

The impact of liming on the CO₂ emission from sod-podzolic soil in a fertilized agroecosystem of the Western Polissia

V. Polioviy | L. Yashchenko✉ | O. Kurach | H. Rovna | B. Huk

Article info

Correspondence Author
L. Yashchenko
E-mail:
rivne_apv@ukr.netInstitute of Agriculture of
Western Polissia of NAAS,
5, Rivnenska Str., Shubkiv,
Rivne region, 35325,
Ukraine

Citation: Polioviy, V., Yashchenko, L., Kurach, O., Rovna, H., & Huk, B. (2024). The impact of liming on the CO₂ emission from sod-podzolic soil in a fertilized agroecosystem of the Western Polissia. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 58–63. doi: 10.31210/spi2024.27.01.10

The aim of the research was identification the specificity of carbon dioxide emission from sod-podzolic soil impacted by the application of chemical amelioration and crop fertilization in crop rotation. It was established that the total amount of CO₂ emitted from the soil at different doses of liming and fertilization exceeded the control by 1.2–2.0 times on average over the years 2012–2019. The primary source of CO₂ emissions was the mineralization of plant residues and humus. With an increase in the dose of CaMg(CO₃)₂ from 0.5 to 1.5 Hh (hydrolytic acidity), along with the use of mineral fertilizers in the treatments, the calculated total amount of CO₂ emissions increased by an average of 8.7–19.6%. Considering the average daily CO₂ emissions determined under crops, a significant decrease (at $p \leq 0.05$) in CO₂ emissions, on average for the crop rotation, was observed with the 1.0 Hh dose of CaMg(CO₃)₂ compared to the 1.5 Hh dose in the presence of the N₁₁₂P₈₂K₁₀₅ mineral fertilizers background. However, reducing the dose to 0.5 Hh of CaMg(CO₃)₂ and using 1.0 Hh of CaCO₃ did not result in a statistically significant effect on CO₂ emissions compared to the 1.0 Hh dose of CaMg(CO₃)₂. It should be noted that a portion of the emitted carbon dioxide is absorbed by plants during photosynthesis, which contributes to crop productivity. In the treatment with the 1.5 dose of CaMg(CO₃)₂ on the background of N₁₁₂P₈₂K₁₀₅, a significant increase in yield was observed at $p \leq 0.05$, with a ratio of CO₂ emissions to crop productivity of 3.01 : 1. Based on the indicators of average daily emissions and considering the length of the growing season and the productivity of crop rotation, the highest intensity of CO₂ emission flows during the growing season was observed in both the control and the N₁₁₂P₈₂K₁₀₅ treatment, at 10.7 and 12.0 t/ha, respectively. With different doses and types of chemical ameliorants, there was a decrease in the flow of carbon dioxide from the soil by 17.4–23.3% and a reduction in non-productive losses of CO₂ to 3.2–3.4 kg/ha/hour, which is associated with higher photosynthetic activity of crops. Thus, to maintain ecological stability and high crop productivity in crop rotation on sod-podzolic soil in the conditions of the Western Polissia, the application of 1.0 and 1.5 doses Hh of CaMg(CO₃)₂, along with saturating the crop rotation with mineral fertilizers at the N₁₁₂P₈₂K₁₀₅ dose, is an effective measure to reduce unproductive CO₂ emission flows.

Keywords: ground dolomitic lime, calcium lime, fertilizers, CO₂ emission, plant mass.

Вплив вапнування на обсяги емісійних потоків CO₂ із дерново-підзолистого ґрунту в удобрюваному агроценозі Західного Полісся

В. М. Польовий | Л. А. Яценко | О. В. Курач | Г. Ф. Ровна | Б. В. Гук

Інститут сільського
господарства Західного
Полісся НААН,
с. Шубків, Україна

Застосування хімічної меліорації та удобрення культур у сівозміні зумовлюють специфіку інтенсивності емісійних потоків діоксиду карбону з дерново-підзолистого ґрунту, виявлення яких було метою цих досліджень. Встановлено, що загальна кількість емітованого CO₂ із ґрунту при різних дозах вапнування і удобрення в середньому за 2012–2019 рр. перевищувала контроль у 1,2–2,0 рази. Основним джерело емісії CO₂ слугувала мінералізація рослинних решток і гумусу. Зі збільшенням дози CaMg(CO₃)₂ від 0,5 до 1,5 Нг при сумісному застосуванні мінеральних добрив розрахована загальна кількість викидів CO₂ у середньому збільшилася на 8,7–19,6 %. Зважаючи на середньодобові викиди CO₂, визначені під культурами, їх істотно зниження (при $p \leq 0,05$) у середньому по сівозміні відзначено за 1,0 дози Нг CaMg(CO₃)₂ порівняно з 1,5 дозою Нг і з фоно мінерального удобрення N₁₁₂P₈₂K₁₀₅. Зменшення дози до 0,5 дози Нг CaMg(CO₃)₂ та застосування 1,0 дози Нг CaCO₃ не мало статистично значущого впливу на обсяги викидів CO₂ порівняно з 1,0 дозою Нг CaMg(CO₃)₂. Слід брати до уваги, що частина емітованого діоксиду карбону поглинається рослинами у ході фотосинтезу, що забезпечує формування продуктивності культур. У варіанті 1,5 дози Нг CaMg(CO₃)₂ на фоні N₁₁₂P₈₂K₁₀₅ відзначено істотний приріст урожаю при $p \leq 0,05$ при відношенні емісії CO₂ до продуктивності культур як 3,01 : 1. Виходячи з показників середньодобових викидів та враховуючи тривалість вегетаційного періоду і продуктивність культур сівозміні, найвища інтенсивність емісійних потоків CO₂ за вегетаційний період була отримана у контролі і у варіанті N₁₁₂P₈₂K₁₀₅ 10,7 і 12,0 т/га відповідно. При різних дозах і видах хімічних меліорантів спостерігалось зниження потоку діоксиду карбону з ґрунту на 17,4–23,3 % та непродуктивних втрат CO₂ до 3,2–3,4 кг/га/год, що пов'язано з вищою фотосинтетичною активністю культур. Отже, для збереження екологічної стабільності і високої продуктивності культур у сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся застосування 1,0 і 1,5 дози Нг CaMg(CO₃)₂ за насиченості сівозміні мінеральним добривами N₁₁₂P₈₂K₁₀₅ є ефективним заходом зниження непродуктивних емісійних потоків CO₂ в атмосферу, закріплення і збільшення органічного вуглецю у ґрунті.

Ключові слова: доломітове і вапнякове борошно, добрива, емісія CO₂, рослинна маса.

Бібліографічний опис для цитування: Польовий В. М., Яценко Л. А., Курач О. В., Ровна Г. Ф., Гук Б. В. Вплив вапнування на обсяги емісійних потоків CO₂ із дерново-підзолистого ґрунту в удобрюваному агроценозі Західного Полісся. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (1). С. 58–63.

Вступ

Дерново-підзолисті ґрунти займають значні площі в зоні Полісся і, незважаючи на низький вміст органічного вуглецю та низьку властивість до секвестрації органічної речовини, відіграють важливу роль у кругообігу цього елемента [1, 2].

Пошук способів підвищення родючості таких ґрунтів є важливим науково-практичним завданням, від розв'язання якого залежить ефективність ведення аграрного виробництва. Для подолання деградації ґрунтів і пом'якшення наслідків кліматичних змін управління процесами кругообігу та секвестрації вуглецю у ґрунті є основним завданням. Під впливом інтенсифікації технологій та інших антропогенних чинників ґрунти втрачають лабільну органічну речовину, відбувається їх виснаження та зростають викиди CO₂ в атмосферу [3, 4].

Важливим резервом стабілізації гумусного стану ґрунтів є запровадження екологічно безпечних сівозмін, надходження органічних речовин за рахунок побічної продукції та вапнування кислих ґрунтів [5, 6].

За умови великих об'ємів біомаси надземної частини і коріння достатній вологості і аерації ґрунту складаються оптимальні умови для утримання вуглецю у ґрунті. Ґрунти, багаті на органічну речовину, виділяють CO₂ до 5 кг/га/год, піщаний неудобрений до 2 кг/га/год, суглинок – 4 кг/га/год [7, 8].

Зростання інтенсивності виділення CO₂ за високої кислотності ґрунтового розчину свідчать про активний перебіг процесів мінералізації органічної речовини. На таких ґрунтах відбувається переважне нагромадження фульвокислот, що здатні до швидкої мінералізації та вимивання в умовах промивного водного режиму [9, 10].

Одним із дієвих заходів зниження емісії CO₂ та підвищення родючості малопродуктивних кислих ґрунтів є вапнування. Вапнякові матеріали завдяки збагаченню ґрунтових колоїдів кальцієм і магнієм знижують шкідливу концентрацію іонів водню, алюмінію, заліза і доступність та надходження до рослинного організму важких металів. Тому розробка прийомів вапнування та диференційованої системи оптимізації доз вапна є головним завданням для забезпечення екологічної стабільності довкілля [11, 12, 13].

Перебіг процесу дисипації CO₂ до атмосфери залежить від цілої низки чинників: біологічних особливостей культур, надземної та кореневої маси, а також параметрів температури та вологості ґрунту [14]. Щорічно рослини асимілюють близько 1000 млрд т CO₂. Нагромадження акумульованого CO₂ рослинами перебуває у прямій залежності від продуктивності культур [15].

Тому актуальність досліджень пов'язана з необхідністю пошуку шляхів стратегічного управління ґрунтовим органічним вуглецем на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся, оскільки його нагромадження забезпечить зростання запасів гумусу для збереження родючості ґрунту і одержання високої продуктивності культур.

Мета дослідження

Мета досліджень – виявити особливості емісії діоксиду карбону з дерново-підзолистого ґрунту за умови вирощування сільськогосподарських культур у сівозміні при різних дозах і видах хімічних меліорантів та удобрення.

Матеріали і методи

Стаціонарний дослід закладений на дерново-підзолистому ґрунті, чергування культур – пшениця озима, кукурудза на зерно, ячмінь ярий, ріпак озимий. Посівна площа ділянки 99 м², облікова – 50 м², повторність дослід триразова. Розміщення варіантів послідовне. Схема дослід: 1. Без добрив – контроль; 2. NPK – фон; 3. Фон + CaMg(CO₃)₂ (0,5 Нг); 4. Фон + CaMg(CO₃)₂ (1,0 Нг); 5. Фон + CaMg(CO₃)₂ (1,5 Нг); 6. Фон + CaCO₃ (1,0 Нг). Мінеральні добрива у формі аміачної селітри, амофосу, калію хлористого вносили згідно зі схемою дослід у дозах, кг/га д. р.: під пшеницю озиму – N₁₂₀P₆₀K₉₀, кукурудзу на зерно – N₁₂₀P₉₀K₁₂₀, ячмінь ярий – N₉₀P₉₀K₉₀, ріпак озимий – N₁₂₀P₉₀K₁₂₀. За ротацію сівозміни насиченість мінеральними добривами становила N₁₁₂P₈₂K₁₀₅ у перерахунку на одиницю площі. Хімічні меліоранти – доломітове CaMg(CO₃)₂ та вапнякове CaCO₃ борошно – вносили перед закладанням дослід у дозі (D), визначеній за показником гідролітичної кислотності (Нг = 2,80–2,90 ммоль/100 г ґрунту) за формулою:

$$D = 1,5 \times \text{Нг}.$$

Обсяги середньодобового викидання CO₂ ґрунтом проводили за польовим методом абсорбції, відомим як «метод Штатнова» у модифікації Б. Н. Макарова. Зразки ґрунту відбирали відповідно до методики (ДСТУ 4287:2004).

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) із використанням *F*-критерію для визначення значущості відмінностей при $p \leq 0,05$.

Результати та їх обговорення

Результати досліджень показали, що обсяг емітованого CO₂ із ґрунту та його кількість для фотосинтетичного зв'язування залежали від мінералізації рослинної маси та органічної речовини ґрунту. За допомогою розрахункового методу встановлено, що більше CO₂ акумулювала надземна маса рослин у варіантах сумісного застосування хімічних меліорантів і мінеральних добрив: найбільше кукурудзою 26,9–42,1 т/га, друге місце посідає пшениця озима 9,9–14,32 т/га, потім ріпак озимий 10,15–12,99 т/га і ячмінь ярий 7,95–11,86 т/га (рис. 1).

У середньому за дві ротації сівозміни цей показник коливався в межах 13,73–20,32 т/га і був найвищим у разі внесення 1,5 дози Нг CaMg(CO₃)₂ на фоні насичення N₁₁₂P₈₂K₁₀₅, тоді як на контролі без добрив 8,94 т/га.

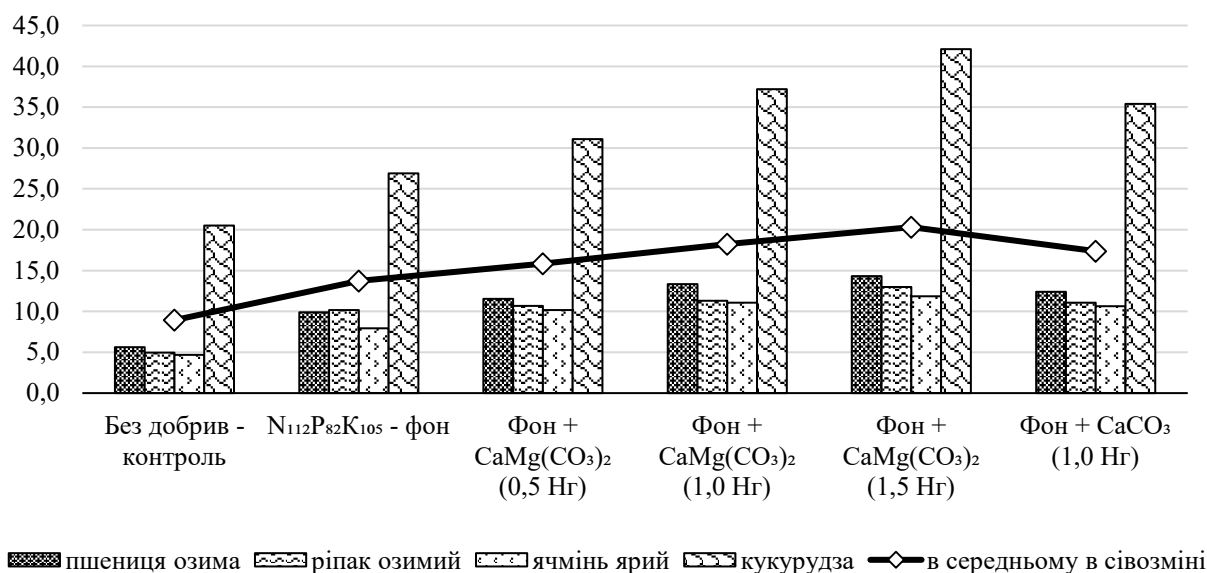


Рис. 1. Акумуляція CO₂ біомасою культур залежно від хімічної меліорації та удобрення, у середньому за 2012–2019 рр.

Збільшення поглинання діоксиду карбону є суттєвим фактором підвищення продуктивності агроценозів. Основним джерелом його є ґрунт та рослинні рештки. Трофименко П.І. та ін. [16] зазначають, що на рослини припадає найбільша частка асимільованого CO₂, який у складі надземної маси рослин після мінералізації нагромаджується у ґрунті у формах, які унеможливають його емісію у вигляді CO₂, тобто проходить секвестрація.

Близько 10 % CO₂ від потреби рослини фіксують із атмосфери. Зважаючи на це, у досліджуваному агроценозі за умови вапнування і удобрення на дерново-підзолистому ґрунті рослини у середньому засвоюють із атмосфери 0,89–2,03 т/га діоксиду карбону.

Потоки CO₂ із ґрунту в атмосферу залежать насамперед від процесів, які відбуваються у ґрунті під впливом різних антропогенних чинників. Мінералізація решток, зароблених у ґрунт, є потужним джерелом поповнення рослинного організму діоксидом карбону для потреб проходження фізіологічних процесів [13]. За допомогою розрахункового методу визначено, що за внесення різних доз хімічних меліорантів на фоні N₁₁₂P₈₂K₁₀₅ емісія CO₂ від мінералізації рослинних решток із ґрунту була в 1,3–1,8 разів вищою від контролю, що є фактором реалізації потенційної продуктивності культур в агроценозі за досліджуваних чинників (рис. 2).

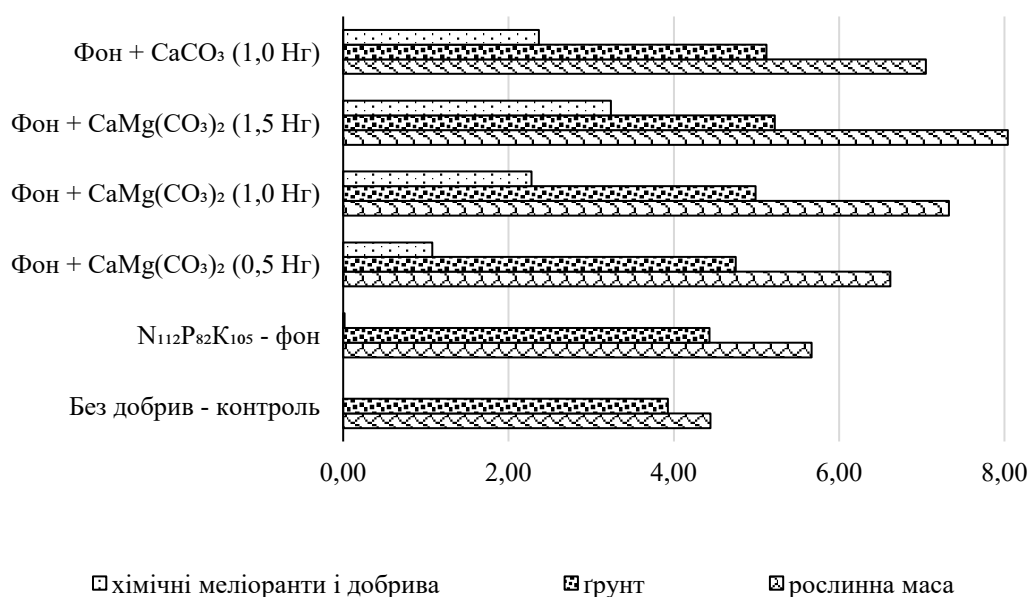


Рис. 2. Величина емісії CO₂ із різних джерел на дерново-підзолистому ґрунті залежно від хімічної меліорації та удобрення, т/га, у середньому за 2012–2019 рр.

У варіантах без добрив і меліорації на кислому ґрунті без покращення поживного режиму утворення CO₂ із меншої кількості надземної маси культур сівозміни проходило повільно, у результаті чого емісія CO₂ від мінералізації цієї маси була найменшою 4,44 т/га. Визначено, що частка емісійних потоків CO₂ від мінералізації рослинної маси склала 48,5–56,0 % від загального витоку CO₂ із різних джерел.

В агроценозі короткоротаційної сівозміни у варіантах із 0,5–1,5 дозами Нг СаMg(CO₃)₂ на фоні N₁₁₂P₈₂K₁₀₅ кількість CO₂ утвореного за умови мінералізації гумусу, в середньому становила 4,43–5,22 т/га, тоді як у контролі з низьким вмістом органічної речовини і кислою реакцією ґрунтового розчину – 3,93 т/га. Вищий вміст гумусу у варіанті застосування підвищеної дози доломітового борошна спричинив збільшення емісійних потоків CO₂ від його мінералізації на 32,8% до контролю та на 17,8 % до фону.

Традиційно вапнякові матеріали, оскільки містять карбонати, є джерелом діоксиду карбону і впливають

на його цикл у ґрунті. Доведено, що на кислих ґрунтах меліоранти є чистим джерелом діоксиду карбону, тоді як карбонатні ґрунти з високою кислотністю поглинають CO₂. [17]. Розрахунок викидів діоксиду карбону від хімічної меліорації проведено зважаючи на види, дози меліорантів та коефіцієнти перерахунку 0,48 для доломітового борошна та 0,44 для вапнякового борошна [18]. Внесення 1,5 дози СаMg(CO₃)₂ на фоні N₁₁₂P₈₂K₁₀₅ забезпечило зростання емісії CO₂ до 3,24 т/га, тоді як у разі внесення 1,0 і 0,5 дози Нг показник був нижчим у 1,4 і 3,0 рази відповідно.

Зважаючи на вищезазначені джерела надходження діоксиду вуглецю загальна кількість його емісійних потоків за різних доз вапнування і удобрення у середньому за 2012–2019 рр. становили 10,12–16,50 т/га і перевищувало в 1,2–2,0 рази контроль. (табл. 1). Проте відношення загальної емісії CO₂ до виходу зернових одиниць у сівозміні (пшениця озима, ріпак озимий, ячмінь ярий, кукурудза) показує ефективну участь діоксиду карбону у формуванні продуктивності культури.

Таблиця 1

Вплив хімічної меліорації і удобрення на продуктивність культур та викиди CO₂ на дерново-підзолистому ґрунті, у середньому за 2012–2019 рр.

Варіант	Продуктивність, з. од., т/га	Надходження CO ₂ з різних джерел, т/га	Відношення емісії CO ₂ до продуктивності культур
Без добрив – контроль	2,13	8,37	3,93 : 1
N ₁₁₂ P ₈₂ K ₁₀₅ – фон	3,33	10,12	3,04 : 1
Фон + СаMg(CO ₃) ₂ (0,5 Нг)	4,19	12,45	2,97 : 1
Фон + СаMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	4,81	14,60	3,03 : 1
Фон + СаMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг)	5,49	16,50	3,01 : 1
Фон + СаСО ₃ (1,0 Нг)	4,57	14,54	3,18 : 1
НР ₀₅	0,46	1,36	

Встановлено, що у варіанті без добрив і хімічної меліорації на 1 т з. од. приходилося 3,93 т емісійних потоків CO₂, тоді як за умови внесення 1,5 дози Нг СаMg(CO₃)₂ на фоні рекомендованої дози мінеральних добрив цей показник знизився до 3,01 т на 1 т з. од. Отже, вища продуктивність культур в останньому варіанті зменшує надходження CO₂ як парникового газу в атмосферу.

Кругообіг вуглецю відзначається ідеально циклічними переміщеннями двоокису вуглецю в атмосфері, ґрунті і живих організмах, який здійснюється всього п'ять років. За умови стабілізації

органогенів у вапняках, вугільних покладах цей процес триватиме довгі строки [19, 20].

Під час досліджень з'ясовано, що серед удобрюваних варіантів під культурами обсяги середньодобового викидання CO₂ були істотно нижчими у варіанті 1,0 дози Нг СаMg(CO₃)₂ порівняно 1,5 дози Нг і без меліорантів при p ≤ 0,05 (табл. 2).

Зменшення дози до 0,5 дози Нг СаMg(CO₃)₂ та застосування 1,0 дози Нг СаСО₃ не спричинило статистично значимого зменшення обсягів викидів CO₂ порівняно з 1,0 дози Нг СаMg(CO₃)₂ під культурами сівозміни.

Таблиця 2

Обсяги середньодобового викидання CO₂ культур на дерново-підзолистому ґрунті, кг/га/добу, у середньому за 2012–2019 рр.

Варіант	Пшениця озима	Ріпак озимий	Ячмінь ярий	Кукурудза	Середнє по сівозміні
Без добрив – контроль	119,0	216,4	137,0	177,5	162,5
N ₁₁₂ P ₈₂ K ₁₀₅ – фон	164,2	240,6	162,7	207,2	193,7
Фон + СаMg(CO ₃) ₂ (0,5 Нг)	148,9	230,6	142,6	186,1	177,1
Фон + СаMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	156,4	230,2	151,4	175,8	178,5
Фон + СаMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг)	175,1	218,5	173,3	173,6	185,1
Фон + СаСО ₃ (1,0 Нг)	160,2	244,3	144,1	184,9	183,4
НР ₀₅	7,6	9,8	10,6	15,4	

На основі обсягів середньодобового викидання CO₂ та тривалості періоду вегетації культур визначено обсяг емітованого діоксиду карбону за вегетаційний

період та його непродуктивні втрати з одиниці площі за одиницю часу (рис. 3).

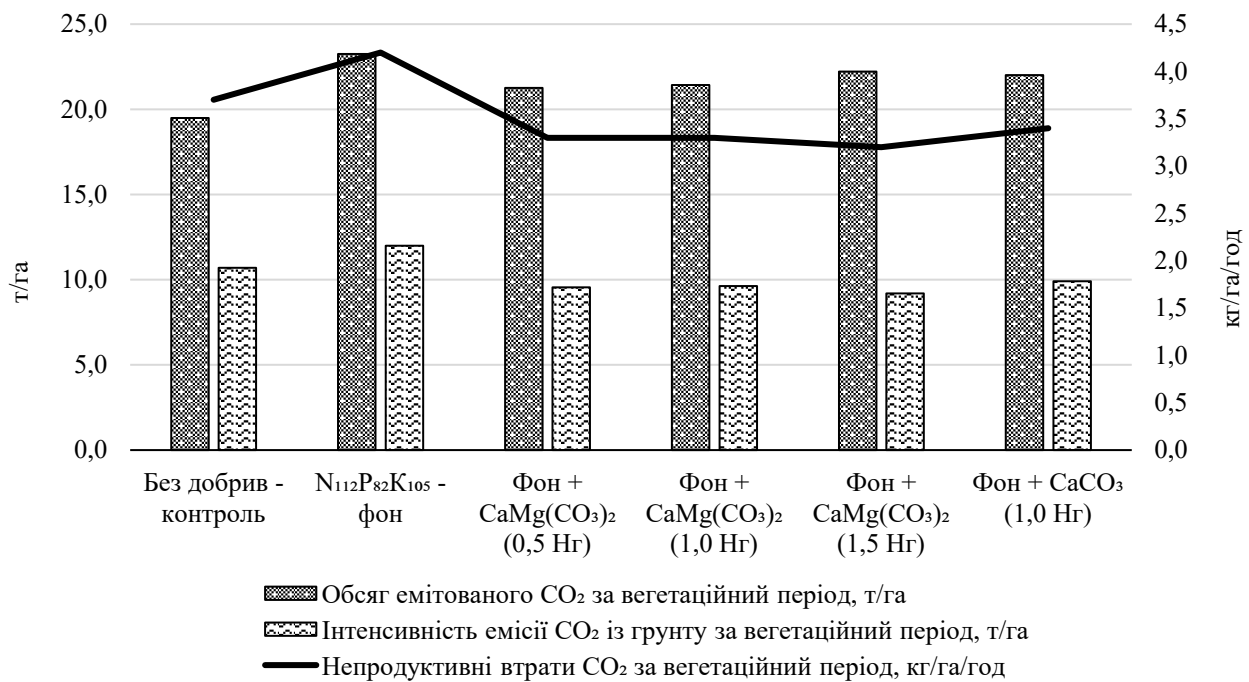


Рис. 3 Обсяги викидів CO₂ за вегетаційний період культур та непродуктивні втрати діоксиду карбону на дерново-підзолистому ґрунті, у середньому за 2012–2019 рр.

Відповідно найнижчі істотні непродуктивні втрати CO₂ за вегетаційний період – 3,2 кг/га/год були за умови внесення 1,5 дози Нг CaMg(CO₃)₂ на фоні удобрення, тоді як за N₁₁₂P₈₂K₁₀₅ були найвищими 4,2 кг/га/год. Проте значущої різниці у обсягах непродуктивних втрат діоксиду карбону за різних доз доломітового борошна не виявлено.

Висновки

Застосування 1,0 і 1,5 дози Нг CaMg(CO₃)₂ за умови внесення рекомендованих доз мінеральних добрив під культури сівозміни з насиченістю N₁₁₂P₈₂K₁₀₅ дасть можливість мінімізувати непродуктивні втрати вуглецю на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся. Основним джерелом вивільнення CO₂ із ґрунту є мінералізація рослинних решток і гумусу. Хімічні меліоранти і мінеральні добрива збільшили викиди CO₂ на 8,7–19,6 % порівняно з контролем. У варіанті з мінеральними добривами по сівозміні середньодобові обсяги викидання CO₂ найвищі – 193,7 кг/га/добу. Підвищення продуктивності культур у середньому по сівозміні до 4,81–5,49 з. од. у варіантах із 1,0 і 1,5 дози Нг CaMg(CO₃)₂ спричинило зниження інтенсивності емісії CO₂ із ґрунту за вегетаційний період на 19,8–23,3 % відносно фону та непродуктивних втрат CO₂ до рівня 3,2–3,3 кг/га/год, що пов'язано з вищою фотосинтетичною активністю культур у цих варіантах.

Перспективи подальшої роботи в цьому напрямі спричинені глобальною зміною клімату і, як наслідок, збільшенням викидів парникових газів в атмосферу та порушенням традиційних сівозмін, що пов'язано із

поширенням у зоні Полісся високоінтенсивних культур, що зумовлює необхідність досліджень видозмінених агроценозів на екологічну ситуацію в регіоні.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Ryzhuk, S., Kochyk, G., Mel'nychuk, A., Kucher, G., & Savchuk, O. (2022). Justification of approaches and strategic directions for sequestration and increase of organic carbon in soils of Polissya zone. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 100 (5), 20–32. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202205-04>
- Food security and climate change: "4 per 1000" initiative new tangible global challenges for the soil (2019). *Conference report. Poitiers, France 18–20 Jun 2019*. Retrieved from: <https://symposium.inra.fr/4p1000>
- Yu, W. J., Li, X. S., Chen, Z. J., & Zhou, J. B. (2018). Effects of nitrogen fertilizer application on carbon dioxide emissions from soils with different inorganic carbon contents. *The Journal of Applied Ecology*, 29 (8), 2493–2500. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201808.009>
- Karaieva, N. V., & Bereznytska, M. V. (2014). Formuvannya stratehichnykh napriamiv perekhodu do nyzkovuhletevoho rozvytku Ukrainy na osnovi ekspertnoi otsinky. *Ekonomichnyy Visnyk Natsional'noho Tekhnichnoho Universytetu Ukrainy «Kyivskiy Politekhnichnyi Instytut»*, 11, 39–46. [in Ukrainian]
- Tkachuk, V., & Trofymenko, P. (2020). Humus content for different use of sod-podzolic sandy soil and the amount of CO₂ emissions lost. *Naukovi Dopovidy Nacional'nogo Universitetu Bioresursiv i Prirodokoristuvannâ Ukraini*, 2(84). <https://doi.org/10.31548/dopovidy2020.02.007>
- Popimny, M. A., Siabruk, O. P., Akimova, R. V., & Shevchenko, M. V. (2020). The newest integrative methods of research of soil organic carbon stabilization at different tillage. *AgroChemistry and Soil Science*, 90, 13–28. <https://doi.org/10.31073/acss90-02>

7. Miroshnychenko, M. M. (2011). Dynamika emisii CO₂ za riznykh sposobiv obrobittu gruntu. *Agrokhimiia i Gruntoznavstvo*, 74, 1–5. [in Ukrainian]
8. Chorni, S. G., & Vydynivska, O. V. (2013). Emisiia oksydu vuhletsiu z chornozemu pivdennoho ta mozhlyvosti yoho sekvestru pry zastosuanni tekhnolohii no-till. *Biologichni Systemy*, 5 (2), 262–267. [in Ukrainian]
9. Gavryliuk, V. A., & Melymuka, R. Y. (2022). Carbon gas emissions and microbiological activity of soils under different agricultural purposes in conditions of Western Polissia. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 47 (1), 42–47. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.6>
10. Snitynskyi, V., Gabriel, A., Olifir, Yu., & Hermanovych, O. (2015). Humus and carbon emissions of dioxins in agroecosystems. *Agroecological Journal*, 1, 53–58. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2015.272157>
11. Mazur, H. (2008). *Vidtvorennia i reguluvannia rodiuchosti lehkykh gruntiv. [Reproduction and regulation of light soils fertility]. Monograph*. Kyiv: Agrarian science. [in Ukrainian]
12. Skrylnyk, Ie., Hetmanenko, V., Kutova, A., & Moskalenko, V. (2021). Potential resources of organic raw materials in Ukraine and the approaches to their management for increasing soil organic carbon stocks. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 110 (2), 45–53. [https://doi.org/10.31521/2313-092x/2021-2\(110\)-6](https://doi.org/10.31521/2313-092x/2021-2(110)-6)
13. Morozova, T. V., & Likho, O. A. (2022). Emisiia CO₂ z gruntiv pid energetychnymy kulturamy. *Visnyk Natsionalnoho Universytetu Vodnoho Hospodarstva ta Pryrodokorystuvannia*, 2 (98), 89–103. <https://doi.org/10.31713/vs220227>
14. Chen, X., Liu, M., Xu, Z., & Wei, H. (2021). Influences of temperature and moisture on abiotic and biotic soil CO₂ emission from a subtropical forest. *Carbon Balance Manage*, 16 (18). <https://doi.org/10.1186/s13021-021-00181-8>
15. Trofymenko, P., Trofymenko, N., Veremeyenko, S., & Borysov, F. (2019). Methodology of determination of intensity of soil burial and emission loss of carbon agro-landscapes of left bank in Polissya the event of a plane vegetation period. *Visnik L'vivs'kogo Nacional'nogo Agrarnogo Universitetu. Agronomiia*, 23, 238–243. <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.238>
16. Trofymenko, P., Trofymenko, N., Zubova, O., & Karas, I. (2016). Organic carbon stocks in the sod-podzolic arable soils of Ukrainian Polesie. *Scientific Horizons*, 1 (53), 46–52.
17. Kunhikrishnan, A., Thangarajan, R., Bolan, N. S., Xu, Y., Mandal, S., Gleeson, D. B., Seshadri, B., Zaman, M., Barton, L., Tang, C., Luo, J., Dalal, R., Ding, W., Kirkham, M. B., & Naidu, R. (2016). Functional relationships of soil acidification, liming, and greenhouse gas Flux. *Advances in Agronomy*, 1–71. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.05.001>
18. *Measuring emissions: A guide for organisations: 2022 detailed guide*. (2022). Wellington: Ministry for the Environment. Retrieved from: <https://environment.govt.nz/publications/measuring-emissions-a-guide-for-organisations-2022-detailed-guide>
19. Bovsunovskiy, A. M., Savchuk, O. I., Nahulevych, L. I., Melnychuk, A. O. (2008). Ratsionalne vykorystannia gruntovoho pokryvu Zhytomyrskoho Polissia na zasadakh adaptivno-landshaftnoho zemlekorystuvannia. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 4, 132–137. [in Ukrainian]
20. Craswell, E. T., & Lefroy, R. D. B. (2001). The role and function of organic matter in tropical soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 61 (1/2), 7–18. <https://doi.org/10.1023/a:1013656024633>

ORCID

- V. Polioviy  <https://orcid.org/0000-0002-3133-9803>
 L. Yashchenko  <https://orcid.org/0000-0003-1407-0133>
 O. Kurach  <https://orcid.org/0000-0002-1343-097X>
 H. Rovna  <https://orcid.org/0000-0002-7599-5650>
 B. Huk  <https://orcid.org/0000-0002-8666-2667>



© 2024 Polioviy V. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.