

УДК

631.45:631.8/821.1:633.34

<https://doi.org/10.31713/vs220239>

Польовий В. М., д.с.-г.н., професор (Інститут сільського господарства Західного Полісся, с. Шубків, rivne_apv@ukr.net),
Яценко Л. А., к.с.-г.н., доцент, докторантка (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, l.a.yashchenko@nuwm.edu.ua),
Ровна Г. Ф., старший науковий співробітник (Інститут сільського господарства Західного Полісся, с. Шубків, rivne_apv@ukr.net)

ДИНАМІКА ПРОДУКУВАННЯ CO₂ ІЗ ПРОВАПНОВАНОГО ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО РІВНІВ УДОБРЕННЯ СОЇ

У зв'язку із загрозою глобального потепління одним із актуальних завдань сучасності є оцінка інтенсивності процесів мінералізації та дослідження циклу вуглецю в наземних екосистемах. Питання впливу удобрення на фоні хімічної меліорації на емісійні потоки CO₂ у сівозміні Західного Полісся є маловивченим і потребує детального аналізування. Метою роботи було виявити інтенсивність емісії CO₂ з дерново-підзолистому ґрунту, його концентрацію в приземному шарі повітря, баланс органічного вуглецю за різних доз удобрення сої на фоні хімічної меліорації. Для проведення досліджень застосовували польовий, агрохімічний і статистичний методи. У ході досліджень виявлено, що впродовж вегетаційного періоду у полі сої на фоні 1,0 Нг дози CaMg(CO₃)₂ за внесення N₅₅P₂₀K₅₀ і N₆₅P₅₀K₇₅ із додаванням S₄₀ і мікродобрива прослідковується знижена концентрація CO₂ в приземному шарі повітря порівняно з іншими варіантами, що пов'язано з вищою продуктивністю культури. У фазу розгалуження сої відзначено посилення емісії діоксиду вуглецю з ґрунту, максимальний показник впродовж вегетації зафіксовано за одностороннього внесення азотних добрив N₅₅ – 353 кг/га/добу. У фазу повної стиглості відмічено найнижчі показники емісії CO₂ та концентрації CO₂ в приземному шарі повітря. Вирощування сої за різних рівнів удобрення на фоні меліорації зумовило непродуктивні потоки CO₂ в інтервалі від 13,1 до 20,0 т/га за вегетацію. Кореляційний аналіз показав обернену залежність між урожайністю надземної маси і непродуктивними втратами CO₂ з ґрунту при R²=0,61. Відповідно

найнижчими непродуктивні втрати CO_2 3,3–3,6 кг/га/год були у варіантах застосування на фоні 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ розрахункових доз $\text{N}_{55}\text{P}_{20}\text{K}_{50}$ і $\text{N}_{65}\text{P}_{50}\text{K}_{75}$ із додаванням S_{40} і мікродобрива (двічі), де за рахунок вищої врожайності основної і побічної продукції, післязбиральних залишків відбувалося нагромадження органічної речовини та секвестрація органічного вуглецю в ґрунті на рівні 0,45–0,53 т/га.

Ключові слова: соя; емісія CO_2 ; дози удобрення; хімічна меліорація; баланс органічного вуглецю.

Постановка проблеми. Головним джерелом нагромадження гумусу є органічні добрива, внесення яких за останні десятиріччя практично відсутні, тому відбуваються значні втрати родючості ґрунту, що супроводжуються емісією CO_2 в атмосферу [1].

Втрата карбону в орних ґрунтах через їх нераціональне використання перетворює агроєкосистеми на потужне джерело парникового газу – діоксиду карбону, а підвищення продуктивності агроценозів на орних ґрунтах сприяє зв'язуванню атмосферного CO_2 і тим самим пом'якшенню парникового ефекту [2]. Сучасні екологічні проблеми поставили перед суспільством ряд науково-практичних завдань, одним з яких є моніторинг накопичення парникових газів в атмосфері. Для запобігання екологічних катастроф та зниження родючості ґрунту необхідна їх своєчасна діагностика [3; 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ґрунтова органічна речовина є сховищем найбільших запасів вуглецю в наземних екосистемах та виконує в біосфері важливу роль контролювання кліматичних параметрів [5].

Кругообіг органічного вуглецю в ґрунті – це динамічний процес, в якому рослини відіграють провідну роль. Швидкість розкладання органічних матеріалів зазвичай пропорційна кількості органічної речовини в ґрунті. Збільшуючи вміст останньої в ґрунті, можна досягти більш високого рівня запасу вуглецю (вуглецевий баланс) [6; 7]. За висновками різних учених [8] сумарний річний потік CO_2 з ґрунтів наземних екосистем нашої планети оцінюється в 50–70 Гт, а тому незначні порушення ґрунтового дихання в глобальному масштабі можуть призвести до серйозних змін концентрації CO_2 в атмосфері [9; 10].

Емісія CO_2 тісно пов'язана із напрямом господарського використання земель та способами обробітку ґрунтів. Визначальним

чинником істотного порушення балансу депонованого карбону в ґрунті та атмосфері в агросфері є глибока оранка, незбалансоване застосування мінеральних добрив, порушення структури сівозміни тощо, які мають негативний вплив на ґрунтову біоту, що знижує екологічну стійкість і продуктивність агроecosystem та родючість ґрунту [11].

Запровадження мінімального обробітку ґрунту призводить до суттєвого зменшення викидів вуглекислого газу в атмосфері, що пов'язано із створенням більш анаеробних умов в верхньому його шарі, що подавляє діяльність ґрунтових аеробних мікроорганізмів, яка значною мірою і визначає обсяги гетеротрофного дихання ґрунту [12].

Систематична оранка протягом шести років призводить до зменшення вмісту лабільної органічної речовини і фульвокислот та зниження потенційної здатності до продукування CO₂ у верхньому шарі ґрунту порівняно з поверхневим обробітком та технологією прямого висіву [13].

Система удобрення, яка передбачає застосування в сівозміні органічних і мінеральних добрив у загальноприйнятих дозах забезпечує стабільність гумусового стану, з тенденцією до підвищення з 1,02% до 1,16–1,34%, забезпечуючи відтворення його родючості [14].

Встановлено, що кількість діоксиду карбону, що виділяється у приземний шар атмосфери з ґрунту, тісно пов'язана з якістю рослинних решток, біотичною активністю та інтенсивністю процесів мінералізації – гуміфікацією. За величиною цього показника можна судити про інтенсивність процесів мінералізації органічної речовини ґрунту [15]. У разі гострої нестачі вологи спостерігається зниження обсягів емісії CO₂ з ґрунту.

Актуальність досліджень циклу вуглецю в наземних екосистемах пов'язана з проблемою оцінки глобальних змін клімату. Згідно з доповіддю Міжурядової групи експертів зі змін клімату, за останні 100 років середня температура земної поверхні підвищилася на 0,6° C, а концентрація вуглекислого газу в атмосфері – на 90 ppm (тобто на 30%) [16].

Сучасне потепління клімату спричиняє інтенсифікацію потоку неорганічного вуглецю з поверхні ґрунтів за рахунок біохімічної деградації органічної речовини. У зв'язку із загрозою глобального потепління одним з актуальних завдань сучасності є отримання об'єктивних оцінок балансу вуглецю в екосистемах. Для цього



необхідно встановлення інтенсивності процесів мінералізації та величини річних потоків вуглекислого газу з ґрунтів під різними рослинними угрупованнями [17].

Тому пошук способів раціонального використання ґрунту як основного засобу виробництва продукції рослинництва у контексті глобальної проблеми парникового ефекту набуває значної ваги.

Мета і завдання досліджень. Встановити інтенсивність емісії CO_2 та балансу органічного вуглецю під впливом різних доз удобрення на фоні вапнування при вирощуванні сої на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся.

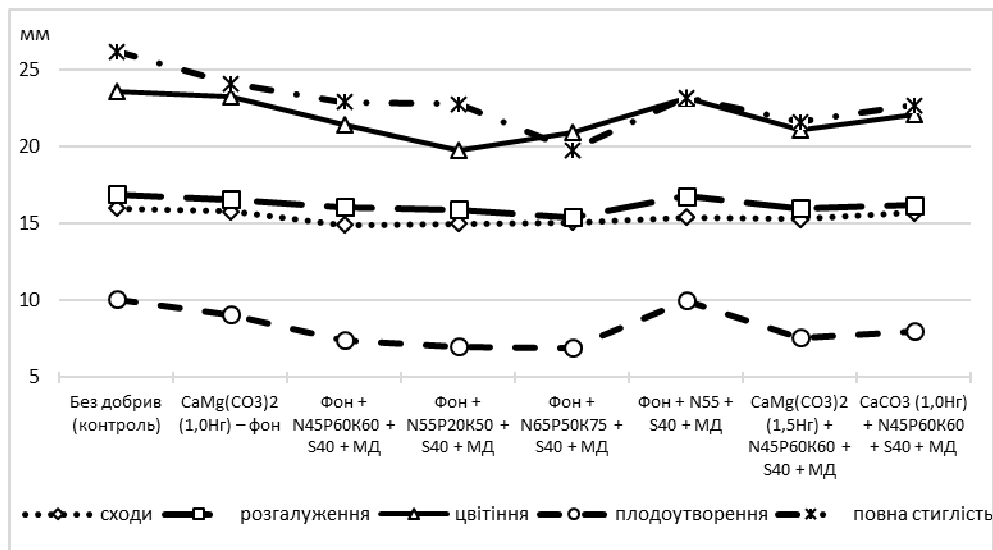
Методика досліджень. Стаціонарний дослід закладений на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті. Дослідження проведені у полі сої. Посівна площа ділянки в 99 м^2 ($16,5 \times 6$), облікова – 50 м^2 ($12,5 \times 4$), повторність дослідів триразова. Розміщення варіантів у досліді послідовне. Технологія вирощування – загальноприйнята для зони Полісся. Захист культур від шкідників, хвороб і бур'янів проводився за інтенсивною технологією. Загальним фоном у досліді є заорювана побічна продукція.

Схема дослідів: Без добрив (контроль); $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг) – фон; Фон + $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + S_{40} + мікродобриво (двічі); Фон + $\text{N}_{55}\text{P}_{20}\text{K}_{50}$ + S_{40} + мікродобриво (двічі); Фон + $\text{N}_{65}\text{P}_{50}\text{K}_{75}$ + S_{40} + мікродобриво (двічі); Фон + N_{55} + S_{40} + мікродобриво (двічі); $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,5 Нг) + $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + S_{40} + мікродобриво (двічі); CaCO_3 (1,0 Нг) + $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + S_{40} + мікродобриво (двічі).

Хімічну меліорацію ґрунту проводили доломітовим ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) і вапняковим (CaCO_3) борошном перед закладанням стаціонарного дослідів у дозі, встановленій за рівнем гідролітичної кислотності (Нг) досліджуваного ґрунту. Мінеральні добрива вносили у формі аміачної селітри, амофосу, калію хлористого.

Моніторинг емісії CO_2 здійснювався в польових умовах в основні фази росту і розвитку культури за допомогою портативного аналізатора TESTO-440 та в лабораторних умовах стандартизованих за параметрами температури і вологості за методикою Б. М. Макарова. Змішані ґрунтові зразки для визначення CO_2 у лабораторних умовах були відібрані у 0–20 см шарі ґрунту.

Погодні умови вегетаційного періоду були сприятливими для росту і розвитку сільськогосподарських культур і зумовили певні показники запасу продуктивної вологи і температури ґрунту на час проведення досліджень (рис. 1).

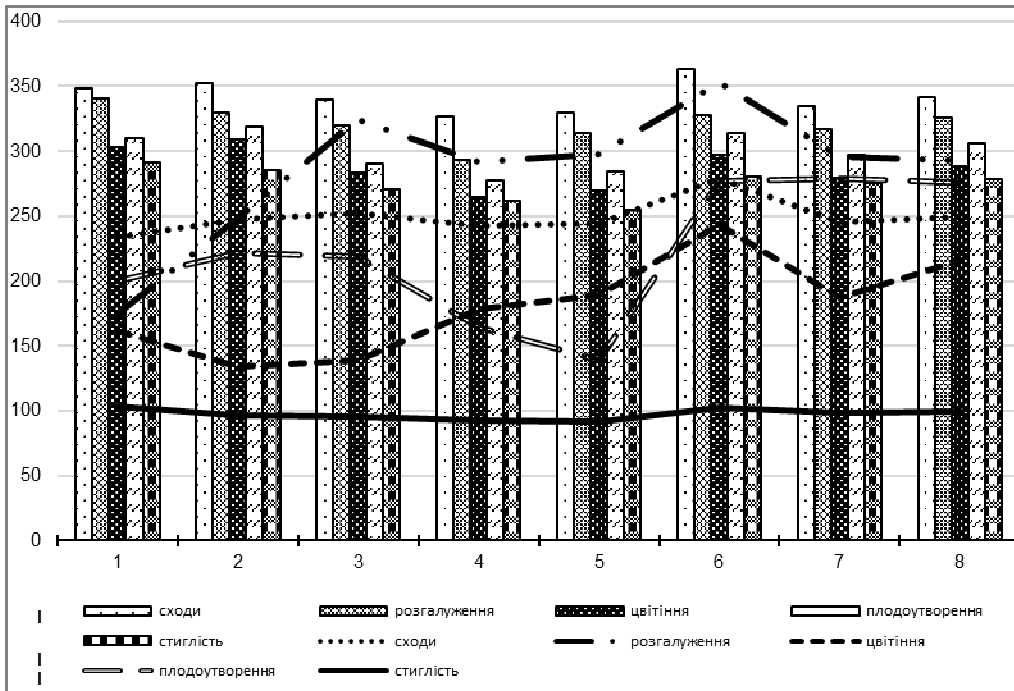


Примітка. Температура ґрунту, °С: сходи – 19,3; розгалуження – 22,3; цвітіння – 18,3; плодоутворення – 25,7; повна стиглість 24,4.

Рис. 1. Запаси продуктивної вологи у 0–20 см шарі ґрунту у посівах сої, мм

Виклад основного матеріалу дослідження. Інтенсивність емісії діоксиду карбону величина динамічна, яка змінюється протягом вегетаційного періоду і залежить від вологи, температури, антропогенного навантаження на ґрунт.

Рівень емісії діоксиду карбону на початку вегетації сої за температури ґрунту 19,3° С та продуктивної вологи 14,9–16,0 мм в 0–20 см шарі ґрунту варіантів у фазу сходів за добу знаходився в межах 234–279 кг/га/добу і концентрація CO₂ у приземному шарі повітря перебувала в інтервалі 327–363 ppm (рис. 2).



Примітка: 1–8 – варіанти схеми дослідів; I – концентрація CO₂ у приземному шарі повітря, ppm; II – емісія CO₂ з ґрунту, кг/га/добу.

Рис. 2. Динаміка виділення CO₂ з дерново-підзолистого ґрунту залежно від рівнів удобрення і меліорації

Дані показники за внесення 1,0 дози Нг CaMg(CO₃)₂ і на контролі (без добрив) були дещо вищими і склали 348 і 352 ppm у приземному шарі повітря за емісії CO₂ за добу з ґрунту 234 і 247 кг/га. Найвища інтенсивність емісії CO₂ (279 кг/га/добу) за концентрації CO₂ над ґрунтом 363 ppm у дану фазу відмічена з внесенням лише аміачної селітри (N₅₅) на фоні CaMg(CO₃)₂. За внесення повного мінерального удобрення N₆₅P₅₀K₇₅ і N₅₅P₂₀K₅₀ на фоні хімічної меліорації прослідковується зниження концентрації CO₂ у приземному шарі повітря та його емісійних потоків з ґрунту порівняно з іншими удобрюваними варіантами до рівнів 327–330 ppm і 242–244 кг/га/добу.

У фазу розгалуження за підвищеної температури ґрунту до 22,3° С і продуктивної вологи 15,4–16,9 мм в 0–20 см шарі ґрунту відмічено збільшення інтенсивності емісії CO₂ у варіантах із удобренням на 17,7–28,6% порівняно з попереднім періодом.

Підвищення температури повітря і вологості ґрунту викликає посилення емісійних втрат CO₂ [17; 18]. Хоча за удобрення N₆₅P₅₀K₇₅ і N₅₅P₂₀K₅₀ з додаванням S₄₀ і мікродобрива (двічі) на фоні 1,0 Нг СаMg(CO₃)₂ прослідковується зниження емісії CO₂ з ґрунту та концентрації CO₂ у приземному шарі повітря відносно інших варіантів із удобренням, проте щодо контролю (без добрив і хімічної меліорації) інтенсивність емісії зростає в 1,8 рази. За внесення N₅₅ за інших однакових умов удобрення емісійні потоки CO₂ були найвищими – 353 кг/га/добу.

У фазу цвітіння за температури ґрунту 18° С і продуктивної вологи 19,8–23,6 мм інтенсивність емісії CO₂ дещо знизилась порівняно з минулим періодом і склала 134–243 кг/га ґрунту та концентрація CO₂ у приземному шарі повітря 265–297 ppm. Як і у попередню фазу найвищими показниками вирізнявся варіант N₅₅ на фоні доломітового борошна.

У фазу плодоутворення за температури ґрунту 25,7° С та продуктивної вологи 6,9–10,1 мм концентрація CO₂ зростає порівняно з попередньою фазою росту і розвитку сої на 2,3–6,5%, що пов'язано як із погодними умовами так і фізіологічною активністю рослин. Найістотніше підвищення інтенсивності емісійних потоків CO₂ з ґрунту відносно попереднього періоду відмічено на фоні 1,5 Нг дози СаMg(CO₃)₂ – 139 кг/га/добу за концентрації у приземному шарі 297 ppm.

У фазу повної стиглості за зниження температури ґрунту до 24,4° С та продуктивної вологи 19,8–26,2 мм відмічено найнижчі показники емісії CO₂ 91,4–103 кг/га/добу з ґрунту. Порівняно з попередньою фазою рослин сої зниження емісійних потоків CO₂ становило 6,1–10,8%. Найнижчими вони були у варіантах застосування розрахункових доз добрив на фоні 1,0 дози СаMg(CO₃)₂ – 91,4–92,5 кг/га/добу та концентрації CO₂ у приземному шарі повітря – 255–262 ppm відповідно.

Емісійні потоки CO₂ з одиниці площі за вегетаційний період сої показані на рис. 3. Найменшими 21,0 т/га вони були на варіанті без добрив (контроль). Згідно досліджень найвищим цей показник був за удобрення N₅₅ + S₄₀ + мікродобриво (двічі) на фоні 1,0 Нг СаMg(CO₃)₂ – 30,1 т/га. Викиди CO₂ із провапнованого ґрунту при внесенні азоту пов'язані не тільки з мінералізацією органічного вуглецю ґрунту, але й з розчиненням неорганічної його частини [19].

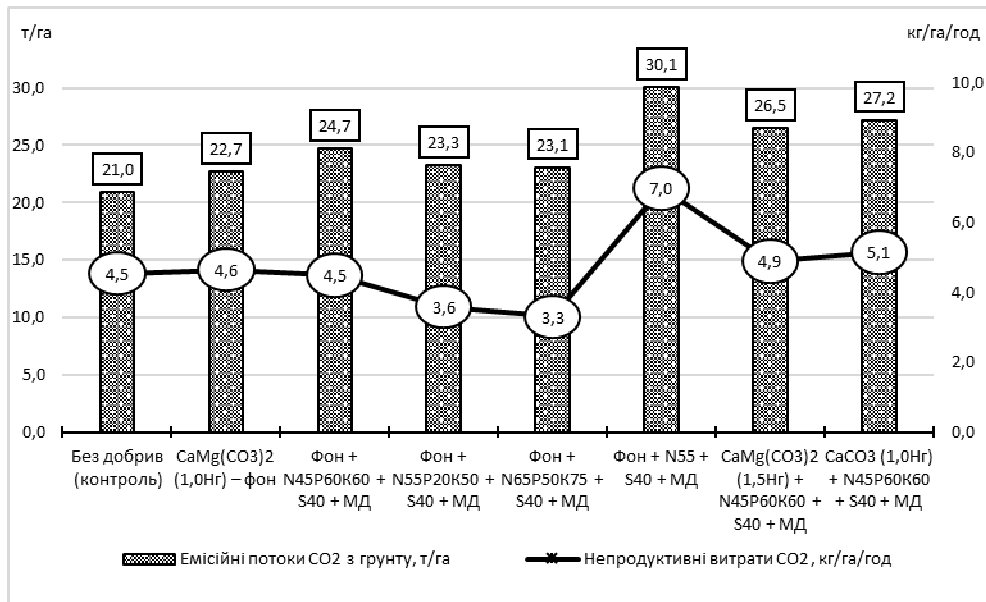


Рис. 3. Емісійні потоки CO₂ із дерново-підзолистого ґрунту

Колообіг діоксиду вуглецю зумовлює як використання рослинами виділеного з ґрунту CO₂ в процесі фотосинтезу, так і непродуктивні його витрати. Вирощування сої за різних рівнів удобрення на фоні меліорації зумовило непродуктивні потоки CO₂ в інтервалі від 13,1 до 20,0 т/га за вегетацію. Враховуючи час вегетації рослин сої (120 днів) на дерново-підзолистому ґрунті залежно від удобрення та вапнування непродуктивні втрати CO₂ були в межах 3,3–7,0 кг/га/год.

Слід відзначити, що кількість емітованого у атмосферу CO₂ за вегетаційний період сої знаходилася у протилежній залежності від рівня продуктивності культури. Взаємозв'язок урожайності надземної маси культури (y) і непродуктивних викидів діоксиду вуглецю (x) за вегетацію сої показана через поліноміальне рівняння другого порядку (рис. 4).

Із даних рівняння $y = -0,9741x^2 + 9,7024x - 11,914$ стає очевидним, що ріст продуктивності культури сприяє зниженню непродуктивним втратам CO₂ при R²=0,61.

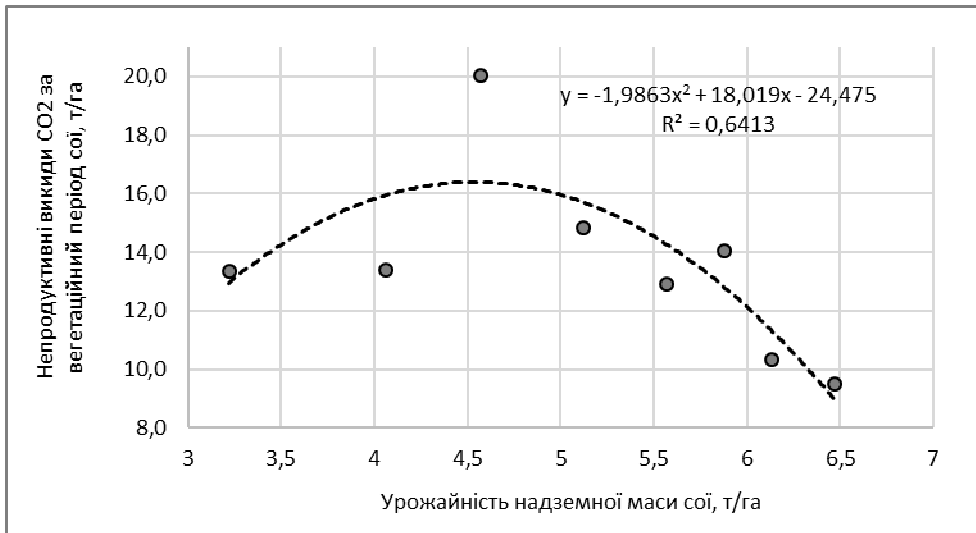


Рис. 4. Залежність між обсягами емітованого CO₂ в атмосферу за вегетаційний період та урожайності надземної маси сої

Ґрунтовий органічний вуглець чутливий до того, як управляють ґрунтом; нераціональне використання земель є причиною того, що ґрунти втрачають органічну речовину/вуглець, і відбуваються викиди парникових газів. Зміни вмісту гумусу в ґрунтах залежать від двох взаємно протилежних процесів – гуміфікації та мінералізації органічних речовин. Наслідком їх інтенсивності є накопичення або втрати гумусу. Для того, щоб встановити спрямованість та інтенсивність цих змін застосовують балансовий метод, який враховує статті надходження та відчуження органічного вуглецю [10].

Результатами досліджень встановлено, що у зоні Полісся залишення 100% нетоварної частини врожаю у полі за внесення різних доз мінеральних добрив на фоні хімічної меліорації забезпечує перевагу надходження органічної речовини над її втратами і оптимізацію параметрів вмісту органічної речовини у дерново-підзолистому ґрунті (таблиця).

Виявлено, що впродовж досліджень бездефіцитний баланс органічного вуглецю в ґрунті вдалося підтримувати у варіантах із удобренням і хімічною меліорацією. Найвищий додатний баланс органічного вуглецю в ґрунті сформувався за внесення N₅₅P₂₀K₅₀ і N₆₅P₅₀K₇₅ на фоні 1,0 дози Нґ СаMg(CO₃)₂ з додаванням S₄₀ + мікродобриво і склав відповідно 0,45 і 0,53 т/га. Це пояснюється вищою урожайністю культури, що зумовило більшу кількість



органічної сировини, краще гумусоутворення та секвестрацію органічного вуглецю.

Одним із основних завдань землеробства є утримання вуглецевих сполук в родючому шарі ґрунту, що забезпечить підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Інтенсивність втрат органічного вуглецю суттєва на розорюваних земельних ділянках, тому для покращення їх стану рекомендується збільшення внесення органічних добрив, мінеральних добрив, заорювання соломи, проведення хімічної меліорації, що є ефективним заходом для боротьби з деградацією ґрунтів та забезпечує одержання додаткової кількості органічного вуглецю і позитивно впливає на показники родючості ґрунту [1; 20].

Таблиця

Баланс органічного вуглецю за вирощування сої залежно від удобрення та хімічної меліорації, т/га

Варіант	Надходження				Втрати від мінералізації	Баланс
	всього	в т.ч. за рахунок				
		кореневих решток	поверхневих решток	побічної продукції		
Без добрив (контроль)	1,40	0,81	0,43	0,16	1,56	-0,16
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Н _г) – фон	1,57	0,90	0,48	0,19	1,56	0,01
Фон + N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + S ₄₀ + МД	1,89	1,06	0,58	0,25	1,56	0,33
Фон + N ₅₅ P ₂₀ K ₅₀ + S ₄₀ + МД	2,01	1,12	0,61	0,28	1,56	0,45
Фон + N ₆₅ P ₅₀ K ₇₅ + S ₄₀ + МД	2,09	1,16	0,64	0,29	1,56	0,53
Фон + N ₅₅ + S ₄₀ + МД (двічі)	1,66	0,94	0,51	0,21	1,56	0,10
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Н _г) + N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + S ₄₀ + МД	1,96	1,09	0,60	0,27	1,56	0,40
CaCO ₃ (1,0 Н _г) + N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + S ₄₀ + МД	1,81	1,03	0,56	0,22	1,56	0,25

Висновки. Узагальнені дані за вегетаційні періоди показали різницю інтенсивності виділення CO₂ з ґрунту за добу і концентрації

CO₂ в приземному шарі повітря між варіантами дослідів у весняно-літній період, що пов'язано насамперед із вологістю і температурою ґрунту, удобренням, хімічною меліорацією і заорюванням рослинної біомаси в ґрунт.

Встановлено, що на кислих ґрунтах без внесення мінеральних добрив та вапна, накопичення надземної та кореневої біомаси культур, відбувається повільно та не дає змоги компенсувати надходження відчуженої з урожаєм органічної речовини з ґрунту. В результаті цього створюються умови для підвищення мінералізації органічної речовини з ґрунту, та її втрати шляхом емісії CO₂ до атмосфери.

Визначено, що впродовж вегетаційного періоду у полі сої за внесення N₅₅P₂₀K₅₀ і N₆₅P₅₀K₇₅ + S₄₀ + Нутривант універсальний, 2 кг/га (двічі) на фоні 1,0 Нг дози CaMg(CO₃)₂ інтенсивність виділення CO₂ з ґрунту була найнижчою серед удобрюваних варіантів, що сприяло зниженню емісійних потоків діоксиду карбону в атмосферу до 9,5–10,3 т/га або 3,3–3,6 кг/га/год. У зазначених варіантах зростання маси побічної продукції, післязбиральних залишків зумовило підвищення надходження органічної речовини в ґрунт, що забезпечило формування найвищого додатного балансу органічного вуглецю в ґрунті 0,45–0,53 т/га порівняно з іншими варіантами дослідів.

1. Гаврилюк В. А., Мелимука Р. Я. Емісія вуглекислого газу та мікробіологічна активність ґрунтів за різного сільськогосподарського призначення в умовах Західного Полісся. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Агронія і біологія*. 2022. № 1. Т. 47. С. 42–47. DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.6>. (дата звернення: 08.06.2023).
2. Морозова Т. В., Ліхо О. А. Емісія CO₂ з ґрунтів під енергетичними культурами. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 2(98). С. 89–103. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/24127>. (дата звернення: 08.06.2023). DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220227>.
3. Трофименко П. І. Газовий склад надґрунтового шару повітря атмосфери та його роль у формуванні обсягів емісії газів із ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2018. № 103. С. 227–235. URL: http://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103_2018/103_2018.pdf. (дата звернення: 08.06.2023).
4. Piccolo A., Spaccini R., Drosos M., Vinci G., Cozzolino V. The Molecular Composition of Humus Carbon: Recalcitrance and Reactivity in Soils. *The Future of Soil Carbon, Its Conservation and Formation* / Editors: Garcia Carlos, Nannipieri Paolo, Hernandez Teresa. Academic Press., 2018. Edition



- 1st. Chapter 4. Pp. 87–124. DOI: 10.1016/B978-0-12-811687-6.00004-3. **5.** Lal G., Mohtar G. H., Assi A. T., Gay G., Baybil H., Lahn M. Soil as a Basic Nexus Tool: Soils at the Center of the Food–Energy–Water Nexus. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*. 2017. Issue 4. P. 117–129. DOI: 10.1007/s40518-017-0082-4. **6.** Nebbioso A., Piccolo A. Advances in humeomics: enhanced structural identification of humic molecules after size fractionation of a soil humic acid. *Analytica Chimica Acta*. 2012. Vol. 720. P. 77–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2012.01.027>. **7.** Pédrot M., Davranche M. Dynamic structure of humic substances: Rare earth elements as a fingerprint. *J. Colloid Interface Sci*. 2010. Vol. 345. Issue 2. P. 206–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2010.01.069>. **8.** Мірошніченко М. М. Динаміка емісії CO₂ за різних способів обробітку ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2011. № 74. С. 1–5. **9.** Чорний С. Г., Видинівська О. В. Емісія оксиду вуглецю з чорнозему південного та можливості його секвестру при застосуванні технології no-till. *Біологічні системи*. 2013. Вип. 2. Т. 5. С. 262–267. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3701/1/8.pdf>. (дата звернення: 08.06.2023). **10.** Снітинський В. В., Габриєль А. Й., Оліфір Ю. М., Германович О. М. Гумусний стан та емісія діоксиду вуглецю в агроєкосистемах. *Агроєкологічний журнал*. 2015. № 1. С. 53–58. **11.** Галицька М. А., Писаренко П. В., Кулик М. А. Гуміфікаційно-мінералізаційні процеси як показник акумуляції карбону в ґрунтах. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 2. С. 130–136. **12.** Ткачук В. П., Трофименко П. І. Вміст гумусу за різного використання дерново-підзолистого супіщаного ґрунту та обсяги емісійних втрат CO₂. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 2 (84). DOI: 10.31548/dopovid2020.02. **13.** Попірний М. А., Сябрук О. П., Акімова Р. В., Шевченко М. В. Новітні інтегративні методи дослідження стабілізації органічного вуглецю за різного обробітку ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. № 90. С. 13–28. DOI: 10.31073/acss90. **14.** Кочик Г. М. Гумусний стан дерново-підзолистого ґрунту за різних систем основного обробітку і удобрення. *Інститут землеробства НААН : зб. наук. праць ННЦ*. 2015. Вип. 2. С. 47–56. **15.** Трофименко П. І., Трофименко Н. В. Інтенсивність емісії CO₂ з ґрунтів Полісся під час вегетації культур та домінантність зумовлюючих її чинників. *Меліорація і водне господарство*. 2018. № 1. Т. 107. С. 47–54. DOI: 10.31073/mivg201801-120. **16.** Демиденко О. В. Управління обігом вуглецю в агроценозах під впливом низьковуглецевих агротехнологій. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 11. С. 46–52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2014_11_10. (дата звернення: 08.06.2023). **17.** Трофименко П., Трофименко Н., Веремєєнко С., Борисов Ф. Методологія визначення інтенсивності дихання ґрунтів та емісійні втрати вуглецю агроландшафтами Лівобережного Полісся наприкінці періоду вегетації рослин. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер. Агрономія*. 2019. Вип. 23. С. 238–243. URL:

<https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.238>. (дата звернення: 08.06.2023). 18. Chen X., Liu M., Xu Z. et al. Influences of temperature and moisture on abiotic and biotic soil CO₂ emission from a subtropical forest. *Carbon Balance Manage.* 2021. Vol. 16. P. 18. URL: <https://doi.org/10.1186/s13021-021-00181-8> (дата звернення: 08.06.2023). 19. Yu W. J., Li X. S., Chen Z. J., & Zhou J. B. Effects of nitrogen fertilizer application on carbon dioxide emissions from soils with different inorganic carbon contents. *The journal of applied ecology.* 2018. Vol. 29(8). P. 2493–2500. URL: <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201808.009> (дата звернення: 08.06.2023). 20. Song Q., Zhu J., Gong Z., Feng Y., Wang Q., Sun Y., Zeng X., Lai Y. Effect of straw retention on carbon footprint under different cropping sequences in Northeast China. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2021. Vol. 28(39). Pp. 54792–54801. DOI: 10.1007/s11356-021-14316-4.

REFERENCES:

1. Havryliuk V. A., Melymuka R. Ya. Emisiia vuhlekysloho hazu ta mikrobiolohichna aktyvnist gruntiv za riznoho silskohospodarskoho pryznachennia v umovakh Zakhidnoho Polissia. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser. Ahronomiia i biolohiia.* 2022. № 1. T. 47. S. 42–47. DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.6>. (дата zvernennia: 08.06.2023).
2. Morozova T. V., Likho O. A. Emisiia SO₂ z gruntiv pid enerhetychnymy kulturamy. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Ser. Silskohospodarski nauky.* 2022. Vyp. 2(98). S. 89–103. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/24127>. (дата zvernennia: 08.06.2023). DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220227>.
3. Trofymenko P. I. Hazovyi sklad nadgruntovoho sharu povitria atmosfery ta yoho rol u formuvanni obsiahiv emisii haziv iz gruntu. *Tavriiskyi naukovyi visnyk.* Kherson, 2018. № 103. S. 227–235. URL: http://tnv-ago.ksauniv.ks.ua/ahchives/103_2018/103_2018.pdf. (дата zvernennia: 08.06.2023).
4. Piccolo A., Spaccini R., Drosos M., Vinci G., Cozzolino V. The Molecular Composition of Humus Carbon: Recalcitrance and Reactivity in Soils. *The Future of Soil Carbon, Its Conservation and Formation* / Editors: Garcia Carlos, Nannipieri Paolo, Hernandez Teresa. Academic Press., 2018. Edition 1st. Chapter 4. Pp. 87–124. DOI: 10.1016/B978-0-12-811687-6.00004-3.
5. Lal G., Mohtar G. H., Assi A. T., Gay G., Baybil H., Lahn M. Soil as a Basic Nexus Tool: Soils at the Center of the Food–Energy–Water Nexus. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports.* 2017. Issue 4. P. 117–129. DOI: 10.1007/s40518-017-0082-4.
6. Nebbioso A., Piccolo A. Advances in humeomics: enhanced structural identification of humic molecules after size fractionation of a soil humic acid. *Analytica Chimica Acta.* 2012. Vol. 720. P. 77–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2012.01.027>.
7. Pédrot M., Davranche M.

Dynamic structure of humic substances: Rare earth elements as a fingerprint. *J. Colloid Interface Sci.* 2010. Vol. 345. Issue 2. P. 206–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2010.01.069>. **8.** Miroshnychenko M. M. Dynamika emisii SO₂ za riznykh sposobiv obrobittu gruntu. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2011. № 74. S. 1–5. **9.** Chornyi S. H., Vydynivska O. V. Emisiia oksydu vuhletsu z chornozemu pivdennoho ta mozhlyvosti yoho sekvestru pry zastosuvanni tekhnologii no-till. *Biologichni systemy*. 2013. Vyp. 2. T. 5. S. 262–267. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3701/1/8.pdf>. (data zvernennia: 08.06.2023). **10.** Snitynskyi V. V., Habryiel A. Y., Olifir Yu. M., Hermanovych O. M. Humusnyi stan ta emisiia dioksydu vuhletsu v ahroekosystemakh. *Ahroekologichnyi zhurnal*. 2015. № 1. S. 53–58. **11.** Halytska M. A., Pysarenko P. V., Kulyk M. A. Humifikatsiino-mineralizatsiini protsesy yak pokaznyk akumulatsii karbonu v gruntakh. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2018. № 2. S. 130–136. **12.** Tkachuk V. P., Trofymenko P. I. Vmist humusu za riznogo vykorystannia derno-pidzolistoho supishchanoho gruntu ta obsiahy emisiinykh vtrat SO₂. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2020. № 2 (84). DOI: 10.31548/dopovidi2020.02. **13.** Popirnyi M. A., Siabruk O. P., Akimova R. V., Shevchenko M. V. Novitni intehratyvni metody doslidzhennia stabilizatsii orhanichnoho vuhletsu za riznogo obrobittu gruntu. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2020. № 90. S. 13–28. DOI: 10.31073/acss90. **14.** Kochyk H. M. Humusnyi stan derno-pidzolistoho gruntu za riznykh system osnovnoho obrobittu i udobrennia. *Instytut zemlerobstva NAAN*: zb. nauk. prats NNTs. 2015. Vyp. 2. S. 47–56. **15.** Trofymenko P. I., Trofymenko N. V. Intensyvniat emisii SO₂ z gruntiv Polissia pid chas vechetatsii kultur ta dominantnist zhumovliuiuchykh yii chynnykiv. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*. 2018. № 1. T. 107. S. 47–54. DOI: 10.31073/mivg201801-120. **16.** Demydenko O. V. Upravlinnia obihom vuhletsu v ahrotsenozakh pid vplyvom nyzkovuhletsevykh ahrotekhnologii. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2014. № 11. S. 46–52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2014_11_10. (data zvernennia: 08.06.2023). **17.** Trofymenko P., Trofymenko N., Veremeienko S., Borysov F. Metodolohiia vyznachennia intensyvnosti dykhannta gruntiv ta emisiini vtrat vuhletsu ahrolandshaftamy Livoberezhnoho Polissia naprykintsi periodu vechetatsii roslyn. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser. Ahronomiia*. 2019. Vyp. 23. S. 238–243. URL: <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.238>. (data zvernennia: 08.06.2023). **18.** Chen X., Liu M., Xu Z. et al. Influences of temperature and moisture on abiotic and biotic soil CO₂ emission from a subtropical forest. *Carbon Balance Manage.* 2021. Vol. 16. P. 18. URL: <https://doi.org/10.1186/s13021-021-00181-8> (data zvernennia: 08.06.2023). **19.** Yu W. J., Li X. S., Chen Z. J., & Zhou J. B. Effects of nitrogen fertilizer application on carbon dioxide emissions from soils with different inorganic carbon contents. *The journal of applied ecology*. 2018. Vol. 29(8). P. 2493–

2500. URL: <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201808.009> (data zvernennia: 08.06.2023). 20. Song Q., Zhu J., Gong Z., Feng Y., Wang Q., Sun Y., Zeng X., Lai Y. Effect of straw retention on carbon footprint under different cropping sequences in Northeast China. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2021. Vol. 28(39). Pp. 54792–54801. DOI: 10.1007/s11356-021-14316-4.

Polovyi V. M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor (Institute of Agriculture of Western Polissia of NAAS, vil. Shubkiv),
Yashchenko L. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Postdoctoral Fellow (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Rovna H. F., Senior Research Fellow** (Institute of Agriculture of Western Polissia of NAAS, vil. Shubkiv)

DYNAMICS OF CO₂ PRODUCTION FROM LIMED SOD-PODZOLIC SOIL AT DIFFERENT LEVELS OF SOYBEAN FERTILIZATION

In connection with the threat of global warming, one of the urgent tasks of today is the assessment of the intensity of mineralization processes and the study of the carbon cycle in terrestrial ecosystems. The issue of the influence of fertilizer against the background of chemical land reclamation on CO₂ emission flows in the crop rotation of Western Polissia is poorly studied and requires detailed analysis. The aim of the study was to determine the CO₂ emission intensity from sod-podzolic soil, its concentration in the surface air layer, and the balance of organic carbon at different doses of soybean fertilization against the background of chemical reclamation. Field, agrochemical and statistical methods were used in trial. In variants application of N₅₅P₂₀K₅₀ and N₆₅P₅₀K₇₅ with S₄₀ and microfertilizer Nutrivant universal (2 kg·ha⁻¹) on background of 1.0 Hh CaMg(CO₃)₂ the less concentration of CO₂ in the surface layer of the air compared to other variants was observed. That is associated with higher crop productivity. In the branching phase of soybeans, an increase in the emission of carbon dioxide from the soil was noted, the maximum indicator during the growing season was recorded with one-sided application of nitrogen fertilizers N₅₅ – 353 kg/ha/h. In the phase of full maturity, the lowest CO₂ emissions and concentration in the

surface air layer were noted. The different levels of soybean fertilization at ameliorated sod-podzolic soil caused unproductive CO₂ flows in the range from 13.1 to 20.0 t/ha per growing season. Correlation analysis showed an inverse relationship between the productivity of the above-ground mass and non-productive losses of CO₂ from the soil at R²=0.61. The lowest non-productive CO₂ losses of 3.3–3.6 kg/ha/h were in the variants N₅₅P₂₀K₅₀ and N₆₅P₅₀K₇₅ with the addition of S₄₀ and microfertilizer on background of 1.0 Hh dose of CaMg(CO₃)₂. Due to the higher yield of the main and by-products, post-harvest residues, there was accumulation of organic matter and sequestration of organic carbon in the soil at the level of 0.45–0.53 t/ha in that variants.

Keywords: soybean; CO₂ emission; fertilizer doses; chemical amelioration; organic carbon balance.