



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.417.1:631.417.2

© 2023

СЕЗОННА СЕКВЕСТРАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА РІЗНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВПЛИВІВ В АГРОЦЕНОЗИ

О.В. Демиденко

доктор сільськогосподарських наук

Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція

ННЦ «Інститут землеробства НААН»

вул. Докучаєва, 13, с. Холоднлянське Черкаського р-ну Черкаської обл., 20731, Україна

e-mail: smilachiapv@ukr.net

ORCID: 0000-0002-5334-1154

Надійшла 12.04.2023

Мета. Вивчити сезонну динаміку якісних і кількісних показників гумусного стану в часі залежно від способу обробітку та удобрення в агроценозах короткоротаційних сівозмін центральної частини Лісостепу України. **Методи.** Польовий — закладання та проведення польового стаціонарного дослідю для вивчення впливу способів обробітку й удобрення на секвестраційну здатність чорнозему типового; лабораторний — визначення вмісту гумусу; розрахунково-статистичний — для розрахунку сезонних запасів секвестрованого вуглецю та фосфору і для моделювання секвестраційної здатності чорнозему. **Результати.** За безполицевого обробітку при внесенні добрив зростання запасу С–СО₂ у період квітень — липень становило: +21 т/га (0–20 см), та +36 т/га (0–30 см). За оранки зростання мало тенденцію до збільшення в 1,52 раза (0–20 см) та в 1,25 раза (0–30 см), але відбувалося більш на низькому кількісному рівні, а в період липень — вересень зміна запасу С–СО₂ гумусу була незначною, що свідчить про переважання процесів секвестрації С–СО₂ в літньо-осінній період за безполицевого обробітку. За безполицевого обробітку запас лабільних органічних речовин (ЛОР) у квітні перевищував запас за оранки у товщі 0–30 см у 4,34–7,67 раза (без добрив), 1,5–2,76 раза (з добривами); у липні — у 4,59–8,90 раза (без добрив) та в 1,32–3,16 раза (з добривами); у вересні — у 4,52–4,04 раза (без добрив) та в 1,11–1,93 раза (з добривами). Встановлено пряму сильну кореляцію на рівні $R=+0,89\pm 0,02$; $R^2=79$. У період квітень — липень встановлено зменшення запасів $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ у товщі 0–20 см в 1,15 раза, а у товщі 0–30 см — 1,1 раза. Від літа до осені запас $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ відновлювався, а запас у товщі 0–30 см — зростав у 1,10 раза. **Висновки.** Тренди зміни запасів С–СО₂ гумусу і ЛОР свідчать про те, що в ряду оранка — безполицевий обробіток — переліг, індекс циклічності за безполицевого обробітку знаходився ближче за значенням

сезонної циклічності перелогу, ніж сезонна циклічність за оранки, що свідчить про відновлення I_c . Тренди зміни запасу $P_{\text{орг}}$ ЛОР свідчать про те, що в ряду оранка — безполицевий обробіток — переліг, безполицевий обробіток своєю сезонною циклічністю спрямований до перелогу.

Ключові слова: запас органічного вуглецю та фосфору, оранка, безполицевий обробіток, тренди зміни запасу, легкогідролізована органічна речовина.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202309-08>

Висновок академіка В.В. Медведєва [1] щодо деградованості орних чорноземів України в сучасних умовах господарювання, як і думка про те, що «...ґрунтоутворювальний процес може розвиватися за двома напрямками — природним, що формує типовий генетично детермінований ґрунт, і антропогенним, що формує деґрадований ґрунт (через постійно дефіцитний баланс біогенних елементів і ненормований, майже неконтрольований тиск) з параметрами, відмінними від природних...» є справедливими. Чорноземи в агроценозах, як 4-вимірне полігенне утворення [2], стають антропогенно трансформованими деґрадованими утвореннями.

Природа виробила складне органічно доцільне пристосування для добування рослинами мінерального живлення — процес гумусоутворення, а в більш широкому розумінні — процес ґрунтоутворення. У процесі розорювання біохімічна «пульсація» гумусового горизонту чорноземів майже припиняється, а ґрунт втрачає свої хімічні й фізичні властивості та перетворюється на більш-менш інертний субстрат [В.В. Пономарева, 1980].

В орних агроecosистемах порівняно з природними біогеоценозами різко зростають нерегулярні коливання і явно знижується амплітуда сезонної циклічності ґрунтового розчину, що пояснюється, насамперед, відсутністю у верхньому шарі орних чорноземів необхідного запасу мертвої органічної речовини у вигляді потужного шару степової підстилки [Т.Л. Бистрицька та ін., 1981]. Особливо важлива роль поживних кореневих решток і побічної продукції в сучасних умовах господарювання [3–9].

Лише відновлення доцільної сезонної циклічності гумусу чорноземних ґрунтів може призвести їх до певного стабільного стану, а біологізація землеробства є

найперспективнішим напрямом, що забезпечує збереження родючості чорнозему типового та підвищення рентабельності вирощуваних культур [М.І. Дергачова, 1984].

Вміст загального гумусу як на цілинному, так і на орному чорноземі зменшується від весни до літа, а до осені він знову зростає, прагнучи висхідної величини [10–15].

Помітне зниження вмісту гумусу від весни до літа зумовлене посиленням процесів окиснення його в оптимальних для цього умовах зволоження і температури. Влітку в ґрунті різко переважають окислювальні процеси, а в міру зволоження його восени та навесні — відновлювальні. Існують періоди протягом весни — літа — осені або навіть окремих років, коли переважно відбуваються втрати або приріст вмісту гумусу в ґрунтах. Роз'єднаність у часі процесів його утворення чи розкладання пов'язана, з гідротермічними умовами та інтенсивністю діяльності мікрофлори, що зумовлює ці процеси та змінюється впливом способу обробітку [16–17].

Дослідженнями Б.С. Носка [18–21] установлено, що органічні фосфати є однією з головних резервних частин фосфору, а їхній вміст потрібно розглядати як співвідношення процесів мінералізації та синтезу органічної речовини гумусу і ЛОР, що свідчить про значення органічних фосфатів у ґрунтоутворенні чорноземів типових. Уміст органічних фосфатів тісно пов'язаний з кількістю гумусу та його якісним станом.

Актуальним є оцінити вплив способів обробітку й удобрення на відтворення секвестраційної здатності $C-CO_2$ гумусу і лабільних органічних речовин та виявити характер секвестраційного збагачення органічним фосфором чорнозему в агроценозах і встановити закономірності депонування $P_{\text{орг}}$ в гумус при секвестрації $C-CO_2$ агроценозами

у сезонному циклі, що є невивченим.

Мета досліджень. Для оцінки впливу запасу C—CO₂ гумусу на ґрунтоутворення та родючості чорнозему, виявлення причин, темпів, існуючих меж зниження секвестраційної здатності ґрунту ставиться мета вивчити сезонну динаміку запасів оксиду карбону гумусу та лабільної органічної речовини залежно від способу обробітку й удобрення в агроценозі короткоротаційної сівозміни центральної частини Лісостепу України.

Методика проведення досліджень. Дослідження проводили в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу України в довгостроковому (понад 35 років) стаціонарному досліді Драбівського дослідного поля Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції «ННЦ «Інститут землеробства НААН». Ґрунт — чорнозем типовий малогумусний крупнопилуватолегкосуглинковий з вмістом гумусу — 3,8–4,2%, вміст рухомого фосфору — 120–140 мг на 1000 г ґрунту, рухомого калію — 80–100 мг на 1000 г ґрунту, рН_{H₂O} = 6,8–7. Розмір посівної ділянки 162 м², облікової — 100 м². Дослідження проводили за 1976–2022 рр. (46 років) у багатofакторному стаціонарному досліді Черкаської державної дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН». У досліді вивчали 5-пільну сівозміну: А: багаторічні трави — пшениця озима — буряк цукровий — кукурудза — ячмінь + багаторічні трави (зернові — до 60%, технічні — до 20%; багаторічні трави — до 20%).

Система удобрення: 6 т/га побічної продукції; N_{31–62} P_{33–66} K_{41–82} на 1 га сівозміної площі, або НРК — Σ250–350 кг. д.р. До 1999 р. вносили 6 т/га гною, а з 2000 по 2022 р. — побічної продукції 6–7 т/га.

Способи основного обробітку: різноглибинна оранка (22–25 см) під усі культури; безпліцевий обробіток (22–25 см) під усі культури. В обох дослідіх повторення — 3-разове.

У лабораторних умовах ґрунтові проби досліджували у 3-разовій повторності, в яких визначали вміст гумусу за І. В. Тюрніним у модифікації В. М. Сімакова (ДСТУ 4289:2004); лабільну органічну речовину (ДСТУ 4732:2007).

Уміст органічних фосфатів (P_{орг}) в гумусі визначали за Б.С. Носком [18–19].

Установлено, що коефіцієнт кореляції між вмістом загального гумусу та P_{орг} становить R = +0,98±0,02, R² = 0,96 для всього генетично зонального ряду чорноземів (опідзолені — типові — звичайні — південні). Залежність описують прямою лінією відповідно до рівняння:

$$Y = 15,5 + 17,2x - 1,47x^2,$$

де Y — вміст P_{орг}, мг/100 г ґрунту; x — вміст гумусу, %. За встановленою залежністю між вмістом загального гумусу та вмістом ЛОР визначали вміст P_{орг} у лабільній органічній речовині. В подальшому вміст гумусу, ЛОР та P_{орг} перераховували в запаси (т/га), що покладено в основу написання статті.

Узагальнення продуктивності сівозмін, показників режиму зволоження ґрунту, кліматичні параметри і розрахунки результатів досліджень здійснювали за «Методом дисперсійного аналізу» з використанням програми STATISTICA-10 і застосуванням непараметричних методів статистики, кореляційного, факторного та кластерного аналізів.

Результати досліджень. Зміна запасу C—CO₂ гумусу у чорноземі за перелогу пов'язана з проявом природної циклічності від весни до осені, як і вмісту загального гумусу [В.В. Герцык, 1959; М.Т. Куприченко, 2013 [23]]. Запас C—CO₂ у шарі чорнозему типового 0–20 см у квітні становив 195 т/га, а у шарі ґрунту 20–30 см — 79 т/га. У товщі 0–30 см запас — 275 т/га. У липні зафіксовано зниження запасу C—CO₂ на –15 т/га, –3 та –18 т/га відповідно шарам ґрунту. У вересні виявлено відтворення запасу C—CO₂, яке зросло в +27 т/га, +12 та +39 т/га. Період квітень — липень є витратним, а липень — вересень — відновним або секвестраційним. В природних умовах секвестраційний період більш інтенсивний порівняно з репродукційним в 1,8 раза, 4 рази та 2,2 раза відповідно шарам ґрунту 0–20 см, 20–30 та 0–30 см. Циклічно зі зміною запасу C—CO₂ змінювався запас P_{орг}. За репродукційний період витрата запасу P_{орг} у гумусі становила –0,058 т/га (0–20 см), –0,078 (20–30) та –0,136 т/га (0–30 см), а відтворення запасу P_{орг} в секвестраційний період становило: +0,146 т/га, +0,145 та +0,295 т/га, що у 2,5; 1,85 та 2,17 раза інтенсивніше витрат відповідно шарам ґрунту. Співвідношення

запасу $C-CO_2$ до $P_{орг}$ за періодами становило від 140 до 1, від 151 до 1, або від 38–42 до 1 у перерахунку C_r , що свідчить про високу стійкість запасів $C-CO_2$ та C_r до мінералізації, і що забезпечує накопичення $P_{орг}$ в умовах утримання довгострокового перелогу. Інтенсивність відтворення запасу $C-CO_2$ і $P_{орг}$ в умовах утримання перелогу та додатність балансу сприяє прояву високої секвестраційної здатності перелогу (рис. 1).

Систематичне виконання оранки призводить до того, що порядок сезонної зміни запасів $C-CO_2$ і $P_{орг}$ змінюється. Так, запас $C-CO_2$ у квітні без добрив у товщі 0–20 см був у 1,5 раза меншим, у шарах ґрунту 20–30 та 0–30 см — у 1,3 та 1,4 раза меншим порівняно з перелогом. Аналогічно у липні запас $C-CO_2$ був меншим відносно перелогу в 1,1 раза (0–20 см) та 1,2 раза (0–30 см), а це –20 т/га (0–20 см) та –15 т/га (0–30 см). У вересні запас $C-CO_2$ за оранки зменшувався і був меншим порівняно з перелогом в 1,34 раза (0–20 см), 1,33 (20–30) та 1,35 раза (0–30 см) або –102 т/га, –22 та –76 т/га відповідно шарам ґрунту.

За безполицевого обробітку без добрив запас $C-CO_2$ у квітні — вересні був вищим порівняно з оранкою на +40 т/га (0–20 см), +90 (20–30) та на +55 т/га (0–30 см). У липні запас був вищим — на +25 т/га (0–20 см), +13 (20–30) та на +38 т/га (0–30 см). У вересні запас $C-CO_2$ був вищим відносно оранки на +30 т/га (0–20 см) та на +54 т/га (0–30 см). За безполицевого обробітку запаси $C-CO_2$ за періодами визначення найбільш близькими були до перелогу. За внесення добрив запас $C-CO_2$ гумусу в квітні в товщі 0–20 см за безполицевого обробітку зростає на 15 т/га, а у товщі 0–30 см — на 25 т/га. Аналогічне зростання запасу $C-CO_2$ було у липні: +12 т/га, +10 та +22 т/га відповідно шарам товщі чорнозему. Подібне зростання запасу $C-CO_2$ гумусу було у вересні. Циклічність сезонної зміни запасу $C-CO_2$ гумусу за внесення добрив носила встановлений характер як і на контролі без добрив, але на вищому кількісному рівні.

За безполицевого обробітку при внесенні добрив зростання запасу $C-CO_2$ гумусу відносно ділянок, де добрива не вносили було меншим порівняно з оранкою. Зростання запасу $C-CO_2$ у період квітень — липень

становило: +21 т/га (0–20 см), +15 (20–30) та +36 т/га (0–30 см). За оранки зростання мало тенденцію до збільшення в 1,52 раза (0–20 см) та в 1,25 раза (0–30 см), але на нижчому кількісному рівні. За період липень — вересень зміна запасу $C-CO_2$ гумусу була незначною, що свідчить про переважання процесів секвестрації $C-CO_2$ в літньо-осінній період за безполицевого обробітку.

Проте узагальнення витрати і зростання запасу $C-CO_2$ гумусу показало, що за утримання перелогу за квітень — липень відбувалася витрата запасу $C-CO_2$ гумусу: –15 т/га (0–20 см), –3 (20–30) та –18 т/га (0–30 см), а в період липень — вересень відбувається посилення секвестрації $C-CO_2$ гумусу та зростання запасу оксиду карбону на +27 т/га, +12 та 39 т/га відповідно шарам ґрунту.

За оранки на контролі без добрив у період квітень — липень установлено зростання запасу $C-CO_2$ гумусу на +35 т/га, +12 та +47 т/га, а за липень — вересень виявлено витрату: –10 т/га, –10 та –20 т/га. За внесення добрив зростання запасу $C-CO_2$ було на рівні контролю без добрив, а витрата була меншою в 1,42 раза, 3,3 раза та у 5 разів.

За безполицевого обробітку зростання запасу $C-CO_2$ гумусу за квітень — липень на контролі без добрив становило +21 т/га, +15 та +36 т/га, а за внесення добрив мало тенденцію до зростання: +20 т/га, +10 та +30 т/га. Проте витрата на контролі без добрив була істотно меншою порівняно з оранкою –3 т/га, –6 та –9 т/га. Відносно товщі 0–30 см витрата була меншою у 2,2 раза. За внесення добрив зниження запасу $C-CO_2$ гумусу мало слабку тенденцію до зниження відносно оранки.

Сезонні зміни запасу $C-CO_2$ ЛОР гумусу за утримання перелогу носили циклічний характер, аналогічний зміні запасу $C-CO_2$ загального гумусу. Витрата запасу $C-CO_2$ лабільного гумусу за період квітень — липень становила: –3,7 т/га (0–20 см), та –3,8 т/га (0–30 см), а відтворення запасу $C-CO_2$ лабільного гумусу за липень — вересень: +1,15 т/га, +0,62 та +0,71 т/га відповідно глибинам. Запас $C-CO_2$ лабільного гумусу за оранки у квітні без внесення добрив порівняно з перелогом був меншим у 4,8 раза

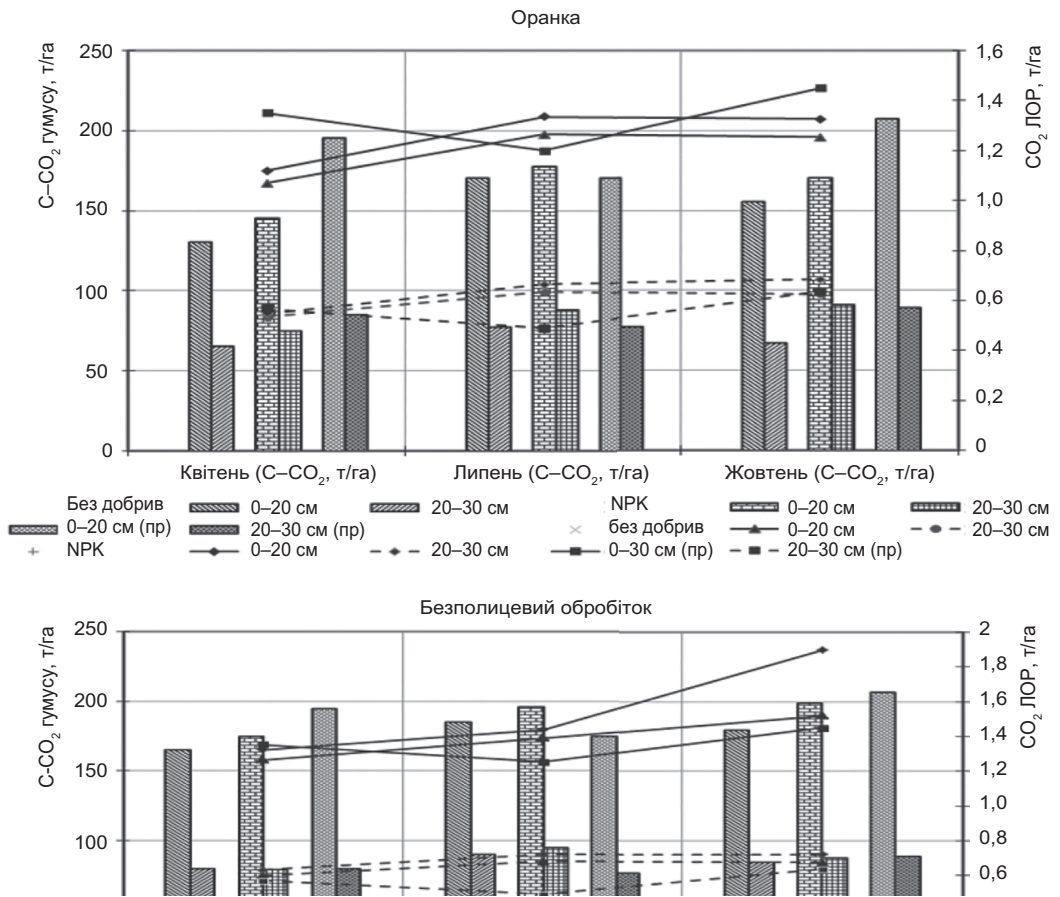


Рис. 1. Сезонна динаміка запасу С-СО₂ гумусу та ЛОР залежно від способу обробітку та удобрення в ланцюгу сівозміни пшениця – буряки цукрові – кукурудза на 45-й рік від початку проведення дослідів

(0–20 см) та у 4,1 раза (0–30 см). У липні — у 2,56 раза, 1,99 та 2,38 раза, у вересні — у 2,3 раза, 2,5 та 2,16 раза відповідно шарам ґрунту. Сезонна циклічність ЛОР була відмінною від перелугу тим, що відбувалося зростання ЛОР від весни до осені, що пов'язано з сезонною зростаючою активізацією гумусу за рахунок зістарених, більш стабільних запасів С-СО₂ гумусу (табл.1).

За внесення добрив за оранки запас ЛОР зростав відносно контролю без добрив у квітні в 6,2 раза (0–20 см), 1,76 (20–30) та у 4,7 раза (0–30 см); у липні — у 8,8 раза (0–20 см), 1,2 (20–30) та у 6,3 раза (0–30 см); у вересні — у 3,18 раза (0–20 см), 4,8 (20–30) та у 3,44 раза (0–30 см). Проте запас С-СО₂

ЛОР за внесення добрив за оранки був істотно вищим, ніж за утримання перелугу: у 1,16–1,28 раза (квітень), у 2,6–3,4 раза (липень) та в 1,34–1,5 раза (вересень). На контролі без добрив у період з квітня по вересень запас ЛОР у товщі 0–30 см був меншим у 2,43–4,83 раза (квітень), 1,99–2,38 (липень) та у 2,3–2,5 раза (вересень).

За безполицевого обробітку запас ЛОР у квітні перевищував запас за оранки у товщі 0–30 см у 4,34–7,67 раза (без добрив), 1,5–2,76 (з добривами); у липні — у 4,59–8,90 (без добрив) і у 1,32–3,16 раза (з добривами); у вересні — у 4,52–4,04 раза (без добрив) та в 1,11–1,93 раза (з добривами). Запас С-СО₂ ЛОР порівняно з перелогом за безполицевого обробітку без

1. Сезонна динаміка лабільної органічної речовини та органічних фосфатів залежно від обробітку, удобрення та утримання у стані перелогу

Глибина, см	Оранка			Безполицевий обробіток		
	Квітень	Липень	Вересень	Квітень	Липень	Вересень
C-CO ₂ ЛОР, т/га						
Без добрив						
0-20	2,28	2,85	2,67	18,0	24,0	15,0
0-30	3,41	4,21	3,95	23,0	30,0	20,0
NPK — Σ250-350 кг д.р.						
0-20	14,1	25,0	11,4	22,0	33,0	24,0
0-30	16,0	26,6	12,8	28,0	38,0	30,0
P _{орг} ЛОР, т/га						
Без добрив						
0-20	0,052	0,026	0,029	0,130	0,180	0,110
0-30	0,071	0,037	0,044	0,180	0,230	0,151
NPK — Σ250-350 кг д.р.						
0-20	0,111	0,191	0,150	0,160	0,250	0,170
0-30	0,126	0,236	0,195	0,211	0,291	0,222
Переліг						
	Квітень		Липень		Жовтень	
C-CO ₂ ЛОР, т/га						
0-20		11,0	7,31		8,45	
0-30		13,8	9,76		11,66	
P _{орг} ЛОР, т/га						
0-20		0,075	0,064		0,081	
20-30		0,021	0,019		0,025	
0-30		0,096	0,083		0,106	

добрив у квітні, липні, вересні був вищим у 1,59–1,78 раза, 2,31–3,29 та 1,4–1,78 раза, а за внесення добрив — у 1,99–2,0, 1,86–4,50 та 1,7–2,6 раза відповідно до пір року.

На відміну від біохімії C-CO₂, для якого газова форма сполуки є обов'язковим ланцюгом у біосферних потоках, біохімія фосфору (P) пов'язана з живою органічною речовиною [21–22], тобто органічний фосфор є біофільним елементом, а його вміст у чорноземах залежить від запасу органічної речовини (C-CO₂) гумусу та лабільної форми гумусу.

За утримання перелогу сезонної динаміці запасу C-CO₂ ЛОР підпорядковується сезонна динаміка P_{орг(ЛОР)}. Установлено пряму сильну кореляцію на рівні R = +0,89±0,02; R²=79. У період квітень — липень встановлено зменшення запасу P_{орг(ЛОР)} у товщі 0–20 см в 1,15 раза, а в товщі 0–30 см — 1,1 раза. Від літа до осені запас P_{орг(ЛОР)} відновлювався, а запас у товщі 0–30 см — зростав у 1,10 раза. Оцінка співвідношення

запасу C-CO₂ ЛОР до запасу P_{орг(ЛОР)} показала, що весною формувалося широке співвідношення 138–149 до 1, що свідчить про «консервацію» органічних фосфатів, а літній період співвідношення розширювався до 115–128 до 1 (31–35 до 1), що пов'язано з вивільненням P_{орг(ЛОР)} за рахунок мінералізації ЛОР гумусу. В осінній період при відтворенні запасу C-CO₂ ЛОР P_{орг(ЛОР)} стають більш консервативними і накопичуються у гумусі. Позитивність запасу P_{орг} відносно до витратного періоду свідчить про розширене відтворення P_{орг(ЛОР)}, як самого запасу C-CO₂ ЛОР (табл. 2).

За систематичної оранки без добрив виявлено циклічність P_{орг(ЛОР)} подібну до циклічності на перелозі, але на меншому кількісному рівні. Так, у квітні на контролі без добрив запас P_{орг(ЛОР)} був меншим порівняно з перелогом у 1,69–1,85 раза, а за внесення добрив у товщі 0–30 см — більшим у 1,29 раза. У шарі ґрунту навпаки меншим у 6 раз порівняно з перелогом.

У липні закономірність була аналогічною.

На контролі без добрив запас $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ був меншим у 2,1–2,5 раза, а за внесення добрив більшим у 2–3 рази порівняно з перелогом. У вересні без добрив запас $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ за оранки без добрив був меншим в 1,5–2,4 раза, а за внесення добрив більшим в 1,70–1,96 раза запасу на перелозі. Співвідношення запасу $C-CO_2$ ЛОР до $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ на контролі без добрив було широким 58–70 до 1 у квітні, 130–136 до 1 — у липні та 85–125 до 1 — у вересні, що свідчить про високі темпи мінералізації та вивільнення $P_{\text{орг(ЛОР)}}$. За внесення добрив запаси $C-CO_2$ ЛОР у періодах визначення зростали у 6,2 раза (0–20 см) та 4,7 раза (0–30 см) у квітні. У липні — у 8,8 раза та 6,4 раза, а у вересні — у 3,1 та 3,54 раза відповідно шарам ґрунту. При цьому співвідношення запасу $C-CO_2$ ЛОР до $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ на удобреному фоні було більш широким: 127–132 до 1 у квітні, 38–132 до 1 у липні та 95–136 до 1 у вересні, що свідчить про більш стриману мінералізацію ЛОР та вивільнення $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ порівняно з контролем без внесення добрив. За внесення добрив

у вересні запас $P_{\text{орг}}$ ЛОР за оранки мав стійку тенденцію до зростання в шарах ґрунту 0–20 см, 20–30 та 0–30 см, але запас органічного фосфору не досягав рівня у квітні.

За безполицевого обробітку виявлено зростання запасу $P_{\text{орг}}$, яке перевищило зростання за оранки: в шарі ґрунту 0–20 см — в 3,7 раза; в 0–20 — 2,7 та в шарі ґрунту 0–30 см — в 3,4 раза. При внесенні добрив запас $P_{\text{орг}}$ ЛОР зріс у 5 разів (0–20 см); у 3 (20–30) і у 4,3 раза (0–30 см).

За безполицевого обробітку запас $P_{\text{орг}}$ ЛОР був вищим порівняно з оранкою в 1,13–1,16 раза. За внесення добрив запас $P_{\text{орг}}$ у вересні перевищував запас у квітні в 1,10–1,55 раза, але більш високим було збагачення за безполицевого обробітку. Запас $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ відносно контролю без добрив за оранки у квітні був вищим у 2,1–3,2 раза, у липні — 4,7–7,8, а у вересні — 2,3–3,7 раза. За внесення добрив запас $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ у квітні зростає в 1,27 раза (0–20 см) та в 1,16 раза (0–30 см). У липні запас $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ зростає в 1,45 та 1,30 раза, у вересні — 1,5 та

2. Сезонна динаміка співвідношення запасу $C-CO_2$ гумусу та ЛОР до $P_{\text{орг}}$ за різних способів обробітку та удобрення

Глибина, см	Оранка			Безполицевий обробіток		
	Квітень	Липень	Вересень	Квітень	Липень	Вересень
$C-CO_2$ ЛОР до $P_{\text{орг}}$						
<i>Без добрив</i>						
0–20	61 до 1	130 до 1	125 до 1	137 до 1	140 до 1	136 до 1
0–30	58 до 1	133 до 1	110 до 1	133 до 1	136 до 1	134 до 1
NPK						
0–20	127 до 1	132 до 1	95 до 1	147 до 1	132 до 1	133 до 1
0–30	130 до 1	85 до 1	116 до 1	131 до 1	140 до 1	134 до 1
$C-CO_2$ гумусу до $P_{\text{орг}}$						
<i>Без добрив</i>						
0–20	121 до 1	130 до 1	124 до 1	134 до 1	135 до 1	132 до 1
0–30	121 до 1	126 до 1	117 до 1	134 до 1	134 до 1	133 до 1
NPK						
0–20	130 до 1	133 до 1	128 до 1	136 до 1	135 до 1	132 до 1
0–30	134 до 1	133 до 1	131 до 1	134 до 1	134 до 1	133 до 1
<i>Переліг</i>						
	Квітень		Липень		Вересень	
$C-CO_2$ ЛОР до $P_{\text{орг}}$						
0–20	149 до 1		115 до 1		120 до 1	
0–30	144 до 1		122 до 1		130 до 1	
$C-CO_2$ гумусу до $P_{\text{орг}}$						
0–20	147 до 1		142 до 1		147 до 1	
0–30	144 до 1		150 до 1		144 до 1	

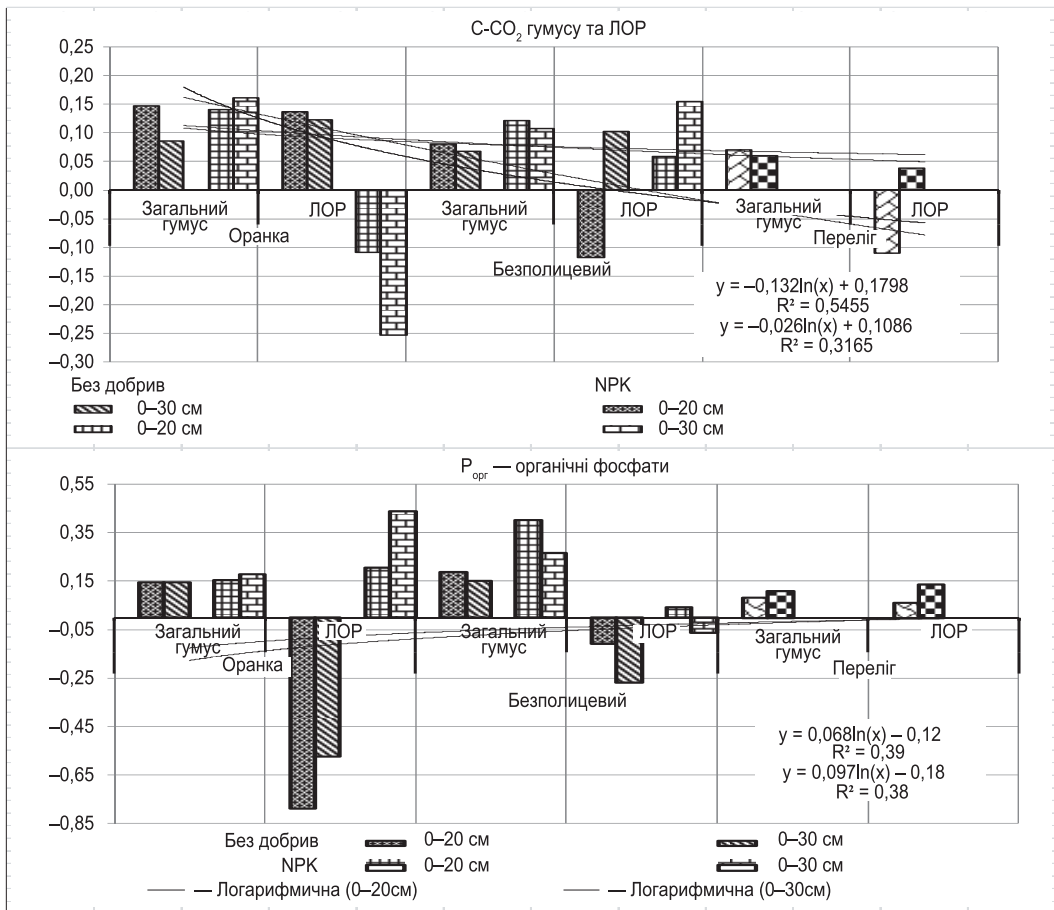


Рис. 2. Зміна індексу сезонної циклічності залежно від удобрення та способу обробітку

1,44 рази відповідно шарам ґрунту. Відносно перелугу запас $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ за безпліцевого обробітку за періодами визначення був вищим у 2,1–2,4 рази у квітні, 1,61–3,90 у липні та 1,78–2,36 рази у вересні.

Співвідношення запасу $C-CO_2$ ЛОР до $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ у товщі 0–30 см у квітні становило: 115–147 до 1, у липні 132–147 до 1, а у вересні 1,31–1,34 до 1. Більш широке співвідношення запасу $C-CO_2$ до $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ за безпліцевого обробітку порівняно з оранкою за внесення добрив свідчить про більш низьку мінералізацію $C-CO_2$ ЛОР та вивільнення $P_{\text{орг(ЛОР)}}$.

Для визначення індексу сезонної циклічності ($I_{\text{ц}}$) параметрів гумусного стану нами запропоновано розрахунок проводити за виразом:

$$I_{\text{ц}} = \Delta_k / Q_{\text{min}}$$

де $I_{\text{ц}}$ — індекс циклічності; Δ_k — різниця між кінцевим (L_k — осінь) значенням параметра та початковим (L_p — весна); Q_{min} — мінімальне значення параметра (літо).

Встановлено, що за перелугу $I_{\text{ц}}$ запас $C-CO_2$ гумусу в шарах ґрунту 0–20 та 0–30 см становив: $I_{\text{ц}} = 0,06-0,07$, тоді як за оранки без унесення добрив $I_{\text{ц}}$ зростав в 2,15 рази, а за безпліцевого обробітку наближався до значення за утримання перелугу. За внесення добрив $I_{\text{ц}}$, як за оранки, так і за безпліцевого обробітку зростав у 2,0–2,70 та 1,74–1,80 рази відповідно обробіткам. Індекс сезонної циклічності запасу $C-CO_2$ ЛОР за утримання перелугу в шарах ґрунту 0–20 см набував від’ємного значення, тоді як у шарі ґрунту 0–30 см $I_{\text{ц}} = 0,039$ (рис. 2).

За оранки без унесення добрив $I_{\text{ц}}$ набували додатних значень, а з унесенням добрив значення $I_{\text{ц}}$ були від'ємними: $I_{\text{ц}} = -0,108-0,25$. За безполицевого обробітку без внесення добрив у шарі ґрунту 0–20 см $I_{\text{ц}}$ був на рівні перелогу ($I_{\text{ц}} = -0,117$), а в товщі 0–30 см досягав значень $I_{\text{ц}} = 0,10$. За внесення добрив $I_{\text{ц}}$ за безполицевого обробітку мав додатне значення в товщах 0–20 см та 0–30 см: $I_{\text{ц}} = 0,06$ та $I_{\text{ц}} = 0,16$ відповідно, тоді як за оранки значення $I_{\text{ц}}$ мали від'ємне значення, що свідчить про порушення сезонної циклічності, а за безполицевого обробітку відбувається процес відновлення $I_{\text{ц}}$ у напрямку циклічності при утриманні перелогу.

Індекс сезонної циклічності запасу $P_{\text{орг}}$ гумусу за утримання перелогу в шарі ґрунту 0–30 см становив $I_{\text{ц}} = -0,083-0,11$, тоді як за оранки без унесення добрив $I_{\text{ц}}$ був вищим в 1,75 раза, а за безполицевого обробітку — в 2,24 раза у шарі ґрунту 0–20 см, а в товщі 0–20 см були на рівні перелогу. За внесення добрив $I_{\text{ц}}$ за оранки в товщі 0–30 см зростав відносно перелогу в 1,63–1,85 раза, а за безполицевого

обробітку в шарі ґрунту 0–20 см виявився вищим у 5 разів, а відносно оранки — в 2,6 раза. В товщі 0–30 см $I_{\text{ц}}$ за безполицевого обробітку відносно перелогу зріс у 2,4 раза, а відносно оранки в 1,44 раза.

Індекс сезонної циклічності $P_{\text{орг}}$ ЛОР за перелогу в шарі ґрунту 0–20 см і 0–30 см становив $I_{\text{ц}} = 0,065-0,14$, тоді як за оранки без добрив $I_{\text{ц}} = -0,58-0,79$, за безполицевого обробітку $I_{\text{ц}} = -0,11-0,27$. За внесення добрив $I_{\text{ц}}$ зростав відносно перелогу в 3,10–3,15 раза, а за безполицевого обробітку $I_{\text{ц}}$ за своїми значеннями наближався до значень за утримання перелогу.

Тренди зміни запасу $P_{\text{орг}}$ ЛОР свідчать про те, що в ряду оранка — безполицевий обробіток — переліг, безполицевий обробіток своєю сезонною циклічністю спрямований до перелогу. Загальна закономірність сезонної циклічності для всіх параметрів гумусного стану криється в тому, що зниження значень $I_{\text{ц}}$, як на перелозі або як за безполицевого обробітку, свідчить про упорядкування $I_{\text{ц}}$, а зростання індексу циклічності до руйнування, як за оранки.

Висновки

За утримання перелогу сезонна динаміка запасу $C-CO_2$ гумусу і ЛОР підпорядковується сезонній динаміці $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ за сильною кореляцією на рівні $R = +0,89 \pm 0,02$; $R^2 = 79$. У період квітень — липень зменшення запасу $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ у товщі 0–20 см в 1,15 раза, а у товщі 0–30 см — 1,1 раза. Від літа до осені запас $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ відновлювався, а запас $P_{\text{орг(ЛОР)}}$ у товщі 0–30 см зростав в 1,10 раза.

За безполицевого обробітку при внесенні добрив зростання запасу $C-CO_2$ у період квітень — липень становило: +21 т/га (0–20 см) та +36 т/га (0–30 см), а за оранки зростання мало тенденцію до збільшення в 1,52 раза (0–20 см) та в 1,25 раза (0–30 см), але відбувалося більш на низькому кількісному рівні, а в період липень — вересень зміна запасу $C-CO_2$ гумусу була незначною, що свідчить про переважання процесів секвестрації $C-CO_2$ у літньо-осінній період.

За безполицевого обробітку запас ЛОР у квітні перевищував запас за оранки у товщі 0–30 см у 4,34–7,67 раза (без добрив), 1,5–2,76 раза (з добривами); у липні — у 4,59–8,90 (без добрив) та в 1,32–3,16 раза (з добривами); у вересні — у 4,52–4,04 раза (без добрив) та в 1,11–1,93 раза (з добривами), а запас $C-CO_2$ ЛОР порівняно з перелогом за безполицевого обробітку без добрив у квітні, липні, вересні був вищим в 1,59–1,78 раза, 2,31–3,29 та 1,4–1,78 раза, а за внесення добрив — у 1,99–2,0, 1,86–4,50 та 1,7–2,6 раза відповідно до пір року.

Тренди зміни запасів $C-CO_2$ гумусу і ЛОР свідчать про те, що в ряду оранка — безполицевий обробіток — переліг індекс циклічності за безполицевого обробітку знижується і наближається до сезонної циклічності перелогу. Тренди зміни запасу $P_{\text{орг}}$ ЛОР свідчать про те, що в ряду оранка — безполицевий обробіток — переліг безполицевий обробіток своєю сезонною циклічністю також

спрямований до перелогу. Загальна закономірність сезонної циклічності для всіх параметрів гумусного стану криється у тому, що зниження значень I_c

до 0 свідчить про природне його упорядкування, а зростання індексу циклічності — про руйнування природного порядку, як за оранки.

Demydenko O.

Cherkasy State Agricultural Research Station of NSC «Institute of Agriculture of NAAS», 13 Dokuchaieva Str., vil. Kholodnianske, Cherkasy district, Cherkasy oblast, 20731, Ukraine; email: smilachiapv@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5334-1154

Seasonal sequestration capacity of chornozem under different agrotechnological influences in agroecose

Goal. To study the seasonal dynamics of qualitative and quantitative indicators of the humus state over time depending on the method of cultivation and fertilization in short-rotation agroecoses of the central part of the Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** Field — setting up and conducting a stationary field experiment to study the influence of tillage and fertilization methods on the sequestration capacity of typical chornozem; laboratory — determination of humus content; calculation-statistical — for calculating seasonal stocks of sequestered carbon and phosphorus and for modeling the sequestration capacity of chornozem. **Results.** In the case of no-till cultivation with the application of fertilizers, the growth of C–CO₂ stock in the period April–July was: +21 t/ha (0–20 cm), and +36 t/ha (0–30 cm). During plowing, growth had a tendency to increase by 1.52 times (0–20 cm), and 1.25 times (0–30 cm), but it occurred more at a low quantitative level, and in the period July–September, the change in the C–CO₂

stock of humus was insignificant, which indicated the predominance of C–CO₂ sequestration processes in the summer–autumn period under tillage. Under no-till cultivation, the stock of labile organic substances (LOS) in April exceeded the stock for plowing in a layer of 0–30 cm by 4.34–7.67 times without fertilizers, and by 1.5–2.76 times with fertilizers; in July — 4.59–8.90 times without fertilizers, and 1.32–3.16 times with fertilizers; in September — 4.52–4.04 times without fertilizers, and 1.11–1.93 times with fertilizers. A direct strong correlation was established at the level of $R=+0.89\pm 0.02$; $R^2=79$. In the period from April to July, a decrease in Rorg (LOS) reserves was established by 1.15 times in the 0–20 cm layer, and by 1.1 times in the 0–30 cm layer. From summer to autumn, the Rorg (LOS) stock recovered, and the stock in the 0–30 cm layer increased by 1.10 times. **Conclusions.** The trends of changes in C–CO₂ reserves of humus and LOS indicated that in the series of plowing — tillage — fallow, the index of cycliclicity under tillage was closer to the seasonal cycliclicity of fallow than the seasonal cycliclicity under plowing, which indicated the recovery of I_c . The trends of changes in the stock of Rorg LOS indicated that in the row of plowing — tillage — fallow, tillage with its seasonal cycle was directed towards fallow.

Key words: stock of organic carbon and phosphorus, plowing, tillage, stock change trends, easily hydrolyzed organic matter.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202309-08>

Бібліографія

1. Медведєв В.В. Взаємозв'язки між антропогенними навантаженнями, деградацією і сталістю ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 8. С. 49–55.
2. Медведєв В.В. Агроем как новое 4-мерное полигенное образование. *Gruntoznavstvo*. 2016. V. 17. № 1–21. doi: 10.15421/041601
3. Тонха О.Л., Балаєв А.Д., Вимецький С.В. Т. 90. Біологічна активність і гумусний стан чорноземів Лісостепу і Степу України: монографія. Київ, 2017. 355 с.
4. Bardgett R.D., Mommer L., De ries F.T. Going underground: root traits as drivers of ecosystem processes. *Trends Ecol. Evol.* 2014. № 29. P. 692–699. (In Eng.). doi: 10.1016/j.tree.2014. 10.006
5. Bisen N., Rahangdale C.P. Crop residues management option for sustainable soil health in rise — wheat system: a review. *International J. of Chemical Studies*. 2017. № 5. P. 1038–1042.

Available at: https://www.researchgate.net/publication/318959582_residues_management_option_for_sustainable_soil_health_in_rise-wheat_sistem_a_review (accessed 05.12.2019). м(In Eng.).

6. Hirte J., Leifeld J., Abiven S. et al. Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. *Front Plant Sci*. 2017. № 8. P. 284. (In Eng.). doi: 10.3389/fpls.2017.00284

7. Philippot L., Raaijmakers J.M., Lemanceau P., Van der Putten W.H. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nat. Rev. Microbiol.* 2013. № 11. P. 789–799. (In Eng.). doi: 10.1038/nrmicro3109. Т. 6. № 3. 2020. С.А. Замятин, Р.Б. Максимова. 294.

8. Torma S., Vilček J., Lošák T., Kužel S., Martensson A. Residual plant nutrients in crop residues — an important resource. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*.

2017. Р. 358–366. (In Eng.). doi: 10.1080/09064710.2017.1406134]

9. Дегодюк С.Е., Дегодюк Е.Г., Проненко М.М. та ін. Ефективність застосування відновлюваних місцевих ресурсів за органічного землеробства: наук.-метод. реком. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 48 с.

10. Шикуча М.К. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. Київ: Оранта, 1998. 640 с.

11. Дегтярьов В.В., Чекар О.Ю., Усатая Р.Ю. Закономірності акумуляції гумусу в чорноземних ґрунтах за різних систем удобрення. Вісник Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва. Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів. 2012. № 4. С. 11–15. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnaui_grunt_2012_4_4

12. Демиденко О.В., Величко В.А. Відтворення енергетики ґрунтоутворення чорноземів в агроценозах. Агрохімія і ґрунтознавство. 2015. С. 19–27.

13. Качмар О.Л., Вавринович О.В., Дубицька А.О. та ін. Динаміка лабільних та водорозчинних форм гумусу під впливом систем удобрення та технологій основного обробітку ґрунту в короткочастотній сівозміні. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2019. Вип. 65. С. 64–76. doi: 10.32636/01308521.2019-(65)-6

14. Балаєв А.Д., Тонха О.Л., Піковська О.В., Гаврилюк М.В. Гумусованість і фізико-хімічні властивості чорноземів Лісостепу за мінімалізацією обробітків і біологізації систем

удобрення. Вісник аграрної науки. 2020. № 11(812). С. 24–31. doi: 10.31073/agroviznyk202011-03

15. Волкогон В.В., Москаленко А.М., Дімова С.Б. та ін. Визначення спрямованості процесів мінералізації ↔ синтезу органічної речовини в агроценозах за біологічними показниками (наук.-метод. реком.). Чернігів: видавець Брагинець О.В., 2020. 25 с.

16. Шикуча М.К., Антонець С.С., Балаєв А.Д. та ін. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні; за ред. М.К. Шикучи. Київ: Оранта, 2000. 389 с.

17. Балаєв А.Д., Тонха О.Л., Піковська О.В., Демиденко О.В. Лабільні органічні речовини як основа родючості чорноземів і продуктивності агроценозів. Київ, 2019. 152 с.

18. Носко Б.С., Бабинін В.І., Бурлакова Л.М., Копоть Н.П. Післядія добрив на фосфатний режим чорноземів України. Вісник аграрної науки. 2008. № 12. С. 17–22.

19. Носко Б.С. Вплив різних факторів і типу ґрунтових процесів на формування фосфатного фонду ґрунтів. 2010. № 7. С. 17–22.

20. Носко Б.С., Бабинін В.І., Бурлакова Л.М. Еволюція фосфатного режиму чорноземів. Вісник аграрної науки. 2010. № 12. С. 17–22.

21. Носко Б.С. До питання про формування фосфатного фонду ґрунтів. Агрохімія і ґрунтознавство. 2017. № 386. С. 87–92.

22. Носко Б.С. Природа й антропогенна еволюція фосфатного фонду ґрунтів України. Агрохімія і ґрунтознавство. 2018. № 87. С. 92–99.