

УДК 574.4+581.55

DOI: 10.18523/2617-4529.2022.5.39-43

Вишенська І. Г.

## РОЛЬ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ У СЕЗОННИХ ВІДМІННОСТЯХ ЕМІСІЇ CO<sub>2</sub> З ҐРУНТУ ТА ПІДСТИЛКИ ШИРОКОЛИСТЯНИХ ЛІСОВИХ ФІТОЦЕНОЗІВ

У статті наведено результати дослідження інтенсивності емісії вуглекислого газу з лісової підстилки й ґрунту в широколистяному фітоценозі у весняний та осінній періоди року. Встановлено, що інтенсивніша емісія CO<sub>2</sub> відбувається у весняний період у порівнянні з осіннім. Виявлено, що більш високі значення емісії діоксиду вуглецю у весняний період визначались відмінностями температурного режиму та вологості. Кореляційний аналіз впливу кліматичних факторів на інтенсивність емісії вуглекислого газу засвідчив переважну роль температури і менший вплив вологості повітря і ґрунту. Загалом проведене дослідження підтвердило важливість моніторингу показника емісії CO<sub>2</sub> лісової підстилки та ґрунтового дихання як індикаторів стабільності лісових екосистем в умовах зміни клімату.

**Ключові слова:** кліматичні фактори, лісова підстилка, емісія CO<sub>2</sub>, дихання ґрунту, широколистяні лісові фітоценози.

### Вступ

Ліси є природними екосистемами, які поглинають вуглекислий газ з атмосфери та акумулюють значну кількість вуглецю в біомасі, детриті та ґрунті. Саме це визначає важливу роль лісових екосистем у протидії змінам клімату, спричиненим збільшенням викидів парникових газів і, зокрема, діоксиду вуглецю. Водночас самі лісові екосистеми можуть бути джерелом вуглекислого газу. Процеси дихання ґрунту та розкладання рослинних решток постійно поповнюють запаси CO<sub>2</sub> в атмосфері.

Ґрунт активно бере участь у біогеохімічному кругообігу хімічних елементів, він виконує важливу біосферну функцію деструкції органічних речовин. Природні процеси трансформації С відбуваються переважно в ґрунті, де біогеохімічна діяльність і абіотичні фактори, як-от клімат,

регулюють внутрішні цикли й потоки органічних і неорганічних форм цих елементів [2,10,11].

На дихання ґрунту впливають також тип рослинності, господарська діяльність людини та сезонні зміни в природі. Екологічні фактори впливають на ґрунтове дихання через вплив на його фізичний стан і активність ґрунтових мікроорганізмів. Дихання ґрунту протягом року прямо чи опосередковано залежить від температури й вологості. Зміна температури й вологості впливає, з одного боку, на фізичний стан ґрунту (вміст повітря, повітропроникність, швидкість дифузії та ін.), а з іншого – на інтенсивність біологічних процесів, що призводить до зміни інтенсивності дихання ґрунту.

Значну кореляцію між ґрунтовим диханням і температурою спостерігали для багатьох типів ґрунтів [6,7,10]. У більшості лабораторних експериментів вивчали залежність швидкості

розкладання органічних речовин від температури в невеликих за об'ємом ґрунтових пробах, але дослідження проводили і на ґрунтових монолітах [5].

Іншим джерелом емісії діоксиду вуглецю в лісових екосистемах є лісова підстилка. Інтенсивність розкладання органіки підстилки також залежить від температурного фактора. А. М. О'Коннел [8] у лабораторних експериментах показав, що оптимальною для мікробіологічного розкладання підстилки була температура близько 30 °С, а вищі температури призводили до зниження мікробного дихання. В. Тіеррон і Х. Лаудель [11] у своїх експериментах показали нижче значення оптимуму – близько 20 °С.

У дослідженнях І. М. Шпаківської [3] доведено, що у формуванні балансу вуглекислого газу в лісових екосистемах важливу роль також відіграє дихання коренів. Підтверджено, що газообмін коріння визначає продуктивність підземних органів рослин і впливає на сумарну величину емісії CO<sub>2</sub> з поверхні ґрунтів.

Не менш важливим фактором, який впливає на ґрунтове дихання, є вологість. Відгук ґрунтового дихання на зміну температури залежить також і від рівня вологості. Дихання ґрунту пов'язане з температурою, до того ж величина відгуку на її зміни визначається рівнем вологості. За підвищеної температури і низької вологості інтенсивність дихання ґрунту різко зменшується. Р. Конант зі співавторами [4] виявили, що найбільше ґрунтове дихання було пов'язане з вищими температурами тільки протягом періодів з високими показниками вологості. Максимум ґрунтового дихання спостерігався за нижчої температури, але за високої вологості ґрунту, що свідчило про те, що дихання ґрунту лімітувалося саме вологістю.

Вплив вологості на потік ґрунтового CO<sub>2</sub> є результатом впливу на активність коренів і ґрунтових мікроорганізмів. У більшості випадків простежувався прямий зв'язок між вологістю ґрунту й інтенсивністю його дихання. У разі збільшення вологості після тривалого посушливого періоду спостерігалось швидке збільшення показника ґрунтового дихання [5]. У досліджах І. Пом'яновської-Пилипюк [9] у разі збільшення вологості з 10 до 30 % польової вологоємності виділення CO<sub>2</sub> зросло з 1,8 до 7,8 мг/год. Низка дослідників вважає, що негативний вплив вологості на ґрунтову емісію діоксиду вуглецю проявляється тільки за її екстремально низьких і високих значень; зокрема, на торф'яних і дерново-підзолистих ґрунтах у періоди перезволоження спостерігається зворотна залежність між диханням ґрунту і вологістю [5,10].

Активність ґрунтових мікроорганізмів залежить передовсім від температури повітря і ґрунту, а також від вологості, а дихання коренів значною мірою залежить від температури, типу, віку та об'єму кореневої системи [3,7]. Оскільки температура і вологість впливають як на фізичний стан ґрунту, так і на активність ґрунтової біоти, найбільший потік CO<sub>2</sub> з ґрунту спостерігається у разі поєднання оптимальних для них температури й вологості.

Метою цього дослідження було виявити сезонні особливості емісії CO<sub>2</sub> з ґрунту та підстилки лісових фітоценозів на прикладі широколистяних лісів Київського Полісся.

### Об'єкти та методи дослідження

Дослідження проводили на території державного заказника «Лісники» на заповідній частині території Національного природного парку «Голосіївський». Координати ділянки: 50°17'52.7"N, 30°32'34.4"E. Дослідна ділянка (50 × 50 м) була представлена асоціацією *Convallario majali-Quercetum roboris* Shevchyk & V. Sl. in Shevchyk & al. 96, союз *Convallario majali-Quercion roboris* Shevchyk, V. Sl. 96. Перший ярус сформований старими високими деревами дуба *Quercus robur*, заввишки 25 м і вище, а другий густий ярус – іншими листяними видами віком до 30 років (*Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. tataricum*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata*). Ґрунт на ділянці належить до дерново-підзолистих глеюватих зональних ґрунтів Полісся.

Дослідження було проведено в осінній період у жовтні, а у весняний період – у квітні. У межах дослідної ділянки було обрано десять точок, на яких проводили вимірювання емісії CO<sub>2</sub> з ґрунту та підстилки камеро-статистичним методом з використанням інфрачервоного газоаналізатора CO650 Plant CO2 Analysis Package Qubit Systems inc. Canada K7M 3X9. Використану методику оцінювання інтенсивності емісії діоксиду вуглецю подано в попередній роботі [1].

### Результати та їх обговорення

Показники емісії CO<sub>2</sub> у визначених точках у межах дослідної ділянки у весняний період наведено в табл. 1.

У межах досліджуваної ділянки спостерігалась помітна відмінність в інтенсивності емісії CO<sub>2</sub>: за середнього значення температури 18,3 °С і середньої вологості повітря 45,5 % значення емісії діоксиду вуглецю коливалось від 56,12 до 99,27 мкмоль CO<sub>2</sub>·м<sup>-2</sup>·хв<sup>-1</sup>. Ці відмінності залежали від кількості органічних речовин

Таблиця 1. Емісія CO<sub>2</sub> ґрунтом і лісовою підстилкою у весняний період року

Точка виміру	Емісія CO <sub>2</sub> , мкмоль CO <sub>2</sub> ·м <sup>-2</sup> ·хв <sup>-1</sup>	StDev	T °C	Hd, %
1	67,26	8,26	17,08	45,26
2	64,76	7,12	17,20	47,21
3	61,33	9,66	18,05	48,17
4	99,27	6,22	19,98	48,82
5	56,12	4,45	18,22	42,11
6	72,45	5,28	18,94	49,18
7	85,75	5,32	19,22	46,48
8	66,28	6,72	18,25	36,24
9	98,65	9,42	19,35	44,60
10	73,25	7,33	18,45	47,02
СЕРЕДНС	74,51	6,98	18,31	45,51

Таблиця 2. Емісія CO<sub>2</sub> лісовою підстилкою та ґрунтом в осінній період року

Точка виміру	Емісія CO <sub>2</sub> , мкмоль CO <sub>2</sub> ·м <sup>-2</sup> ·хв <sup>-1</sup>	StDev	T °C	Hd, %
1	66,18	8,16	9,80	70,25
2	69,86	8,11	11,05	72,45
3	60,08	10,33	9,55	71,66
4	82,23	6,12	10,85	78,90
5	50,36	5,25	9,35	78,05
6	73,85	6,88	10,20	79,80
7	75,30	5,44	10,50	70,40
8	59,88	8,72	9,65	79,71
9	75,24	9,26	11,22	70,85
10	61,21	7,34	9,45	76,18
СЕРЕДНС	68,52	7,56	10,17	74,61

у ґрунті, щільності складення ґрунтів, наявності і розмірів коренів дерев, а також товщини лісової підстилки в точках вимірювання.

Результати вимірювань емісії діоксиду вуглецю в осінній період наведено в табл. 2.

За середнього значення температури 10,17 °C і середньої вологості повітря 74,61 % значення емісії в осінній період коливалося від 50,36 до 82,23 мкмоль CO<sub>2</sub>·м<sup>-2</sup>·хв<sup>-1</sup>. Стандартне відхилення

показника для десяти точок вимірювання в середньому становило 7,27.

Ці відмінності можуть бути пов'язані з різною товщиною лісової підстилки, об'ємом органічної речовини, наявністю коренів, щільністю кореневої системи, віком дерев та іншими факторами.

З порівняльного аналізу отриманих результатів видно, що інтенсивніша емісія CO<sub>2</sub> відбувається у весняний період порівняно з осіннім.

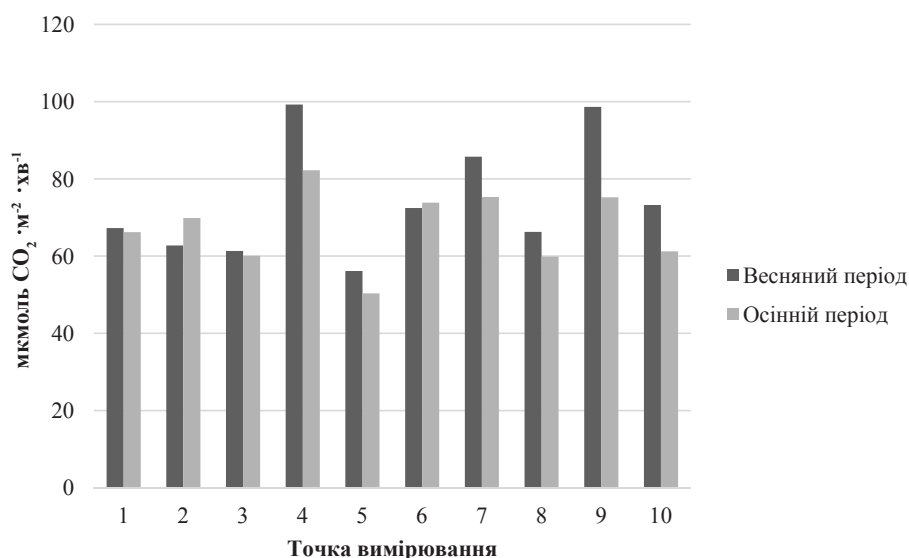


Рисунок. Емісія CO<sub>2</sub> з лісової підстилки й ґрунту у весняний (квітень) та осінній (жовтень) періоди

Середнє значення сумарної емісії з ґрунту та підстилочки у квітні було  $74,51 \text{ мкмоль CO}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1}$ , а в жовтні –  $68,52 \text{ мкмоль CO}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1}$ , тобто різниця становить понад 8 % (див. рисунок).

Це можна пояснити тим, що восени свіжий листовий опад формує значний об'єм органічної речовини, яка надходить до лісової підстилочки та ґрунту і майже не розкладається в зимовий сезон через дуже низькі температури. І, навпаки, зі збільшенням вологості в підстилці й ґрунті після танення снігу та значним підвищенням температури у весняний період починаються активні процеси розкладання органічних речовин. Було встановлено пряму кореляцію між підвищенням  $t^\circ$  та збільшенням емісії вуглекислого газу з ґрунтів і лісової підстилочки. Показник кореляції  $r = 0,45$ . Кореляція зі значеннями вологості проявлялась значно слабше, відповідний показник не перевищував значення  $r = 0,15$ .

### Висновки

Серед факторів, що впливають на інтенсивність емісії  $\text{CO}_2$ , найважливішими є температура, вологість, тип ґрунту, вміст органічних

речовин у ґрунті та підстилці, період вегетації та тип рослинності.

Проведене дослідження показало, що у весняний період року інтенсивність емісії вуглекислого газу з лісової підстилочки та ґрунту в широколистяному фітоценозі в середньому становила  $74,51 \text{ мкмоль CO}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1}$ . В осінній період року інтенсивність емісії вуглекислого газу з лісової підстилочки та ґрунту в широколистяному фітоценозі була нижчою і в середньому становила  $68,52 \text{ мкмоль CO}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1}$ .

Виявлено, що вищі значення емісії діоксиду вуглецю у весняний період визначались відмінностями температурного режиму й вологості. Важливими чинниками були збільшення запасу органічних речовин у ґрунті та інтенсивніші процеси розкладання цих речовин навесні. Кореляційний аналіз впливу кліматичних факторів на інтенсивність емісії вуглекислого газу засвідчив переважну роль температури та менший вплив вологості повітря й ґрунту.

Загалом проведене дослідження підтвердило важливість моніторингу показників емісії  $\text{CO}_2$  для лісової підстилочки й дихання ґрунту як індикаторів стабільності лісових екосистем в умовах зміни клімату.

### Список літератури

1. Вишенська ІГ, Рудько МА. Емісія  $\text{CO}_2$  ґрунту і підстилочки лісових фітоценозів різного типу. Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія. 2018;1:43–7. DOI: 10.18523/2617-4529.2018.43-47
2. Рожак ВП. Пули і потоки вуглецю в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати). Біологія та валеологія. 2014;16:85–95.
3. Шпаківська ІМ. Дихання коренів та його вклад у емісію  $\text{CO}_2$  буроземними ґрунтами на верхній межі лісу Чорногори (Українські Карпати). Біологія та валеологія. 2010;12:141–7.
4. Conant RT, Klopatek JM, Klopatek CC. Environmental factors controlling soil respiration in three semiarid ecosystems. Soil Science Society of America Journal. 2000;64:383–90. DOI: 10.2136/sssaj2000.641383x
5. Fang C, Moncrieff J. The dependence of soil  $\text{CO}_2$  efflux on temperature. Soil Biology and Biochemistry. 2001;33:155–65. DOI: 10.1016/S0038-0717(00)00125-5
6. Kirschbaum MUF. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage. Soil Biology and Biochemistry. 1995;27:753–60. DOI: 10.1016/0038-0717(94)00242-S
7. Lloyd J, Taylor J. On the temperature dependence of soil respiration. Functional Ecology. 1994;8:315–23. DOI: 10.2307/2389824
8. O'Connell AM. Litter decomposition, soil respiration and soil chemical and bio chemical properties at three contrasting sites in karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) forests of southwestern Australia. Aust. J. Ecology. 1987;12:31–40. DOI: 10.1111/j.1442-9993.1987.tb00925.x
9. Pomianowska-Pilipiuk I. Dependence of  $\text{CO}_2$  output on soil temperature and moisture. Bull. Acad. Pol. sci. Ser. sci. chim. 1978;26(11):759.
10. Raich JW, Schlesinger WH. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. Tellus. 1992;44:81–99. DOI: 10.3402/tellusb.v44i2.15428
11. Thierron V, Laudelout H. Contribution of root respiration to total  $\text{CO}_2$  efflux from the soil of a deciduous forest. Can. J. For. Res. 1996;26:1142–48. DOI: 10.1139/x26-127

### References

1. Vyshenska I, Rudko M. Soil and forest bedding  $\text{CO}_2$  emission in different types of forest phytocoenosis. NaUKMA Research Papers. Biology and Ecology. 2018;1:43–7. DOI: 10.18523/2617-4529.2018.43-47. Ukrainian.
2. Rozhak V. Pools and fluxes of carbon within forest ecosystems of Striy-San Highland (Ukrainian Carpathians). Biology and Valeology. 2014;16:85–95. Ukrainian.
3. Shpakivska I. Root respiration and its contribution to the  $\text{CO}_2$  emission from brown soil in the timberline of Chornohora (Ukrainian Carpathians). Biology and Valeology. 2010;12:141–7. Ukrainian.
4. Conant RT, Klopatek JM, Klopatek CC. Environmental factors controlling soil respiration in three semiarid ecosystems. Soil Science Society of America Journal. 2000;64:383–90. DOI: 10.2136/sssaj2000.641383x
5. Fang C, Moncrieff J. The dependence of soil  $\text{CO}_2$  efflux on temperature. Soil Biology and Biochemistry. 2001;33:155–65. DOI: 10.1016/S0038-0717(00)00125-5
6. Kirschbaum MUF. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage. Soil Biology and Biochemistry. 1995;27:753–60. DOI: 10.1016/0038-0717(94)00242-S

7. Lloyd J, Taylor J. On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology*. 1994;8:315–23. DOI: 10.2307/2389824
8. O'Connell AM. Litter decomposition, soil respiration and soil chemical and bio chemical properties at three contrasting sites in karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) forests of south-western Australia. *Aust. J. Ecology*. 1987;12:31–40. DOI: 10.1111/j.1442-9993.1987.tb00925.x
9. Pomianowska-Pilipiuk I. Dependence of CO<sub>2</sub> output on soil temperature and moisture. *Bull. Acad. Pol. sci. Ser. sci chim.* 1978;26(11):759.
10. Raich JW, Schlesinger WH. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus*. 1992;44:81–99. DOI: 10.3402/tellusb.v44i2.15428
11. Thierron V, Laudelout H. Contribution of root respiration to total CO<sub>2</sub> efflux from the soil of a deciduous forest. *Can. J. For. Res.* 1996;26:1142–48. DOI: 10.1139/x26-127

I. Vyshenska

## THE ROLE OF CLIMATIC FACTORS IN SEASONAL DIFFERENCES OF CO<sub>2</sub> EMISSIONS FROM THE SOIL AND LITTER OF BROADLEAF FOREST PHYTOCOENOSES

The article presents the results of the study of the intensity of carbon dioxide emission from the forest bedding and soil in the broad-leaved phytocoenosis of the National Nature Park “Holosiivskyi” (Kyiv green belt) in the spring and autumn periods of the year. The research was conducted in the autumn period in October, and in the spring period in April. Site coordinates: 50°17'52.7"N, 30°32'34.4"E. The experimental plot (50 × 50 m) was represented by the association *Convallario majali-Quercetum roboris* Shevchyk & V. Sl. in Shevchyk & al. 96, union *Convallario majali-Quercion roboris* Shevchyk, V. Sl. 96. It has been established that more intensive emission of CO<sub>2</sub> occurs in the spring period compared to the autumn period. In the spring period of the year, the intensity of carbon dioxide emission from the forest litter and soil in the broad-leaved phytocoenosis ranged from 56.12 to 99.27 μmol CO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·min<sup>-1</sup> and averaged 74.51 μmol CO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·min<sup>-1</sup>. These differences depended on the amount of organic matter in the soil, the density of soil composition, the presence and size of tree roots, as well as the thickness of the forest bedding at the measurement points. In the autumn period of the year, the intensity of carbon dioxide emission from the forest bedding and soil was lower and in average was 68.52 μmol CO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·min<sup>-1</sup>. It was found out that higher values of carbon dioxide emissions in the spring period were determined by differences in temperature and humidity. Important factors were the increase in the supply of organic substances in the soil and more intensive processes of decomposition of these substances in the spring. Correlational analysis of the influence of climatic factors on the intensity of carbon dioxide emission proved the predominant role of temperature (r = 0.45) and a smaller influence of humidity (r = 0.15) of air and soil. In general, the conducted research confirmed the importance of monitoring the CO<sub>2</sub> emission index of the forest bedding and soil respiration as indicators of the stability of forest ecosystems in the face of climate change.

**Keywords:** climatic factors, forest litter, CO<sub>2</sub> emission, soil respiration, broad-leaved forest phytocoenosis.

Матеріал надійшов 15.06.2022



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)