цілому вказує на те, що в комплексі з оптимальними дозами добрив вони забезпечують зростання гумусованості ґрунту. Так, у сівозмінах з травами (люцерна, конюшина, вико-овес) на відміну від аналогічної за системи удобрення культур 4-пільної сівозміни з горохом (вар. 2) уміст гумусу в порівнянні до вихідного рівня в орному шарі підвищувався з 3,08 до 3,14%, підорного – від 2,80 до 2,90%, тобто відповідно на 0,06 і 0,1%. Безумовно, це є наслідком позитивної дії, у першу чергу, вирощування багаторічних бобових трав як одного з кращих асимілянтів азоту повітря і потужного джерела поповнення органічної речовини у ґрунті.

Станом на 1925 рік уміст гумусу в чорноземах Дробрівського дослідного поля при утриманні перелугу у шарі 0-20 см становив 6,49%, а у гумусному горизонті (0-40 см) – 5,12 %. На варіанті інтенсивного використання чорноземів під ріллею (рис.1) 4,86 % і 4,56 % відповідно. Зниження вмісту гумусу відносно перелугу становило 0,63 % і 0,16 %. У

1975 році вміст загального гумусу на момент закладки стаціонарного досліді становив 3,82-3,96 % (0-20 см) та 3,65-3,79 % (0-40 см).

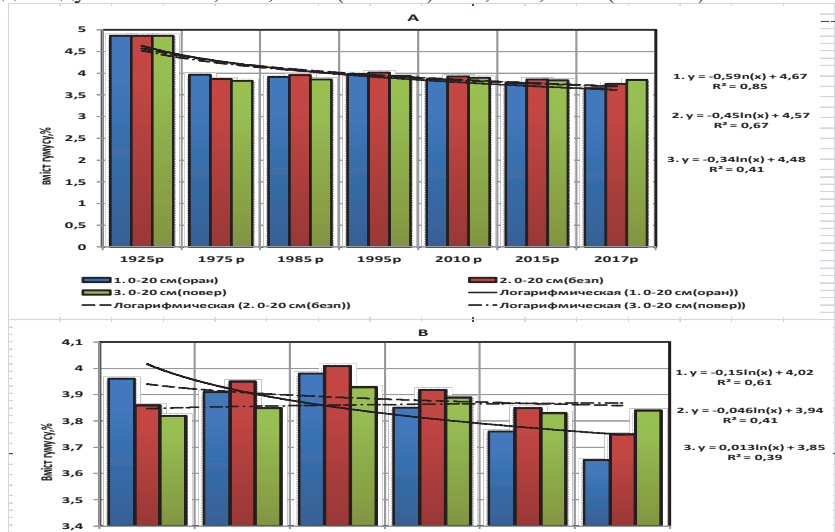


Рис. 1. Динаміка вмісту загального гумусу залежно від способу обробітку чорнозему типового: за 1925-2017 (А) та за 1975-2017 роки на Дрaбівському дослідному полі

За 50 років (1925-1975 рр.) чорноземи типові втратили гумусу відносно умісту при утриманні перелогу 28-30 % і 21-23 %, а відносно варіанту інтенсивного використання чорноземів 19-21 % і 18-20 % відповідно шарам ґрунту 0-20 см і 0-40 см.

Чорнозем типовий з градації середньогумусного перейшов у градацію малогумусного. Вірогідно це пов'язано з тим, що де гуміфікація перейшла у відносно квазірівноважний стан з гумусотворенням при певному сформованому рівні надходження органіки в ґрунт і незмінності системи удобрення.

Починаючи з 1975 року було закладено дослід, у якому стаціонарно вивчався вплив різних способів обробітку чорнозему на зміну гумусного стану (рис.1-В). По 1995 рік градієнт зміни умісту гумусу відносно 1925 року мав незначну флуктуацію, як у бік зниження або зростання незалежно від способу обробітку, що пов'язано з періодом внесення гною у кількості 30 т/га під буряки цукрові або 6 т/га сівозміни (табл.2). Чорнозем типовий з градації середньогумусного перейшов у градацію малогумусного. Вірогідно це пов'язано з тим, що де гуміфікація перейшла у відносно

квазірівноважний стан з гумусотворенням при певному сформованому рівні надходження органіки в ґрунт і незмінності системи удобрення.

Таблиця 2 - Динаміка загального гумусу під впливом різних способів обробітку чорнозему типового малогумусного за 1925-2017 роки (Драбівське дослідне поле)

Роки	Способи обробітку ґрунту:						Період після закладання дослідження
	оранка		безполицевий		поверхневий		
	0-20см	0-40см	0-20см	0-40см	0-20см	0-40см	
	Вміст гумусу, %						
1925	4,86	4,56	4,86	4,56	4,86	4,56	-
*1975	3,96	3,79	3,86	3,75	3,82	3,65	50
1985	3,91	3,87	3,95	3,81	3,85	3,66	10
1995	3,98	3,85	4,02	3,87	3,98	3,71	20
2010	3,85	3,78	3,92	3,83	3,95	3,66	35
2015	3,66	3,62	3,85	3,89	4,01	3,71	40
2017	3,45	3,41	3,75	3,65	4,03	3,68	42
	Градієнт зміни вмісту гумусу відносно 1925 року, %						
1975	-0,90	-0,77	-1,00	-0,81	-0,69	-0,91	-
1985	-0,05	0,08	0,09	0,06	-0,09	0,01	10
1995	0,07	-0,02	0,07	0,06	-0,05	0,05	20
2010	-0,13	-0,07	-0,10	-0,04	-0,05	-0,05	35
2015	-0,19	-0,16	-0,07	0,06	-0,02	0,16	40
2017	-0,21	-0,21	-0,10	-0,24	-0,03	-0,03	42
	± гумусу відносно 1925 року						
-	-1,41	-1,15	-1,11	-0,91	-0,83	-0,88	52
	Середня(є) розрахункова мінералізація/утворення гумусу за 92 роки, % в рік						
-	-0,0153	-0,0125	-0,012	-0,0121	-0,009	-0,010	-
	± гумусу відносно 1975 року						
-	-0,51	-0,38	-0,11	-0,10	0,21	0,03	42
	Середня(є) розрахункова мінералізація/утворення гумусу за 42 роки, % в рік						
-	-0,0121	-0,0091	-0,003	-0,0026	+0,005	+0,0007	-
	± гумусу від оранки (контроль)						
-	-	-	+0,30	+0,24	+0,68	+0,27	-

Примітка: *1975 - рік закладання дослідів

З 1995 року по 2017 рік, коли в заміні гною вносилися побічна продукція, градієнт падіння вмісту гумусу за оранки становив 0,13-0,21 % (0-20 см) і 0,07-0,21 % (0-40 см), тоді як за систематичного застосування безполицевого обробітку у шарі ґрунту 0-20 см вміст гумусу зменшився на 0,07-0,10 %, а у 0-40 см шарі чорнозему – на 0,04-0,24 %. За поверхневого обробітку встановлена закономірність для безполицевого обробітку проявлялася ще більшою мірою.

Встановлено, що незалежно від способу обробітку відбувалася подальша дегуміфікація чорнозему, а зниження вмісту гумусу залежало від інтенсивності обробітку. Середня розрахункова річна мінералізація гумусу

за 52 роки підпорядковувалась встановленій закономірності і найнижчою була за поверхневого обробітку (0,009-00,01 % на рік). Градієнт зміни вмісту гумусу відносно 1975 року за оранки був від'ємним (-0,51 і -0,38 %); за безполицевого обробітку градієнт падіння гумусу знизився відносно оранки в 3,8-4,6 рази, а за поверхневого обробітку встановлено зростання вмісту гумусу на +0,21 і +0,03 %.

Середня розрахункова мінералізація гумусу за 42 роки за оранки була найвищою і знижувалася при виконанні безполицевого обробітку у 3,5-4 рази, а за поверхневого обробітку щорічне зростання вмісту гумусу становило +0,005 і +0,0007 % відповідно шарам ґрунту. Логарифмічні рівняння трендів динаміки загального гумусу за 92 річний період мали спадний характер при достовірному рівні апроксимації ($R^2 > 0,4$) незалежно від способу обробітку чорнозему, а коефіцієнти регресії (K_p) при змінній $x(t)$ мали від'ємне значення. За безполицевого обробітку K_p зменшувалися в 1,31-1,75 рази в 0-20 см шарі ґрунту і в 1,43 рази в гумусному горизонті (0-40 см), що свідчить про зниження темпів мінералізації за одиницю часу. Оцінка логарифмічних рівнянь та трендів динаміки загального гумусу у період вивчення ефективності різних способів обробітку (1975-2017 рр.) показала достовірність апроксимації трендів ($R^2 > 0,40$). У 0-20 см шарі чорнозему за оранки коефіцієнт регресії при змінній $x(t)$ був вищим у 3,26 рази, порівняно з коефіцієнтами регресії трендів за безполицевого обробітку, а за поверхневого обробітку коефіцієнт регресії при змінній x мав додатне значення і був вищим у 11-12 раз, що свідчить про зростаючий характер тренду гумусонакопичення.

У гумусному горизонті (0-40 см) тренди динаміки гумусу, незалежно від способу обробітку, мали спадний характер, але за оранки величина K_p була у 5,5-11 разів вищою порівняно з безполицевим і поверхневим обробітками, що свідчить про зниження темпів мінералізації гумусу в останніх двох випадках.

Важливим завданням при збереженні і відтворенні гумусу чорноземів є прогнозування змін вмісту гумусу за довгострокового виконання різних способів обробітку ґрунту, що є складним завданням і можливим лише в умовах довгострокового стаціонарного польового дослідження. За допомогою параметричних логарифмічних функцій було розраховано теоретичний (прогнозний) вміст загального гумусу в чорноземах типових на різних варіантах обробітку чорнозему до 2050 року. Отримані значення прогнозної гумусованості були використані для розрахунку теоретичного (прогнозного) балансу гумусу відносно 1975 року (рис. 2).

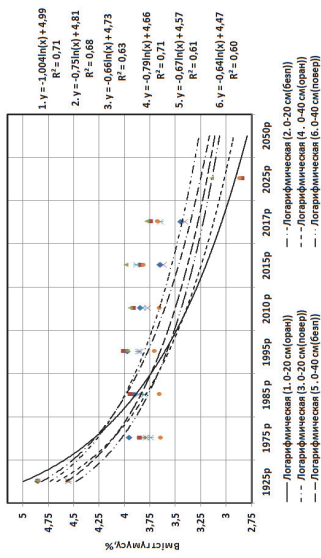
Встановлено, що за систематичної оранки вміст гумусу буде знижуватися найбільш інтенсивно порівняно з безполицевим і поверхневим обробітками. Найбільш виразно це відбувається у 0-20 см шарі чорнозему.

Коефіцієнти регресії при змінній $x(t)$ у рівняннях регресії за систематичної оранки мають більше в 1,35-1,55 рази значення порівняно з безполицевим і поверхневим обробітками. У гумусному горизонті встановлена закономірність менш виражена але коефіцієнти регресії при $x(t)$ за безполицевих обробіток нижчі в 1,18-1,23 рази. В усіх випадках коефіцієнти регресії мали від'ємний знак, що свідчить про спадні темпи гумусонакопичення. В абсолютному виразі уміст гумусу в 0-20 см шарі ґрунту за спадним трендом буде становити 2,35 % (2025р.) та 2,11 % (2050р.) за систематичної оранки; 2,85 % та 2,65 % - за безполицевого обробітку; 3,15 % та 2,66 % - за поверхневого обробітку. У гумусному горизонті (0-40 см) зміна вмісту загального гумусу підпорядкована встановленій закономірності для 0-20 см шару чорнозему відповідно рокам прогнозу (2025 та 2050 рр.) та способам обробітку чорнозему (табл. 2).

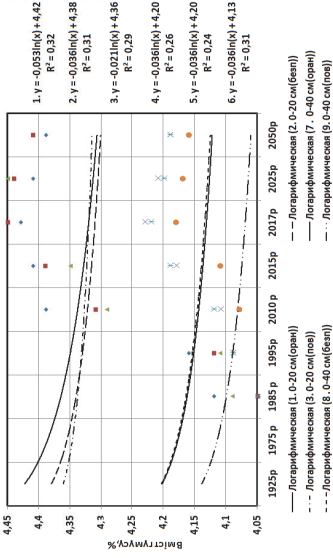
Розрахунок балансу гумусу показує, що незалежно від способу обробітку в 2017 році баланс гумусу був від'ємним, а його дефіцитність зменшувалася від оранки (-0,19-0,21 %) до поверхневого обробітку (-0,15-0,17 %). За безполицевого обробітку значення балансу гумусу мали проміжні значення: -0,16-0,19 %. Прогнозний баланс гумусу до 2050 року відносно 1975 року має зростаючі тренди, але незалежно від способу обробітку ґрунту баланс гумусу набуває від'ємного значення, а зростання інтенсивності обробітку ґрунту (оранка) посилює дефіцитність балансу гумусу, яка зростає відносно безполицевого і поверхневого обробітків в 1,55-3,31 рази та 1,19-1,31 рази в 0-20 см та в 0-40 см шарі ґрунту (див. рис.2). Зростаюча поведінка трендів балансу гумусу визначається високими темпами накопичення гумусу в період 1975-1995 рр., коли в якості органічних добрив вносилися гній (6-7 т/га). Коли гній був замінений на побічну продукцію темпи наростання дефіцитності балансу гумусу почали активно наростати і прогнозовано до 2050 року досягає -0,29 % незалежно від способу обробітку з наростанням за систематичної оранки до значень більших за -0,40 %.

У цілому прогнозні тренди балансу гумусу до 2050 року мали зростаючий характер, проте прогнозовано вони не досягають відмітки нульового значення. За коефіцієнтами регресії темпи наростання дефіцитності балансу гумусу за оранки в 1,85-2,0 рази інтенсивніше порівняно з безполицевими обробітками. Не дивлячись на те, що уміст гумусу за 42 роки проведення дослідів не зберігся на висхідному рівні (1975р.), застосування безполицевого і поверхневого обробітків сприяло зростанню його вмісту в гумусному горизонті відносно оранки. У 2017 році було визначено вміст загального гумусу на різних варіантах обробітку ґрунту.

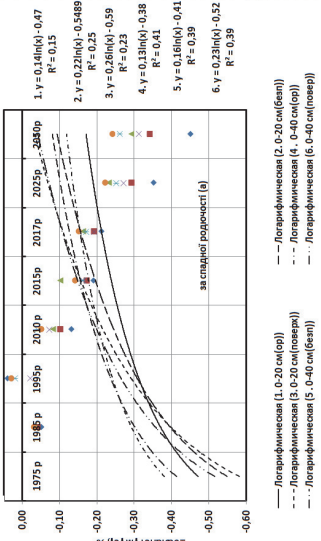
А Індексні темпи зменшення вмісту загального гумусу залежно від різних способів обробки чорнозему типового за 1925-2050 роки



Б Теоретичні лінійні загального гумусу для виходу на проті відтворення родючості чорноземі типового залежно від способів обробки за 1925-2050 роки



В Ізопозивний баланс гумусу за різних способів обробки чорнозему типового малопомісного за 1925-2050 роки



Г Теоретичні лінійні загального гумусу для виходу на проті відтворення родючості чорноземі типового залежно від способів обробки за 1925-2050 роки

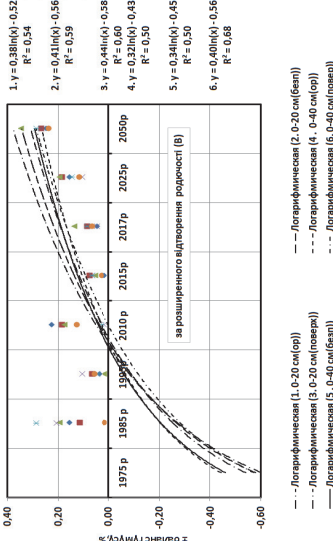


Рис. 2

Виявилось, що застосування безполицевих обробітків ґрунту призвело до суттєвого уповільнення процесів дегуміфікації і певною мірою призвело до стабілізації вмісту гумусу, але не сприяло до розширеного його відтворення. Зростання вмісту загального гумусу виявлено лише відносно оранки та контролю, де не вносилися добрива. Стабілізація вмісту гумусу відбувалася на спадному тренді відносно контрольної точки вмісту гумусу, як в 1925 році, так і відносно 1975 року коли було закладено дослід. Розширене відтворення гумусу відбулося при утриманні перелогу (+0,022% в рік): за 42 роки утримання перелогу гумус відносно 1925 року відновився на 95-97 %, а при утриманні перелогу більше 54 роки – на 113% (рис.3, табл 2.).

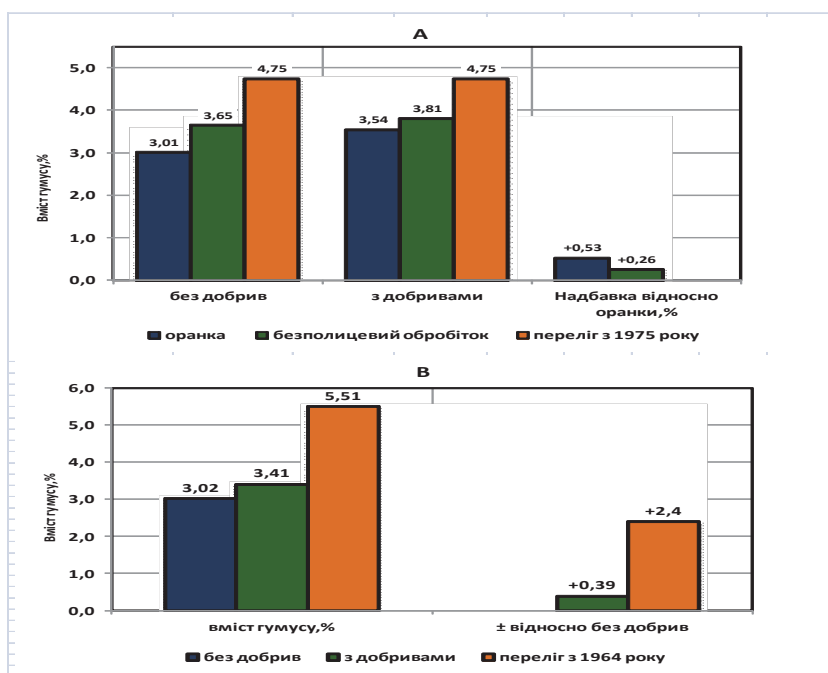


Рис. 3. Гумусний стан чорнозему типового малогумусного залежно від способу обробітку та удобрення (А): 42 роки дослід; удобрення (В) в 10-ти пільній зерно просапній сівозміні: 54 роки дослід; утримання перелогу 42 і 54 роки відповідно А і В Дравівському дослідному полі

Логічно постає запитання, які темпи гумусонакопичення і зростання балансу гумусу слід забезпечити, щоб вийти на перехід від спадного тренду зростання до зростаючого? Розрахунок показав (табл.3.), що в 2017 році

потрібно було б забезпечити уміст гумусу в 0-20 см шарі ґрунту 4,41-4,43 %, а у гумусному горизонті - 4,18-4,23 %.

У гумусному горизонті (0-40см) для досягнення рівня переходу на зростаючий тренд гумусонакопичення та для зростаючого тренду гумусоутворення до 4,65-4,67 % та 4,39-4,41 % відповідно до оранки та безполицевого обробітку. Тобто, необхідно забезпечити зростання вмісту гумусу на 11,6-11,9 % та 16,4-17,9 % за оранки; 12,8-12,9 % та 15,8-20,9 % за безполицевого та 13,3-13,4% і 19,7 % за поверхневого обробітку відповідно рівню відтворення родючості та шарам ґрунту. При такому забезпеченні вмісту гумусу за умов простого розширення середня розрахункова мінералізація гумусу в 92 річному циклі повинна становити 0,0036-0,0049 % за рік, а зростання вмісту гумусу в 42 річному циклі: 0,00112-0,0124 %.

Зростаючий тренд накопичення гумусу у 92 річному циклі забезпечується на фоні середньої розрахункової мінералізації гумусу в межах 0,0016-0,0021 %, що в 2,25-2,33 рази нижче за варіант наближення до умов зростаючого тренду і у 7,3-7,5 рази нижче за реальну мінералізацію за період 1975-2017 роки. Зростаючий тренд накопичення гумусу у 92 річному циклі забезпечується на фоні середньої розрахункової мінералізації гумусу в межах 0,0016-0,0021 %, що в 2,25-2,33 рази нижче за варіант наближення до умов зростаючого тренду і у 7,3-7,5 рази нижче за реальну мінералізацію за період 1975-2017 роки (табл. 3).

Розрахунки показують, що зростання вмісту загального гумусу (див. табл.2), які потрібно було б отримати для простого і розширеного відтворення гумусу у віковому циклі рівноцінні 20-25 т на 1 га і 30-33 т на 1 га відповідно.

Для того щоб забезпечити такий приріст вмісту і запасу гумусу за 42 роки проведення досліджень необхідно щорічно вносити гною 10-12 т на 1 га для простого і 14-15 т на 1 га розширеного відтворення загального вмісту гумусу щорічно. У випадку заміни гною на побічну продукцію стандартизована доза гною (коефіцієнт 3,5) за виходом соломи складає 10-12 т на 1 га і 14-16 т на га щорічно, що практично не досягне у виробничих умовах.

Досягнення стану простого і розширеного гумусонакопичення забезпечується додатністю трендів зростання гумусу за час проведення стаціонарного дослідження (42 роки) за одночасного зниження процесу дегуміфікації у віковому циклі (92 роки), яку повністю знівелювати неможливо.

Таблиця 3 - Розрахункова динаміка загального гумусу під впливом різних способів обробітку чорнозему типового малогумусного за 1925-2017 роки (Драбівське дослідне поле)

Роки	Способи обробітку ґрунту:						Період після закладання досліді
	оранка		безполіцейвий		поверхневий		
	0-20см	0-40см	0-20см	0-40см	0-20см	0-40см	
А. Для виходу на додатній тренд зростання – просте відтворення гумусу							
Вміст гумусу, %							
1925	4,86	4,56	4,86	4,56	4,86	4,56	-
*1975	3,96	3,79	3,93	3,75	3,89	3,69	50
2017	4,43	4,23	4,45	4,22	4,41	4,18	42
Гradient падіння/зростання гумусу відносно 1925 року, %							
1975	-0,90	-0,77	-0,93	-0,81	-0,97	-0,87	-
2017	+0,05	+0,05	+0,06	+0,05	+0,07	+0,07	42
± гумусу від 1925 року							
-	-0,43	-0,33	-0,41	-0,34	-0,45	-0,38	92
Середня(є) розрахункова мінералізація/утворення гумусу 92 роки, % в рік							
-	-0,0047	-0,0036	-0,0045	-0,0037	-0,0049	-0,0041	-
± гумусу відносно 1975 року							
-	+0,47	+0,44	+0,51	+0,47	+0,52	+0,49	42
Середня(є) розрахункова мінералізація/утворення гумусу за 42 роки, % в рік							
-	+0,0112	+0,0105	+0,0121	+0,0112	+0,0124	+0,0117	-
В. Для стійкого переходу на додатній тренд зростання – розширене відтворення гумусу							
Вміст гумусу, %							
1925	4,86	4,56	4,86	4,56	4,86	4,56	-
*1975	3,96	3,79	3,86	3,81	3,85	3,75	50
2017	4,67	4,41	4,67	4,41	4,67	4,39	42
Гradient падіння/зростання гумусу відносно 1925 року, %							
1975	-0,90	-0,77	-1,00	-0,75	-1,01	-0,81	-
2017	+0,09	+0,09	+0,13	+0,08	+0,12	+0,09	42
± гумусу відносно 1925 року							
-	-0,19	-0,15	-0,19	-0,16	-0,19	-0,17	92
Середня(є) розрахункова мінералізація/утворення гумусу за 92 роки, % в рік							
-	-0,0021	-0,0016	-0,0022	-0,0016	-0,0021	-0,0019	-
± гумусу відносно 1975 року							
-	+0,71	+0,62	+0,81	+0,60	+0,76	+0,74	42
Середня(є) розрахункова мінералізація/утворення гумусу за 42 роки, % в рік							
-	+0,017	+0,015	+0,019	+0,014	+0,018	+0,018	-

Примітка: *1975 - рік закладання досліді

Висновки.

1. Особливе занепокоєння останніми роками викликає зниження родючості й погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Збереження і відтворення родючості ґрунтів – одне з головних питань у світовому землеробстві. Актуальне воно особливо у сучасних умовах при глобальній деградації гумусу і ґрунтів. Зокрема, зміни гумусного стану чорноземів залежать від дотримання основних ланок системи землеробства – сівозмін,

удобрення, обробітку ґрунту. Бо ці процеси відбуваються внаслідок різкого зменшення внесення органічних і мінеральних добрив та зниження посівів багаторічних бобових трав, ігнорування сівозмін. Здебільшого це пов'язано з кон'юнктурою ринку, яка потребує прибуткових культур (соняшнику, ріпаку), що користуються попитом на світовому ринку. При цьому відбулось істотне скорочення посівних площ багаторічних трав, насамперед люцерни. Бобовим культурам у структурі посівних площ відводиться дуже скромне місце – приблизно 10%, тоді як у США – 26% і більше.

Адже сівозміни в історичному аспекті були, є і будуть організуючою моделлю функціонування всякої системи землеробства. В організації сівозмін основоположно залишається концепція про необхідність ведення землеробства на сівозмінних принципах. Тому що і в сучасних умовах при існуючих можливостях глибокого впливу на ґрунтові процеси, принцип плодозміни залишається істотним фактором забезпечення високої родючості ґрунту і продуктивності сільськогосподарських культур.

2. На підставі прогнозу гумусового стану чорнозему типового малогумусному виявлено, що рівень гумусованості за дії різних систем обробітку найбільш значно змінюється в перші роки після початку виконання, потім вміст гумусу стабілізується і дуже повільно змінюється в часі в результаті переходу процесів гумусотворення в квазірівноважний стан з деградаційними явищами.

3. Застосування різних способів обробітку чорнозему типового малогумусного впродовж 42 років призвело лише до затримки процесів дегуміфікації і в певній мірі стабілізувало мінералізацію гумусу, але не сприяло його збереженню та розширеному відтворенню, до початкового рівня на момент закладки дослідів. Зростання вмісту гумусу за різних способів обробітку відбувається відносно оранки та контрольного варіанту без добрив.

4. Для простого і розширеного відтворення гумусу у віковому циклі необхідно щорічно вносити гною 10-12 т на 1 га для простого і 14-15 т на 1 га розширеного відтворення загального вмісту гумусу щорічно. У випадку заміни гною на побічну продукцію стандартизована доза гною (коефіцієнт 3,5) за виходом соломи складає 10-12 т на 1 га і 14-16 т на га щорічно, що практично не досягне у виробничих умовах.

5. Просте відтворення гумусу чорнозему типового можна визначити як досягнення його реального (2017 р.) вмісту не менше 90 % від вмісту початку відліку вікового циклу (92 роки), що забезпечує максимальне наближення до неспадного циклу трендів динаміки гумусу у віковому циклі. Якщо вміст гумусу забезпечується у реальному вимірі на рівні більшому за 90 % від початкового вмісту, а тренди динаміки набувають зростаючого характеру, то можна констатувати досягнення стану розширеного відтворення гумусу.

1. Александрова Л. М. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.М. Александрова. – М.: Наука, 1980. – 287с.
2. Балаєв А.Д. Актуальність питання збереження якості чорноземів / А.Д. Балаєв, О.Л. Тонха // агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. темат. наук. зб. – Харків, 2010 – с. 170-172.
3. Балюк С.А. Сучасні проблеми біологічної деградації чорноземів і способи збереження їх родючості / С.А. Балюк, Б.С. Носко, Є.В. Скрильник // Вісник аграрної науки. – 2016. – №1. – с. 11-17.
4. Бойко П.І. Основні фактори землеробства та продуктивність рослин і стан родючості чорноземів на Лівобережжі Лісостепу України / П.І. Бойко, Л.І. Шиліна, М.С. Гаврилюк, І.С. Шаповал // ж. Вісник аграрної науки. – К. – 1994. – №4. – С. 35-43.
5. Бойко П.І. Методика програмування, закладення і ведення багатofакторних стаціонарних польових дослідів у землеробстві / П.І. Бойко, Н.П. Коваленко, В.А. Дишлевий // Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської наукової конференції «Методика, механізація, автоматизація та комп'ютеризація досліджень у землеробстві, рослинництві, садівництві та овочівництві» Інституту цукрових буряків УААН. – К.: - 2007. – Вип. 9. – С. 35-40.
6. Бойко П.І. Взаємовплив основних ланок системи землеробства на раціональне землекористування / П.І. Бойко, Н.П. Коваленко, В.А. Дишлевий, І.С. Шаповал // Вісник аграрної науки. – К. – 2007. – №8. – С. 12-18.
7. Бойко П.І. Методика сучасних і перспективних досліджень у землеробстві / П.І. Бойко, Н.П. Коваленко // ж. Вісник аграрної науки. – К. – 2008. – №2. – С. 11-17.
8. Бойко П.І. Ефективні різноротаційні сівозміи у сучасному землеробстві / П.І. Бойко, Н.П. Коваленко, М.М. Опара // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2014. – №3. – С. 20-32.
9. Бойко П.І. Залежність зміни вмісту гумусу у чорноземі Лівобережного Лісостепу України від застосування сівозмін, удобрення та обробітку ґрунту / П.І. Бойко, Н.П. Коваленко, М.І. Блащук, О.В. Демиденко // Науковий журнал «Молодий вчений». – 2018. – № 5(57) травень. – С.1-4.
10. Булигін С.Ю. Гумусовий стан чорноземів України / С.Ю. Булигін, В.В. Дегтярьов, С.В. Крохін // Вісник аграрної науки. – 2007. – №2. – С. 13-16.
11. Величко В.А. Гумусний стан чорноземів типових лівобережного центрального Лісостепу та відтворення їхньої родючості / В.А. Величко, О.В. Демиденко, Ю. І. Кривда // Вісник аграрної науки. – 2013. – №7. – С. 20-24.
12. Вороб'єв С. А. Севобороти интенсивного земледелия. – Москва: Колос, 1979. – 368 с.

13. Гавва Д.В. *Агрогенна і постагрогенна еволюція чорноземів типових Лівобережного Лісостепу України: монографія / за ред. д. с.-г. н., ім. В.В. Докучаєва – Харків: Майдан. – 2016. – 218с.*

14. Гниненко Н.В. *Изменение структуры чернозема обыкновенного при плоскорезной обработке / Н.В. Гниненко. – Почвоведение. – 1982. – №3. – С. 58-65.*

15. Громовик А.И. *Многолетняя динамика содержания гумуса в черноземе, выщелоченном в условиях длительного применения удобрений / А.И. Громовик // Вестник ВГУ. – сер.: Химия. Биология. Фармация. – 2012. – №1. – с. 71-76.*

16. Дегтярьов В.В. *Особливості нагромадження гумусу в чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України в залежності від тривалості і характеру їх сільськогосподарського використання / В.В. Дегтярьов, В.Д. Синявін, Є.М. Колупаєва // Мат. наук. конф. Харк. Держ. Аграр. ун-т. – Харків. – 1995. – С. 22-24.*

17. Демиденко О.В. *Гумусний стан чорнозему типового в умовах Лівобережного Лісостепу / О.В. Демиденко, М.К. Шичула // Вісник аграрної науки. – 2004. – №2. – С. 5-11.*

18. Демиденко О. В. *Гумусний стан чорнозему типового за різних способів обробітку в агроценозах Лівобережного Лісостепу / О. В. Демиденко, І. С. Шаповал, О. Л. Тонха, В. А. Величко, П. І. Бойко // ж. Вісник аграрної науки. – 2014. – №4. – с. 58-62.*

19. Дьяконова К.В. *Система показателей гумусового состояния для моделей плодородия черноземов. Плодородие черноземов в связи с интенсификацией их использования / К. В. Дьяконова // Науч. тр. почвенного института им. В.В. Докучаева. – М. – 1990. – с. 211-217.*

20. Захарченко І.Г. *Баланс поживних речовин у польовій сівозміні на чорноземах Лісостепу УРСР / І.Г. Захарченко, І.Г. Предко та ін. // Зб. Землеробство. – К.: Урожай. – 1975. – Вип. 40. – С. 20-28.*

21. Захарченко И.Г. *Круговорот и баланс гумуса и питательных веществ как научная основа прогнозирования плодородия почв полесских лесостепных и степных районов УССР / И.Г. Захарченко, Г.К. Медвидь и др. // Сб. круговорот и баланс гумуса... М.: 1978. – с. 51-74.*

22. Зиновьева Х.Г. *Краткий отчет агрохимической лаборатории отдела полеводства за 1925-1927 год / Х.Г. Зиновьева / Пед. ред. Н.О. Левицького. – Золотоноша. – 1928. – 55с.*

23. Камінський В. Ф. *Роль сівозмін у сучасному землеробстві / В. Ф. Камінський, П. І. Бойко // ж. Вісник аграрної науки. 2013. – №6. – С. 5-9.*

24. Коваленко Н. П. *Становлення та розвиток науково-організаційних основ застосування вітчизняних сівозмін у системах землеробства (друга половина ХІХ- початок ХХІ ст.): монографія / Н. П. Коваленко. – НААН, ННСГБ. – К.: ТОВ «Нілан-ЛТД». – 2014. – 490 с.*

25. Козлова О.І. Гумусний стан та азотний потенціал чорноземів і темно-каштанових ґрунтів України: монографія / О.І. Козлова; за ред. д. с.-г н., професора В.В. Дегтярьова – Х.: ФОП Бровін О.В. – 2017. – 216с.
26. Кононова М.М. Органическое вещество и плодородие почвы / М.М. Кононова // *ж. Почвоведение*. – 1984. – №8. – с. 6-20.
27. Лактионова Т.Н. Изменение физических свойств чернозема при внесении навоза / Т.Н. Лактионова // *Почвоведение*. – 1990. – №8. – с. 73-82.
28. Літвінов Д. В. Агробіологічні основи підвищення ефективності коротко ротаційних сівозмін Лівобережного Лісостепу України / Літвінов Д. В. // Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора с.-г. наук. – Київ: Друк. «Компринт». – 2015. – 42 с.
29. Медведев В.В. Влияние органических удобрений на гумусовое состояние и физические свойства чернозема типичного Лисостепи УССР / В.В. Медведев, Г.Я. Чесняк, Т.Н. Лактионова // *Органическое вещество пахотных почв: научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. – М., 1987. – с.90-96.
30. Муха В.Д. Влияние интенсификации земледелия на антропогенную эволюцию и плодородие чернозему Левобережной Лесостепи УСРСР // В.Д. Муха // *Плодородие черноземов в связи с интенсификацией их использования*. – М.: - 1991. – с. 49-54.
31. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. – К.: ТОВ «ВИК-ПРИНТ». 2010. – 111с.
32. Панасенко О.С. Гумус структурних агрегатів чорноземів типових природних і агрогенних екосистем: Монографія / О.С. Панасенко; за ред. докт. с.-г. н., проф. В.В. Дегтярьова. – Харків: Майдан. – 2015. – 192с.
33. Пастушенко В.О. Сівозміни на Україні / В.О. Пастушенко. – К.: Урожай. – 1972. – 360с.
34. Ситник К.М. Стан ґрунтів і майбутнє людства / К.М. Ситник, В.М. Багнюк // *Вісник НАН України*. – 2008. – №8. – С.3-27.
35. Сівозміни у землеробстві України / за ред. В.Ф. Сайка, П.І. Бойка // *Аграрна наука*. – 2002. – 148с.
36. Сорокина Н.П. Динамика содержания гумуса в пахотных черноземах и подходы к ее изучению / Н.П. Сорокина, Б.М. Козут // *ж. Почвоведение*. – 1997. – №2. – С. 178-184.
37. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И.В. Тюрин. – М.: Наука. – 1965. – 320с.
38. Чесняк Г.Я. Вплив сільськогосподарських культур сівозміни та добрив на вміст гумусу в чорноземі типовому глибокому / Г.Я. Чесняк // *Землеробство*. – 1980. – Вип. 51. – С. 60-65.
39. Якушев В.П. Построение и анализ эмпирических зависимостей / В.П. Якушев, В.М. Буре, В.В. Якушев. – СПб.: Изд-во С-Петербур. ун-та, 2005. – 39с.

40. *Bationo A. Soil organic carbon management for sustainable land use in Sudano-Sahelian West Africa / A. Bationo, A. Buerkert // Nutrient Cycling in Agroecosystems. – 2001. – vol.61. – p. 131-142.*
41. *Balesdent J. Soil organic matter turnover in long-term field experiments as revealed by carbon-13 natural abundance / J. Balesdent, G.H. Wagner, A. Mariotti // Soil Sci. Am. J. – 1988. – V. 52, №1. – P.118-124.*
42. *Bertolini P. Low-temperature biology and pathogenicity of Penicillium Hirsutum on storage / P. Bertolini, S.P. Tian // Postharvest Biology and Technology. – 1996. – Vol. 7, №1-2. – P. 83-89.*
43. *Buckley D.H. The structure of microbial communities in soil and the lasting impact of cultivation / D.H. Buckley, T.M. Schmidt // Microbial Ecology. – 2001. – Vol. 42. – P. 11-21.*
44. *Doom to earth: soil degradation and sustainable development in Europe. A challenge for the 21st century. Env. issues ser. №6. – EEA, UNEK, Luxembourg, 2000.*
45. *Influence of fertilizer on soil organic matter in a thin black chernozem in western Canada / C.A. Campbell, G.P. Lafond, R.P. Zenther, V.O. Biederberck // Soil Biol. and Biochem. – 1991. – Vol. 23, №5. – P. 443-446.*
46. *Lewandowski J., Leitschuk S., Volks K. Schadstoffe im Boden / Einfeldfruchtanalytik und Bewertung. – Berlin: Springer. Verlag – 1997. – 339p.*
47. *Pantera H. The influence of fertilization with straw on the number of micro-organisms of selected groups and on some chemical properties of light soil / H. Pantera, H. Zurawski // 9th Intern.*
48. *Sanwald J., Thorbrietz P. Unser Boden, unser Leben. Rastatt: Verlag Arthur Mowig Ymb H. – 1988.*
49. *Symp. Soil Biol. And Consery Biosphere, Sopron: Proc., Budapest, 27-30 Aug. 1985. – Budapest: Inst. Soil Sci, 1987. – V. 1. – P. 513-520.*
50. *Stegi J. et al. Effect of fertilization and organic matter application on soil respiration dynamics / J. Stegi // Proc. 9th Int. Sump. Soil Biol. Consery. Biosphere Sopron, 27-30 Aug. 1985. – Budapest, 1987. – V. 2. – P. 743-754.*
51. *Strategy of development and implementation of crop rotations in Ukraine (part 1) / V. F. Kaminsky, P. I. Voyko // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – Київ: «Едельвейс». – 2014. – Вип. 3. – С. 3-9.*
52. *Strategy of development and implementation of crop rotations in Ukraine (part 2) / V. F. Kaminsky, P. I. Voyko // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – Київ: «Едельвейс». – 2014. – Вип. 4. – С. 3-14.*
53. *GACUC. World in transition: The treat to soils: Annual report. German Advisory Council on Global Change. – Bonn: Economica Verlag GMBH. – 1994.*

1. Aleksandrova L. M. (1980). *Orhanycheskoe veshchestvo pochvy u protsessy eho transformatsyy. Moskva, Nauka.*
2. Balaev A.D. & Tonkha O.L. (2010). *Aktualnist pitannia zberezhenia yakosti chornozemiv. Agrokhimii i gruntoznavstvo: mizhvid. temat. nauk. zb. Kharkiv, 170-172.*
3. Baliuk S.A., Nosko B.S. & Skrylnyk Ye.V. (2016). *Suchasni problemy biolohichnoi dehradatsii chornozemiv i sposoby zberezhenia yikh rodiuchosti. Visnyk ahrarynoi nauky, 1, 11-17.*
4. Boiko P.I., Shylina L.I., Havryliuk M.S. & Shapoval I.S. (1994). *Osnovni faktory zemlerobstva ta produktyvnist roslyn i stan rodiuchosti chornozemiv na Livoberezhzhi Lisostepu Ukrainy. Visnyk ahrarynoi nauky. Kyiv, 4, 35-43.*
5. Boiko P.I. Kovalenko N.P. & Dyshlevyi V.A (2007). *Metodyka prohramuvannia, zakladennia i vedennia bahatofaktornykh statsionarnykh polovykh doslidiv u zemlerobstvi. Zbirnyk naukovykh prats za materialamy Vseukrainskoi naukovoii konferentsii «Metodyka, mekhanizatsiia, avtomatyzatsiia ta kompiuteryzatsiia doslidzhen u zemlerobstvi, roslynnnytstvi, sadivnytstvi ta ovochivnytstvi» Instytutu tsukrovykh buriakiv UAAN. Kyiv, 9, 35-40.*
6. Boiko P.I. Kovalenko N.P. & Dyshlevyi V.A (2007). *Vzaiemovplyv osnovnykh lanok systemy zemlerobstva na ratsionalne zemlekorystuvannia. Visnyk ahrarynoi nauky. Kyiv, 8, 12-18.*
7. Boiko P.I. & Kovalenko N.P. (2008). *Metodyka suchasnykh i perspektyvnykh doslidzhen u zemlerobstvi. Visnyk ahrarynoi nauky. Kyiv, 2, 11-17.*
8. Boiko P.I. Kovalenko N.P. & Opara M.M. (2014). *Efektivni riznorotatsiini sivozmiy u suchasnomu zemlerobstvi. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii, 3, 20-32.*
9. Boiko P.I. Kovalenko N.P., Blashchuk M.I. & Demydenko O.V. (2018). *Zalezhnist zminy vmistu humusu u chornozemi Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy vid zastosuvannia sivozmin, udobrennia ta obrobitku igruntu. Naukovyi zhurnal «Molodyi vchenyi», 5(57), 1-4.*
10. Bulyhin S.Yu., Dehtiarov V.V. & Krokhin S.V. (2007). *Humusovy stan chornozemiv Ukrainy. Visnyk ahrarynoi nauky, 2, 13-16.*
11. Velychko V.A Demydenko O.V. & Kryvda Yu. I. (2013). *Humusnyi stan chornozemiv typovykh livoberezhnoho tsentralnoho Lisostepu ta vidtvorennia yikhnoi rodiuchosti. Visnyk ahrarynoi nauky, 7, 20-24.*
12. Vorobev S. A. (1979). *Sevoboroty intensivnogo zemledelia. Moskva. Kolos.*
13. Havva D.V. (2016). *Ahrohenna i postahrohenna evoliutsiia chornozemiv typovykh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy: monohrafiia. Kharkiv. Maidan.*
14. Gninenko N.V. (1982). *Izmenenie struktury chernozema obyknovennogo pri ploskoreznoi obrobotke. Pochvovedenie, 3, 58-65.*

15. Gromovik A.I. (2012). *Mnogoletniia dinamika sodержaniia gumusa v chernozeme vyshchelochnom v usloviakh dlitel'nogo primeneniia udobrenii*. Vestnik VGU, Khimiia. Biologiia. Farmatsiia, 1, 71-76.
16. Dehtiarov V.V. Syniavin V.D. & Kolupaieva Ye.M. (1995). *Osoblyvosti nahromadzhennia humusu v chornozemakh typovykh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy v zalezhnosti vid tryvalosti i kharakteru yikh silskohospodarskoho vykorystannia*. Mat. nauk. konf. Khark. Derzh. Ahrar. un-t. Kharkiv, 22-24.
17. Demydenko O.V. & Shykula M.K. (2004). *Humusnyi stan chornozemu typovoho v umovakh livoberezhnoho Lisostepu*. Visnyk ahrarnoi nauky, 2, 5-11.
18. Demydenko O.V. Shapoval I. S., Tonkha O. L., Velychko V. A. & Boiko P. I. (2014). *Humusnyi stan chornozemu typovoho za riznykh sposobiv obrobittu v ahrotsenozakh Livoberezhnoho Lisostepu*. zh. Visnyk ahrarnoi nauky, 4, 58-62.
19. Diakonova K.V. (1990). *Sistema pokazatelei gumusovogo sostoianniia dlia modelei plodorodiia chernozemov*. Plodorodie chernozemov v sviazi s intensyfikatsiei ikh ispolzovanniia. Nauch. tr. pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva, 211-217.
20. Zakharchenko I.H. & Predko I.H. (1975). *Balans pozhyvnykh rehovyn u polovii sivozmini na chornozemakh Lisostepu URSR*. Zb. Zemlerobstvo. Kyiv. Urozhai, 40, 20-28.
21. Zakharchenko I.G. & Medvid G.K. (1978). *Krugovorot i balans gumusa i pitatelnykh veshchestv kak nauchnaia osnova prognozirovaniia plodorodiia pochv polesskikh lesostepnykh i stepnykh raionov USSR*. Sb. krugovorot i balans gumusa. Moskva. 51-74.
22. Zinoveva Kh.G. (1928). *Kratkii otchet agrokhimicheskoi laboratorii ot dela polevodstva za 1925-1927 god*. Zolotonosha.
23. Kaminskyi V. F. & Boiko P. I. (2013). *Rol sivozmin u suchasnomu zemlerobstvi*. Visnyk ahrarnoi nauky, 6, 5-9.
24. Kovalenko N.P. (2014). *Stanovlennia ta rozvytok naukovo-orhanizatsiinykh osnov zastosuvannia vitchyznianskykh sivozmin u systemakh zemlerobstva (druha polovyna XIX- pochatok XXI st.): monohrafiia*. NAAN, NNSHB. Kyiv. TOV «Nilan-LTD».
25. Kozlova O.I. (2017). *Humusnyi stan ta azotnyi potentsial chornozemiv i temno-kashtanovykh gruntiv Ukrainy: monohrafiia*. Kharkiv. FOP Brovin O.V.
26. Kononova M.M. (1984). *Organicheskoe veshchestvo i plodorodie pochvy*. Pochvovedenie, 8, 6-20.
27. Laktionova T.N. (1990). *Izmenenie fizicheskikh svoistv chernozema pri vnesenii navoza*. Pochvovedenie, 8, 73-82.

28. Litvinov D. V. (2015). *Ahrobiolohichni osnovy pidvyshchennia efektyvnosti korotko rotatsiinykh sivozmin Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. Avtoreferat dysertatsii na здобuttia naukovoho stupenia doktora s.-h. nauk.* – Kyiv: Druk. «Kompyrnt». – 2015. – 42 s.

29. Medvedev V.V., Chesniak G.Ia. & Laktionova T.N. (1987). *Vliianie organicheskikh udobrenii na gumusovoe sostoianie i fizicheskie svoistva chernozema tipichnogo Lisostepi USSR. Organicheskoe veshchestvo pakhotnykh pochv: nauchn. tr. Pochv. in-ta im. V.V. Dokuchaeva. Moskva, 90-96.*

30. Mukha V.D. (1991). *Vliianie intensyfikatsii zemledeliia na antropogennuiu evoliutsiiu i plodorodie chernozemu Levoberezhnoi Lesostepi USRSR. Plodorodie chernozemov v sviazi s intensyfikatsieiu ikh ispolzovaniia. Moskva, 49-54.*

31. *Natsionalna dopovid pro stan rodiuchosti hruntiv Ukrainy. (2010). Kyiv. TOV «VYK-PRYNT».*

32. Panasenko O.S. (2015). *Humus strukturnykh ahrehativ chornozemiv typovykh pryrodnykh i ahrohennykh ekosystem: Monohrafiia. Kharkiv: Maidan.*

33. Pastushenko V.O. (1972). *Sivozminy na Ukraini. Kyiv. Urozhai.*

34. Sytnyk K.M. & Bahniuk V.M. (2008). *Stan gruntiv i maibutnie liudstva. Visnyk NAN Ukrainy, 8, 3-27.*

35. Saiko V.F. & Boiko P.I.(Ed.). (2002). *Sivozminy u zemlerobstvi Ukrainy / za red. // Ahrarna nauka. – 2002. – 148s.*

36. Sorokina N.P. & Kogut B.M.. (1997). *Dinamika sodержaniia gumusa v pakhotnykh chernozemakh i podkhody k ee izucheniiu, 2, 178-184.*

37. Tiurin I.V. (1965). *Organicheskoe veshchestvo pochvy i ego rol v plodorodii. Moskva. Nauka.*

38. Chesniak H.Ya. (1980). *Vplyv silskohospodarskykh kultur sivozminy ta dobryv na vmist humusu v chornozemi typovomu hlybokomu. Zb. Zemlerobstvo, 51, 60-65.*

39. Iakushev V.P., Bure V.M. & Iakushev V.V. (2005). *Postroenie i analiz empiricheskikh zavisimosti. SPb.: Izd-vo S-Peterb. un-ta.*

40. Bationo A. & Buerkert A. (2001). *Soil organic carbon management for sustainable land use inSudano-Sahelian West Africa. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 61, 131-142.*

41. Balesdent J., Wagner G.H. & Mariotti A. (1988). *Soil organic matter turnjver inlohg-term field experiments as rewealeg by carbon – 13 natural abundance. Soil SCI. Am. J., 52, 1, 118-124.*

42. Bertolini P. & Tian S.P. (1996). *Low-temperature biology and pathogenicity of Penicillium Hirsulum on storage. Postharvest Biology and Technology, 7, 1-2, 83-89.*

43. Buckley D.H. & Schmidt T.M. (2001). *The structure of microbial communities in soil and the lasting impact of cultivation. Microbial Ecology, 42, 11-21.*

44. *Doom to earth: soil degradation and sustainable development in Europe. A. Schalenge for the 21st century. Env. issus ser. №6. – EEA, UNEK, Luchembourg, 2000.*
45. *Influence of fertilizer on soil organic matter in a thin black chernozem in western Canada / C.A. Campbell, G.P. Lafond, R.P. Zenther, V.O. Biederberck // Soil Biol. and Biochem. – 1991. – Vol. 23, №5. – P. 443-446.*
46. *Lewandoroski J., Leitschuk S., Volks K. Schadstoffe im Boden / Einfeldubrung Analytik und Bewertung. – Berlin: Springer. Ferlag – 1997. – 339p.*
47. *Pantera H. Zithe influence of fertilization with straw on the number of micro-organismus of selected grups and on some chemical properties of light soil / H. Pantera, H. Zurawski // 9 th Intern.*
48. *Sanwald J., Thorbrietz P. Unser Boden, unser Leben. Rastatt: Verlag Arthur Mocwig Ymb H. – 1988.*
49. *Symp. Soil Biol. And Consery Biosphere, sopron: Proc., badapest, 27-30 Aug. 1985. – Badapest: Inst. Soil Sci, 1987. – V. 1. – P. 513-520.*
50. *Stegi J. et al. Effect of fertilization and organic matter application on Soil respiration dynamics / J. Stegi // Proc. 9th Int. Sump. Soil Biol. Consery. Biosphere Sopron, 27-30 Aug. 1985. – Budapest, 1987. – V. 2. – P. 743-754.*

У тривалих стаціонарних польових дослідях виявлено багаторічна динаміка вмісту загального гумусу чорноземів залежно від набору і розміщення сівозміни, обробітку ґрунту, виду добрив і їх дозування. Дано прогноз до змін вмісту гумусу в чорноземі типовому малогумусному за різних основних складових системи землеробства до 2050 року. Зроблений віковий екскурс у минуле і погляд у майбутнє у віковому циклі.

Ключові слова: гумус, чорнозем типовий, сівозміна, способи обробітку, обробіток ґрунту, гній, удобрення, прогноз, стаціонарний дослід.

В длительных стационарных полевых опытах выявлена многолетняя динамика содержания общего гумуса черноземов в зависимости от набора и размещения и их дозирования. Дано прогноз на изменения содержания гумуса в черноземе типичном малогумусном за разных основных составляющих системы земледелия к 2050 году. Сделанный экскурс в прошлое, взгляд в будущее в вековом цикле.

Ключевые слова: гумус, чернозем типичный, севооборот, обработка почвы, удобрения, навоз, стационарный опыт, прогноз.

Determine the rate of dynamics of accumulation and mineralization of the total humus and develop a forecast of changes in its content in a long-term stationary field experiment with long-term use of various methods for treating the chernozem of the typical low-humus left-bank forest-steppe of Ukraine.

Methods. Field, laboratory-analytical, mathematical and statistical. **Results.** The level of humus accumulation during the execution of various processing systems is most significantly changed in the first years after the beginning of the experiment, then the humus content is stabilized and changes very slowly with time as a result of the transition of humus formation to a quasi-equilibrium state with degradation phenomena. The use of various methods for treating chernozem of typical low-humus for 42 years only led to a delay in the processes of dehumification and to some extent stabilized the mineralization of humus, but did not contribute to its preservation and extended reproduction to the initial level at the time of the experiment. The increase in humus content occurs with respect to plowing and a control option without fertilizers. The increase in the content of total humus for simple and extended reproduction of humus in the secular cycle is equivalent to 20-25 tons per 1 ha and 30-33 tons per 1ha, respectively. To ensure established increases in humus, it is necessary to annually introduce manure 10-12 tons per 1 ha for simple and 14-15 tons per 1 ha of extended reproduction of the total humus content annually. **Conclusions.** Simple reproduction of humus of chernozem typical can be defined as the achievement of its real (2017) content of not less than 90% of the contents of the beginning of the census of the secular cycle (92 years), which provides the maximum approximation to the growing trend of humus dynamics in the age cycle. If the content of humus is provided in real measure at a level exceeding 90% of the original content, and the dynamics trends acquire an increasing character, then one can state the achievements of the state of extended reproduction of humus. The achievement of the state of simple and extended humus is ensured by the positivity of humus growth trends during the time of stationary experiment (42 years), while the dehumification process is reduced in the age cycle (92 years), which can not be completely leveled.

Key words: typical chernozem, organic matter, humus, trend, humification, tillage, stationary experience, forecast.

Рецензенти:

Дегодюк Е.Г. – д-р с.-г. наук

Цюк О.А. – д-р с.-г. наук

Стаття надійшла до редакції 27.04.2018