

ІНТЕНСИВНІСТЬ ЕМІСІЇ CO₂ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ

В. М. Польовий, Г. Ф. Ровна, Л. А. Яценко, Б. В. Гук

Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН, вул. Рівненська, 5, с. Шубків,
Рівненський район, Рівненська область, 35325, Україна

Актуальність. Близько 15 % обсягу емісії парникових газів при зміні клімату припадає на сільськогосподарське виробництво. Порушення балансу органічного вуглецю спричиняє зниження екологічної стійкості та продуктивності агроєкосистем і родючості ґрунту. Зменшення інтенсивності виділення оксиду карбону з ґрунту при раціональному землекористуванні може слугувати оптимізацією його органічної речовини. **Визначення проблеми.** Питання впливу різних доз хімічних меліорантів і мінерального удобрення культур сівозміни західного Полісся на обсяги емісії CO₂ із дерново-підзолистого ґрунту є мало вивченим і потребує аналізування. **Мета.** Дослідити особливості емісії діоксиду вуглецю з дерново-підзолистого ґрунту при вирощуванні пшениці озимої та ячменю ярого при різних дозах меліорантів і удобрення. **Матеріали і методи.** Польовий дослід, агрохімічний і статистичний методи. **Результати.** Меліорація 0,5 і 1,0 дозами вапнякових матеріалів, визначеними за гідролітичною кислотністю (Нз) ґрунту, в загальному призводить до зменшення викидів CO₂ в атмосферу щодо фону мінерального удобрення. Рівень продукування вуглекислого газу у посівах ячменю ярого у варіанті N₉₀P₉₀K₉₀ становив 89,8–68,3–63,5 мг CO₂/кг ґрунту, тоді як при сумісному внесенні з 1,0 дозою (Нз) доломітового борошна знаходився в межах 83,1–59,8–63,6 мг CO₂/кг ґрунту протягом вегетаційного періоду залежно від фази розвитку культури. Відзначено, що інтенсивність нагромадження CO₂ у приземному шарі також залежала від вологості і температури ґрунту. Так, у полі пшениці озимої емісія діоксиду карбону була найвищою за 1,5 дози (Нз) на фоні N₁₂₀P₆₀K₉₀ і становила 77,7 мг CO₂/кг ґрунту у фазі виходу в трубку при температурі повітря 13,2 °С, з підвищенням температури повітря до 22,0 °С у фазі колосіння цей показник зріс у 1,2 раза, тоді як у фазі повної стиглості при температурі повітря 20,4 °С знизився в 1,3 раза. При внесенні 1,0 дози (Нз) доломітового борошна відзначено зниження продукування вуглекислого газу порівняно з 1,5 дозою (Нз) на рівні 18,2 мг CO₂/кг ґрунту у фазі повної стиглості пшениці, що пов'язано з інтенсивністю окисно-відновних процесів, які відбуваються у ґрунті при внесенні різних доз вапнякових матеріалів.

Висновки. У короткочасній сівозміні проведення вапнування мало позитивну дію на формування додатного балансу органічного вуглецю в дерново-підзолистому ґрунті при інтенсивному мінеральному удобренні культур. Зокрема, у варіантах внесення 1,0 і 1,5 дози (Нз) доломітового борошна на фоні мінеральної системи удобрення N₁₂₀P₆₀K₉₀ у посівах пшениці озимої баланс органічного вуглецю становив 0,35–0,28 т/га, N₉₀P₉₀K₉₀, у посівах ячменю ярого відповідно 0,10–0,16 т/га.

Ключові слова: пшениця озима, ячмінь ярий, меліорація, удобрення, діоксид карбону, баланс.

Вступ. Аграрне виробництво впливає зів – близько 15 % їхніх світових обсягів на зміни клімату через емісію парникових га- припадає саме на сільське господарство. Аг-

Інформація про авторів:

Польовий Володимир Мефодійович, доктор с.-г. наук, професор, академік НААН України, головний науковий співробітник відділу землеробства та агрохімії, e-mail: rivne_apv@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-3133-9803>

Ровна Галина Францівна, старший науковий співробітник відділу землеробства та агрохімії, e-mail: rivne_apv@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7599-5650>

Яценко Людмила Анатоліївна, канд. с.-г. наук, доцент, провідний науковий співробітник відділу землеробства та агрохімії, e-mail: rivne_apv@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-1407-0133>

Гук Богдан Васильович, старший науковий співробітник відділу землеробства та агрохімії, e-mail: rivne_apv@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-8666-2667>

роценози є системами з найбільш динамічним балансом органічної речовини. Втрата карбону в орних ґрунтах через їх нераціональне використання перетворює агроекосистеми на потужне джерело парникового газу – діоксиду карбону, а підвищення продуктивності агроценозів на орних ґрунтах сприяє зв'язуванню атмосферного CO₂ і тим самим пом'якшенню парникового ефекту [1, 2].

Діоксид карбону атмосфери приблизно на 80–90 % має ґрунтове походження, а серед потоків CO₂, що надходять до атмосфери, емісія з поверхні ґрунту є однією з найпотужніших. Визначальним чинником істотного порушення балансу депотованого карбону в ґрунті та атмосфері є обробіток ґрунту (зокрема глибока оранка), незбалансоване застосування мінеральних добрив, порушення структури сівозміни тощо, які мають негативний вплив на ґрунтову біоту, що знижує екологічну стійкість і продуктивність агроекосистем та родючість ґрунту. За оцінками експертів, близько 16–30 % CO₂ в атмосфері може бути зменшено в результаті його депонування у ґрунті через збільшення концентрації в органічній речовині ґрунту на 5–15 % [3, 4].

Відомо, що існування тенденцій поступового збільшення концентрації CO₂ в атмосфері останніми роками зумовлює підвищення температури повітря й закономірно є однією з найбільш актуальних проблем людства. Виключна гострота цієї проблеми спонукає вчених здійснювати пошук дієвих шляхів її усунення [5].

Крім того, вищеозначений процес відбувається на фоні постійного розвитку в ґрунтах деградаційних явищ і є наслідком посилення інтенсифікації сільськогосподарського використання. Відомо, що протікання процесу CO₂ до атмосфери залежить від цілої низки чинників, зокрема, джерелами викидів CO₂ у сільському господарстві є застосування вапна і вапнякових матеріалів при проведенні хімічної меліорації ґрунтів, культивування мінеральних і органічних добрив, спалювання рослинних решток [6].

Встановлено, що інтенсивність емісії діоксиду вуглецю з ґрунтів Полісся під час вегетації рослин, залежить від типу ґрунту, сільськогосподарської культури та її етапів органогенезу, умов рельєфу та прояву абіо-

тичних чинників, температури [7].

Визначальним чинником продукування CO₂ із ґрунту є його вологість. Мінімальних значень його виділення набуває при низьких показниках ґрунтової вологи. У дослідженнях найвища величина емісії CO₂ спостерігалась при температурі ґрунту 21,8–23,8 °C і вологості від 19,2–29,3 % [7].

Незалежно від періоду спостережень та варіанту дослідження мінімальні значення емісії двооксиду вуглецю приурочені до високої температури поверхні ґрунту та занадто низької вологості. В умовах дефіциту ґрунтової вологи, який складається останніми роками, виявлена особливість все частіше вважається закономірною [8].

Результати наукових досліджень свідчать, що динаміка балансу CO₂ в ґрунтах залежить від способу та інтенсивності їх використання [9, 10]. При подібних кліматичних умовах ґрунт буде мати неоднакову величину дисипації ↔ секвестрації діоксиду карбону, залежно від рівня загального агрогенного навантаження, системи удобрення, наявності меліорації [11, 12].

Склад ґрунтового повітря змінюється протягом року, більшою мірою в теплий період року (в результаті інтенсивної діяльності мікрофлори, дихання коренів та інших біологічних процесів), а також в умовах поганого газообміну в період випадання великої кількості опадів, чи при утворенні льодової кірки [13].

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 окремих регіонів [14–16]. Для цього необхідна оцінка інтенсивності процесів мінералізації та складових циклу вуглецю в наземних екосистемах різних природних зон, величини річних потоків вуглекислого газу різних типів ґрунтів під різними рослинними угрупованнями за рахунок природної емісії неорганічного вуглецю в різних едафокліматичних умовах [17, 18].

Мета дослідження – вивчити особливості емісії діоксиду вуглецю з дерново-підзолистого ґрунту при вирощуванні пшениці

озимої та ячменю ярого при різних дозах меліорантів і удобрення.

Матеріали та методи. Дослідження проводилися в стаціонарному польовому досліді на дерново-підзолистому зв'язно-піщаному ґрунті в короткоротаційній сівозміні у полях пшениці озимої і ячменю ярого. Технологія вирощування культур загальноприйнята для зони Полісся. Захист від шкідників, хвороб і бур'янів проводили за інтенсивною технологією.

Схема досліду включала варіанти: без добрив (контроль); NPK – фон; фон + CaMg(CO₃)₂ (0,5 Нг); фон + CaMg(CO₃)₂ (1,0 Нг); фон + CaMg(CO₃)₂ (1,5 Нг); фон + CaCO₃ (1,0 Нг). Мінеральні добрива вносили згідно схеми досліду у формі аміачної селітри, амофосу, калію хлористого у дозі N₁₂₀P₆₀K₉₀ під пшеницю озиму, N₉₀P₉₀K₉₀ під ячмінь ярий. Хімічні меліоранти застосовували перед закладанням стаціонарного досліду у формі доломітового (CaMg (CO₃)₂) і вапнякового борошна (CaCO₃), 1,0 Нг доза встановлена за рівнем гідролітичної кислотності (Нг) досліджуваного ґрунту.

Закладання та проведення досліду, відбір проб, підготовку їх до аналізу проводили згідно ДСТУ 4287:2007 та ДСТУ ISO 1164:2007, методичних вказівок та посібників.

Моніторинг емісії CO₂ з ґрунту здійснювали в польових умовах протягом вегетаційного періоду в основні фази росту і розвитку рослин та в лабораторних умовах. Для вимірювання продукування діоксиду вуглецю ґрунтом використовували польовий метод абсорбції CO₂, відомий як «метод Штанова» у модифікації Б. Н. Макарова. Зразки ґрунту відбирали згідно методики (ДСТУ 4287:2004) і в лабораторних умовах після лужної абсорбції визначали шляхом титрування кількості CO₂, виділеного з ґрунту.

Результати та обговорення. У ході досліджень встановлено, що інтенсивності емісії діоксиду карбону дерново-підзолистого ґрунту властива висока динамічність. Дослідження показали, що інтенсивність емісії CO₂ значно змінювалася за вегетаційний період у всіх варіантах досліду у ланці сівозміни.

За результатами інтенсивності емісії CO₂ з дерново-підзолистого ґрунту під посівами пшениці озимої відмічено збільшення даного показника у фазі виходу в трубку по всіх варіантах досліду на 19,1–29,7 мг CO₂/кг ґрунту, порівняно з контролем без добрив, де інтенсивність емісії була найменшою і становила 48,0 мг CO₂/кг ґрунту (табл. 1).

У фазі виходу в трубку у варіантах

Таблиця 1. Динаміка емісії CO₂ під пшеницею озимою залежно від удобрення та хімічних меліорантів, мг CO₂ / кг ґрунту (середнє за 2018–2020 рр.)

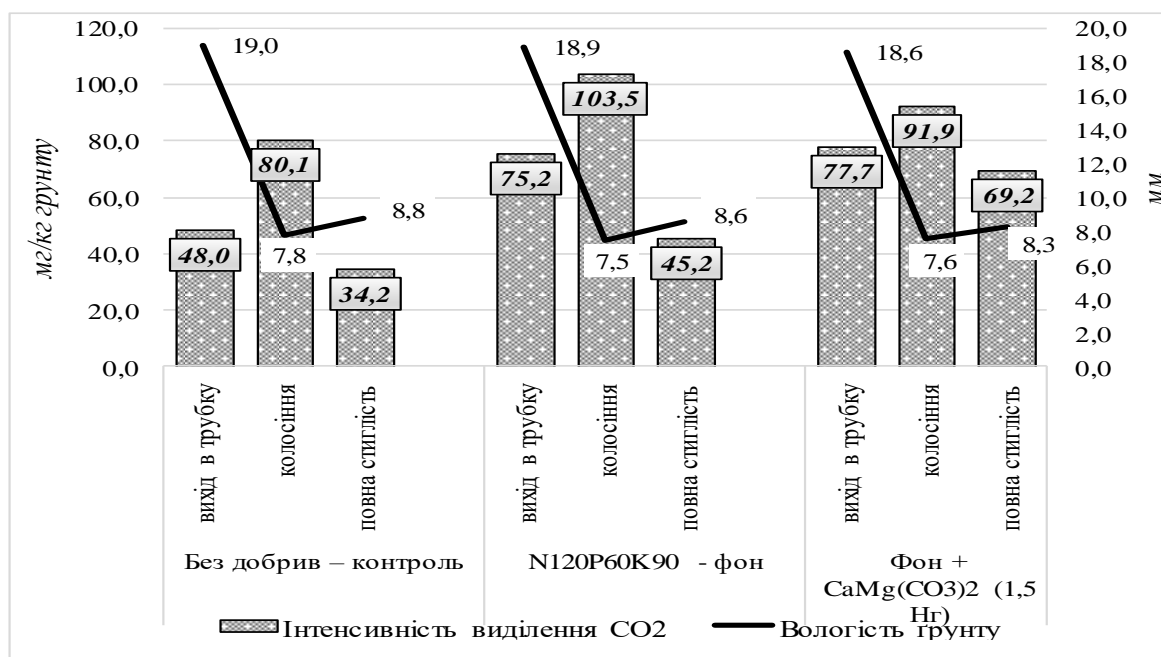
Варіант	Фази росту і розвитку		
	вихід в трубку	колосіння	повна стиглість
Без добрив – контроль	48,0	80,1	34,2
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ - фон	75,2	103,5	45,2
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (0,5 Нг)	72,1	84,7	46,3
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	75,0	87,3	51,0
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг)	77,7	91,9	69,2
Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	67,1	82,4	68,9
НІР ₀₅	2,0	5,9	4,2

при внесенні N₁₂₀P₆₀K₉₀ мінеральних добрив і на їх фоні 1,5 дози (Нг) доломітового борошна інтенсивність емісії була найвищою і становила 75,2 і 77,7 мг CO₂ / кг ґрунту при вологості ґрунту 18,9 і 18,6 мм та температурі повітря 13,2 °С (рис. 1).

Найнижчий показник емісії серед варіантів із вапняковими меліорантами відмічено при внесенні 1,0 дози CaCO₃ на фоні мінерального удобрення – 67,1 мг CO₂ / кг ґрун-

ту, що на 8,1 мг CO₂ / кг ґрунту менше ніж при мінеральній системі удобрення.

У фазі колосіння з підвищенням температури повітря до 22°С відмічалась тенденція до посилення інтенсивності емісії CO₂ у всіх варіантах досліду. Так, системи удобрення з внесенням 1,0 і 1,5 дози (Нг) доломітового борошна на фоні мінерального удобрення забезпечили показник емісії CO₂ на рівні 84,7 і 91,9 мг CO₂ / кг ґрунту, що на 4,6



Температура повітря у фазі виходу в трубку – 13,2 °С; колосіння – 22,0 °С; повної стиглості – 20,4 °С.

Рис. 1. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під озимою пшеницею залежно від температури повітря та вологості ґрунту.

і 11,8 мг CO₂/кг ґрунту більше порівняно з контролем без добрив. Найбільший показник у фазі колосіння (103,5 мг CO₂/кг ґрунту) відмічено при мінеральній системі удобрення, що на 11,6–18,8 мг CO₂/кг ґрунту більше ніж у варіантах із внесенням вапнякових меліорантів.

У фазі повної стиглості показник емісії CO₂ у варіантах з внесенням вапнякових меліорантів становив 46,3–69,2 мг CO₂/кг ґрунту. Найбільша інтенсивність емісії CO₂ відмічена при внесенні 1,5 дози (Нг) доломітового борошна і 1,0 дози (Нг) вапна на фоні мінерального удобрення – 69,2 і 68,9 мг CO₂/кг ґрунту при температурі повітря 20,4°С і вологості ґрунту 8,3 мм відповідно, за показника на контролі 34,2 мг CO₂/кг ґрунту.

На початку вегетації ячменю ярого (фаза кушіння) інтенсивність емісії CO₂ знаходилася в межах 74,1–98,2 мг CO₂/кг ґрунту. Найбільші показники інтенсивності емісії CO₂ відмічено при мінеральній системі удобрення (фон) та в поєднанні з 1,5 дозою (Нг) доломітового борошна – 89,8 та 98,2 мг CO₂/кг ґрунту відповідно при температурі повітря 21,8°С, вологості ґрунту 15,9 та 17,0 мм (табл. 2, рис. 2).

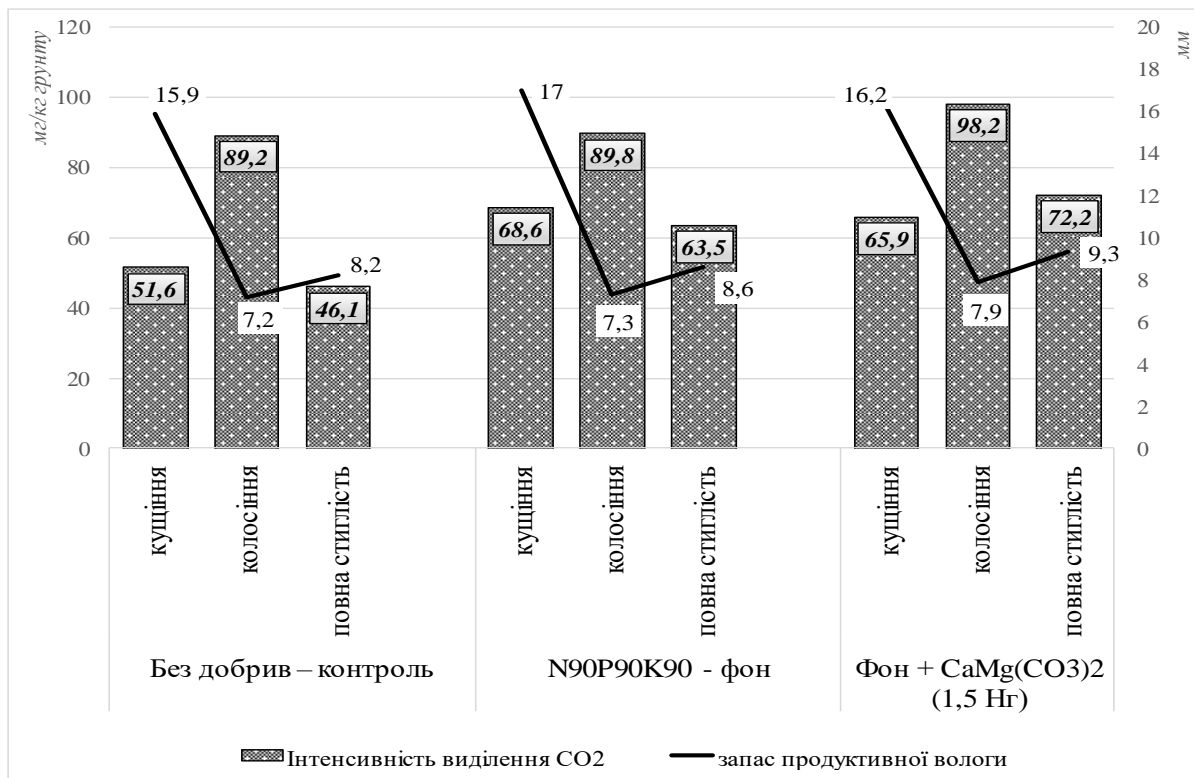
Найнижчою інтенсивність емісії CO₂ відмічено при внесенні 0,5 дози (Нг) доломітового борошна на фоні мінерального удобрення, де вона становила 74,1 мг CO₂/кг ґрунту, за показника на мінеральній системі удобрення без внесення вапнякових меліорантів – 89,8 мг CO₂ / кг ґрунту.

Таблиця 2. Динаміка емісії CO₂ під ячменем ярим залежно від удобрення та хімічних меліорантів, мг CO₂ / кг ґрунту (середнє за 2018–2020 рр.)

Варіант	Фази росту і розвитку		
	кушіння	колосіння	повна стиглість
Без добрив – контроль	89,2	51,6	46,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ - фон	89,8	68,6	63,5
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (0,5 Нг)	74,1	57,0	63,4
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	83,1	59,8	63,6
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг)	98,2	65,9	72,2
Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	80,2	47,0	69,3
НІР ₀₅	5,7	4,6	5,2

У фазі колосіння при температурі повітря 28,0 °С та вологості ґрунту 3,9–7,3 мм відмічено зниження інтенсивності емісії CO₂. При внесенні вапнякових меліорантів інтенсивність емісії склала 47,0–65,9 мг CO₂/кг ґрунту, а при мінеральній системі удобрення

68,6 мг CO₂/кг ґрунту. Найменша інтенсивність емісії CO₂ відмічена при 1,0 дозі (Нг) вапна, що на 21,6 мг CO₂/кг ґрунту менше, ніж при використанні мінеральних добрив і відповідно на 4,6 мг CO₂/кг ґрунту, ніж показник на контролі (51,6 мг CO₂/кг ґрунту).



Температура повітря у фазу куцання 21,8°С; колосіння – 28,0°С; повної стиглості – 29,5°С.

Рис. 2. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під ячменем ярим залежно від температури повітря та вологості ґрунту.

З підвищенням температури повітря до 29,5 °С та вологості ґрунту від 7,9 до 8,6 мм у фазі повної стиглості ячменю ярого у варіантах як із мінеральною системою удобрення, так і при сумісному внесенні з 0,5 і 1,0 дозою (Нг) доломітового борошна та суттєвої різниці між показниками інтенсивності емісії CO₂ не відмічено (63,4–63,5 мг CO₂/кг ґрунту). Найнижчою інтенсивність емісії CO₂ була на контролі без добрив – 46,1 мг CO₂/кг ґрунту. Слід відмітити, що у дану фазу при внесенні 1,5 дози (Нг) доломітового борошна і 1,0 дози (Нг) вапна на фоні мінерального удобрення на посівах ячменю ярого інтенсивність емісії CO₂ зростала відносно показників у фазі колосіння і склала відповідно 72,2 і 69,3 мг CO₂/кг ґрунту. Така ж тенденція спостерігалась і на посівах пшениці озимої, де даний показник у цих ва-

ріантах становив відповідно 69,2 і 68,9 мг CO₂/кг ґрунту.

Результати наукових досліджень вказують на те, що баланс органічного вуглецю на дерново-підзолистому ґрунті в короткочасній сівозміні був найбільш дефіцитним на неудобрених ділянках під пшеницею озимою (-10 т/га) і ячменем ярим (-0,25 т/га). Система удобрення N₉₀P₉₀K₉₀ під ячменем ярим не забезпечила зрівноваженого балансу вуглецю в ґрунті (-0,07т/га), тоді як на фоні удобрення N₁₂₀P₆₀K₉₀ під пшеницею озимою отримано позитивний його рівень (0,12 т/га) (табл. 3, 4).

При проведенні хімічної меліорації ґрунту у варіантах із доломітовим і вапняковим борошном на фоні рекомендованої дози удобрення спостерігався додатний баланс органічного вуглецю у сівозміні під посівами

пшениці озимої і ячменю ярого, який коливався в межах 0,20–0,35 т/га і 0,05–0,16 т/га відповідно.

Це пояснюється тим, що при вапнуванні ґрунту на фоні рекомендованої дози удоб-

рення зростає надходження кількості органічних речовин за рахунок збільшення урожайності культур, а відповідно і маси побічної продукції.

Одним із невід’ємних складових земле-

Таблиця 3. Баланс органічного вуглецю при вирощуванні пшениці озимої залежно від удобрення і хімічної меліорації (середнє за 2018–2020 рр.), т/га

Варіант	Надходження				Втрати від мінералізації	Баланс
	всього	у т. ч. за рахунок:				
		кореневих решток	поверхневих решток	побічної продукції		
Без добрив – контроль	0,62	0,24	0,21	0,17	0,72	-0,10
НПК – фон	0,84	0,32	0,25	0,27	0,72	0,12
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (0,5 Нг)	0,92	0,37	0,27	0,28	0,72	0,20
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	1,00	0,40	0,28	0,32	0,72	0,28
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг)	1,07	0,43	0,30	0,34	0,72	0,35
Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	0,96	0,38	0,28	0,30	0,72	0,24

Таблиця 4. Баланс органічного вуглецю за вирощування ячменю ярого залежно від удобрення і хімічної меліорації, т/га (середнє за 2018–2020 рр.)

Варіант	надходження				Втрати від мінералізації	Баланс
	всього	в т. ч. за рахунок:				
		кореневих решток	поверхневих решток	побічної продукції		
Без добрив – контроль	0,45	0,20	0,13	0,12	0,70	-0,25
НПК – фон	0,63	0,27	0,17	0,19	0,70	-0,07
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (0,5 Нг)	0,75	0,32	0,20	0,23	0,70	0,05
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	0,80	0,35	0,21	0,24	0,70	0,10
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг)	0,86	0,38	0,22	0,26	0,70	0,16
Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	0,77	0,34	0,20	0,23	0,70	0,07

робства є оптимізація вмісту та балансу органічної речовини у ґрунті, що може бути досягнуто за рахунок зниження емісійних потоків оксиду вуглецю. Вчені вважають, що в результаті депотування CO₂ у ґрунті його кількість в атмосфері може бути зменшена до 30 % [4]. Оптимізація балансу органічного вуглецю на дерново-підзолистому ґрунті є наслідком взаємодії багатьох чинників; достатнього рівня удобрення, хімічної меліорації, науково-обґрунтованої сівозміни, спроможної забезпечити достатню кількість органічної речовини за рахунок побічної продукції, поверхневих і корневих решток, які будуть використані як відновлювальне джерело для відтворення ґрунтової родючості.

У короткоротаційній сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті під пшеницею озимою і ячменем ярим найістотніший вплив на формування додатного балансу органічного вуглецю в ґрунті на рівні 0,35 т/га і

0,16 т/га мало застосування 1,5 дози (Нг) доломітового борошна сумісно з удобренням культур у відповідних дозах мінеральних добрив.

Висновки. У результаті проведених досліджень обґрунтовано параметри динаміки емісії CO₂ та балансу органічного вуглецю залежно від удобрення і вапнування на дерново-підзолистому ґрунті

1. Встановлено, що емісія діоксиду карбону та її динаміка залежать від удобрення та хімічних меліорантів протягом вегетаційного періоду у посівах ячменю ярого на фоні N₉₀P₉₀K₉₀ і при 1,5 дозі (Нг) доломітового борошна з удобренням ці показники зросли до 89,8–68,3–63,5 мг CO₂ /кг ґрунту і 98,2–65,9–72,2 мг CO₂/кг ґрунту. Найнижчою інтенсивність емісії CO₂ відмічено за внесення 0,5 і 1,0 дози (Нг) доломітового борошна, яка склала 74,1–57,0–63,4 мг і 83,1–59,8–63,6 мг CO₂/ кг ґрунту.

2. У полі пшениці озимої емісія діокси-ду карбону була найвищою при 1,5 дозі (Нг) на фоні N₁₂₀P₆₀K₉₀ і становила 77,7 мг CO₂/кг ґрунту у фазі виходу в трубку при температура повітря 13,2 °С, з підвищенням температури повітря до 22,0 °С у фазі колосіння цей показник зріс у 1,2 раза, тоді як у фазі повної

стиглості при температурі повітря 20,4 °С знизився в 1,3 раза.

3. У короткоротаційній сівозміні під пшеницею озимою і ячменем ярим спостерігався додатний баланс органічного вуглецю 0,35 т/га і 0,16 т/га при застосуванні сумісно з удобренням доломітового борошна у 1,5 (Нг) дози.

Використана література

1. Ларионова А. А., Курганова И. Н., Лопес де Гереню В. О. Эмиссия диоксида углерода из агро-серых почв при изменении климата. *Почвоведение*. 2010. № 2. С. 186–195.
2. Польовий А. М. Ґрунтознавство. Одеса, 2013. 668 с.
3. Мірошниченко М. М. Динаміка емісії CO₂ за різних способів обробітку ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2011. № 74. С. 1–5.
4. Schlesinger W. H., Andrews J. A. Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*. 2000. Vol. 48. P. 7–20. <https://doi.org/10.1023/A:1006247623877>
5. Демиденко О. В. Управління обігом вуглецю в агроценозах під впливом низьковуглецевих агротехнологій. *Вісн. аграр. науки*. 2014. № 11. С. 46–52.
6. Lal R., Mohtar R.H., Assi A.T., Ray R., Baybil H., Lahn M. Soil as a Basic Nexus Tool: Soils at the Center of the Food-Energy-Water Nexus. *Curr Sustainable Renewable Energy*. 2017. Rep 4. P. 117–129. <https://doi.org/10.1007/s40518-017-0082-4>.
7. Трофименко П. І., Трофименко Н. В. Інтенсивність емісії CO₂ з ґрунтів Полісся під час вегетації культур та домінантність зумовлюючих її чинників. *Меліорація водне господарство*. 2018. № 1 (107). С. 47–54.
8. 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. 2018. Publisher: Academic Press. Edition 1st. Chapter 4. P. 87–124. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811687-6.00004-3>.
9. 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. <https://doi.org/10.31073/acss90-02>.
10. Сябрук О. Сезонна динаміка продукування CO₂ та обсяги втрат вуглецю ґрунту за різних способів обробітку, систем землеробства та удобрення. *Вісн. Львівського нац. аграр. ун-ту: агрономія*. 2013. № 17 (1). С. 130–137. <http://visnuk.kl.com.ua/joom/arkhiv-nomeriv/ahronomiia.html>
11. Ткачук В. П., Трофименко П. І. Вміст гумусу за різного використання дерново-підзолистого супіщаного ґрунту та обсяги емісійних втрат CO₂. *Наук. доповіді НУБіП України*. 2020. № 2 (84). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.02>.
12. Ревтьє-Уварова А. В., Ніконенко В. М., Карацоба О. В., Сліденко О. І. Параметризація змін умісту органічного вуглецю залежно від системи удобрення. *Вісн. аграр. науки*. 2020. № 11. С. 16–23. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-02>.
13. Randerson J. T., Chapin F. S. [et. al.]. Net ecosystem production: A comprehensive measure of net carbon accumulation by ecosystems. *Ecological Applications*. 2002. № 12 (4). P. 937–947. <https://andrewsforest.oregon-state.edu/sites/default/files/lter/pubs/pdf/pub3124.pdf>.
14. Трофименко П. І., Трофименко Н. В., Зубова О. В., Карась І. Ф. Запаси органічного вуглецю у дерново-підзолистих орних ґрунтах Полісся України. *Вісн. ЖНАЕУ*. 2016. № 1. Т. 1. С. 46–52. <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/5702>
15. Subke J.-A., Bahn M. On the temperature sensitivity of soil respiration: can we use the immeasurable to predict the unknown? *Soil Biology and Biochemistry*. 2010. Vol. 42. P. 1653–1656. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.05.026>
16. Снітинський В. В., Габриєль А. Й., Оліфір Ю. М., Германович О. М. Гумусний стан та емісія діокси-ду вуглецю в агроєкосистемах. *Агроєкологічний журн.* 2015. № 1. С. 53–58.
17. Трофименко П. І. Газовий склад надґрунтового шару повітря атмосфери та його роль у формуванні обсягів емісії газів із ґрунту. *Таврійський наук. вісн.*, 2018. № 103. С. 227–235. http://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103_2018.pdf.
18. Мельничук А. О., Тараріко М. Ю. Цикл вуглецю та азоту за різних систем удобрення в сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті в Поліссі. *Збалансоване природокористування*. 2015. № 1. С. 53–56. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_201.

References

1. Larionova, A. A., Kurganova, I. N., Lopes de Gerenyu, V. O. (2010) Emission of carbon dioxide from agro-gray soils under climate change. *Pochvovedenie [Soil Science]*, 2. 186–195. [in Russian]
2. Poloviyi, A. M. (2013) *Hruntoznavstvo* [Soil science], Odesa: N. p. 668 p. [in Ukrainian]
3. Miroshnychenko, M. M. (2011) Dynamics of CO₂ emissions from different methods of tillage. *Ahrohi-miia i hruntoznavstvo* [Agrochemistry and Soil Science], 74. 1–5. [in Ukrainian]

4. Schlesinger, W. H., Andrews, J. A. (2000) Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*, 48. 7–20. <https://doi.org/10.1023/A:1006247623877>
5. Demydenko, O. V. (2014). Management of carbon turnover in agrocenoses under the influence of low-carbon agrotechnologies. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of agricultural science], 11. 46–52. [in Ukrainian]
6. Lal, R., Mohtar, R. H., Assi, A. T., Ray, R., Baybil, H., Lahn, M. (2017) Soil as a Basic Nexus Tool: Soils at the Center of the Food-Energy-Water Nexus. *Curr Sustainable Renewable Energy*. 4. 117–129. <https://doi.org/10.1007/s40518-017-0082-4>
7. Trofimenko, P. I., Trofimenko, N. V. (2018) The intensity of CO₂ emissions from the soils of Polissya during the growing season and the dominance of its determinants. *Melioratsia vodne hospodarstvo* [Land reclamation water management], 1 (107). 47–54. [in Ukrainian]
8. Piccolo, A., Spaccini, R., Drosos, M., Vinci, G., Cozzolino, V. (2018) The Molecular Composition of Humus Carbon: Recalcitrance and Reactivity in Soils. *The Future of Soil Carbon, Its Conservation and Formation*. Academic Press, 4. 87–124. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811687-6.00004-3>
9. Popirny, M., Siabruk, O., Akimova, R., Shevchenko, M. (2020). The newest integrative methods of research of soil organic carbon stabilization at different tillage. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo* [Agrochemistry and Soil Science]. 90. 13–28. <https://doi.org/10.31073/acss90-02> [in Ukrainian]
10. Siabruk, O. (2013). Seasonal dynamics of CO₂ production and volumes of soil carbon losses under different tillage methods, farming and fertilizer systems. *Visnyk Lvivskoho NAU: ahronomiia* [Journal of Lviv NAU: agronomy], 17 (1). 130–137. <http://visnyk.kl.com.ua/joom/arkhiv-nomeriv/ahronomiia.html> [in Ukrainian]
11. Tkachuk, V. P., Trofymenko, P. I. (2020). Humus content with different use of sod-podzolic sandy soil and volumes of CO₂ emissions. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy* [Scientific reports of NULES of Ukraine], 2 (84). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.02> [in Ukrainian]
12. Revtie-Uvarova, A. V., Nikonenko, V. M., Karatsiuba, O. V., Slidenko, O. I. (2020) Parameterization of changes in organic carbon content depending on the fertilizer system. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 11. 16–23. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-02> [in Ukrainian]
13. Randerson, J. T., Chapin, F. S. [et. al.] (2002). Net ecosystem production: A comprehensive measure of net carbon accumulation by ecosystems. *Ecological Applications*, 12 (4). 937–947 <https://andrewsforest.oregonstate.edu/sites/default/files/iter/pubs/pdf/pub3124.pdf>
14. Trofymenko, P. I., Trofymenko N. V., Zubova, O. V., Karas, I. F. (2016) Reserves of organic carbon in sod-podzolic arable soils of Polissya of Ukraine. *Visnyk ZhNAEU* [Herald of ZhNAEU], 1 (53). 46–52. <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/5702> [in Ukrainian]
15. Subke, J. A., Bahn, M. (2010). On the temperature sensitivity of soil respiration: can we use the immeasurable to predict the unknown? *Soil Biology and Biochemistry*, 42. 1653–1656. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.05.026> [in English]
16. Snitynskyi, V. V., Habryiel, A. I., Olifir, Yu. M., Hermanovych, O. M. (2015) Humus state and carbon dioxide emissions in agroecosystems. *Ahroekologichnyi zhurnal* [Agroecological journal], 1. 53–58. [in Ukrainian]
17. Trofymenko, P. I. (2018) Gas composition of the above-ground layer of atmospheric air and its role in the formation of gas emissions from the soil. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Taurida Scientific Herald], 103. 227–235. http://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103_2018.pdf [in Ukrainian]
18. Melnychuk, A. O., Tarariko, M. Iu. (2015) The cycle of carbon and nitrogen under different fertilizer systems in crop rotation on sod-podzolic soil in Polissia. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia* [Balanced Nature Using]. 1. 53–56. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2015_1_14 [in Ukrainian]

UDC 631.95:631.8/821.1:633.11/633.16 (447.81)

V. M. Polovyi, G. F. Rovna, L. A. Yashchenko, B. V. Huk *Intensity of CO₂ emissions of sod-podzolic soil depending on fertilization and lime application.*

Grain Crops. 2022. 6 (1). 160–168.

Institute of Agriculture of Western Polissya of NAAS, 5, Rivnenskast, Shubkiv, Rivne district, Rivne region, 35325, Ukraine

Topicality. With climate change, agricultural production accounts for about 15 % of greenhouse gas emissions. Disbalance of organic carbon decreases the environmental sustainability and productivity of agroecosystems and soil fertility. With soil management, the intensity of carbon monoxide emission from the soil can reduce to optimize its organic matter. **Issues.** There is a crucial need to study and analyze comprehensively the effects of different rates of chemical meliorants and mineral fertilizers for crops in the Western Polissia crop rotation on the volume of CO₂ emissions from sod-podzolic soil. **Aim.** To study the characteristic features of carbon dioxide emissions from sod-podzolic soil during winter wheat and spring barley cultivation with different rates of meliorants and fertilizers. **Materials and Methods.** Field experiment, agrochemical and statistical methods. **Results.** On the background of

mineral fertilization, land reclamation with limestone materials at 0.5 and 1.0 rates determined by the hydrolytic acidity of the soil generally decreases CO₂ emissions into the air. During the growing season, depending on the development stage of spring barley, the level of carbon dioxide emission in the variant with N₉₀P₉₀K₉₀ was 89.8–68.3–63.5 mg CO₂/kg soil, and in combination with 1.0 rate of dolomite powder – 83.1–59.8–63.6 mg CO₂/kg soil. It is noted that the intensity of CO₂ accumulation in the surface layer depended on rates of ameliorant, soil moisture and temperature. Thus, the carbon dioxide emission in a winter wheat field was the highest when 1.5 rates of dolomite powder were applied on the background of N₁₂₀P₆₀K₉₀, and in the stem elongation stage at air temperature 13.2 °C was 77.7 mg CO₂/kg of soil. When air temperature increased to 22.0 °C in the heading stage, this indicator increased by 1.2 times and at air temperature of 20.4 °C in the full maturity stage, it decreased by 1.3 times. When 1.0 rate of dolomite powder was applied, CO₂ emission decreased to 18.2 mg CO₂/kg of soil compared with 1.5 rates in the full maturity stage of wheat due to the intensity of redox processes in the soil when different rates of limestone materials was applied.

Conclusions. In the short-term crop rotation, lime application had a positive effect on the formation of deficit-free balance of organic carbon in sod-podzolic soil with intensive application of mineral fertilizers for crops. When we applied 1.0 and 1.5 rates of dolomite powder on the background of N₁₂₀P₆₀K₉₀ in winter wheat crops, the organic carbon balance was 0.35–0.28 t/ha, in spring barley crops on the background of N₉₀P₉₀K₉₀ – 0.10–0.16 t/ha.

Key words: *winter wheat, spring barley, land reclamation, fertilizers, carbon dioxide, balance.*