

УДК 631.417.1:631.433.3

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ДИХАЛЬНИЙ ГАЗООБМІН ГРУНТІВ ВЕРХНЬОЇ МЕЖІ ЛІСУ ЧОРНОГІРСЬКОГО МАСИВУ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Шпаківська І.М.

Інститут екології Карпат НАН України

Досліджено вплив температури на поглинання O_2 і виділення CO_2 ґрунтами екосистем верхньої межі лісу з розрахунком дихального та температурного коефіцієнтів. Встановлено, що температурна залежність дихального газообміну підпорядковується правилу Вант-Гоффа до температури $25^\circ C$, що зумовлено кліматичним режимом території високогір'я, на якій формувалися досліджувані ґрунти.

Ключові слова: температура, дихальний газообмін, ґрунтові мікроорганізми, верхня межа лісу

Influence of temperature on respiratory interchange of gases in the soils on timberline of Chornogora massive of Ukrainian Carpathians. Shpakivska I.M. – Investigation the influence of temperature on O_2 absorption and SO_2 emission by soils of ecosystems on timberline of Chornogora with calculation of respiratory and temperature coefficients. It was show that temperature dependence of respiratory interchange of gases submits van't Hoff rule up to temperature of $25^\circ C$. It is determined by climatic mode of high mountains terrain on which investigated soils are formed.

Key words: temperature, respiratory interchange of gases, soil microorganisms, timberline.

ВСТУП

У функціонуванні наземних екосистем важливими є процеси дихального газообміну педосфери – обмін киснем і вуглекислим газом між ґрунтом, рослинами та атмосферою. Ще в 30-х роках ХХ ст. Г.Люндергард [9] зазначав, що дихання ґрунту як індикатор активності ґрунтових мікроорганізмів корелює з різними екологічними факторами й особливо тісно – з температурою. Для більшості мікроорганізмів, зокрема для сапрофітів, анаеробних амоніфікаторів і денітрифікаторів, оптимальною є температура $20^\circ C$ [4]. Встановлення залежності дихального коефіцієнту (ДК) від температури може бути чутливим індикатором зміни процесів дихального газообміну, а переважання виділення CO_2 над поглинанням O_2 може бути використане для моделювання впливу глобального потепління на процеси емісії

CO₂ ґрунтами гірських територій. З огляду на це метою роботи було встановлення впливу температури на процеси дихального газообміну ґрунтів верхньої межі лісу Чорногірського масиву.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Досліджувані екосистеми локалізовані на території Карпатського природного національного парку в Чорногірському масиві Українських Карпат (48°09'16" пн. ш., 24°32'09" сх. д.). Вони репрезентують демутаційно-дигресивний комплекс екосистем [5] на території сучасної антропогенної верхньої межі лісу, які перебувають на різних стадіях лісовідновної сукцесії: первинна клімаксова лісова екосистема (смеречина чорницева), вторинні короткочасово-похідні чагарничкові (чорничник зеленомоховий) і лучні нещільнодернинні (червонокостричник різнотравний), а також вторинні довготривалопохідні щільнодернинні (біловусник типовий) і рудеральні (щавельник альпійський) екосистеми.

Для дослідження процесів дихального газообміну використовувався прилад "Вуглець-Респірометр", розроблений Спеціальним конструкторсько-технічним бюро Інституту Проблем Енергозбереження АН УРСР та модифікація методики І.Купермана та О. Хітрово [2], здійснена автором [6]. Вплив температури на дихальний газообмін ґрунтів вивчали за значень вологості ґрунту, яка є оптимальною для життєдіяльності ґрунтової біоти (60% від ПВ), впродовж 3 діб з інтервалом у 24 год., починаючи від 14 доби інкубації за кожної із заданих температур у діапазоні від 10-20, 15-25; 20-30 й 25-35°C.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Встановлено, що величини дихальної активності досліджуваних екосистем за виділенням CO₂ відрізняються у 1,2-2,3, а за поглинанням O₂ – у 1,4-2,9 рази. Ці відмінності відображають особливості досліджуваних ґрунтів, обумовлені вмістом і якісним складом органічної речовини, величиною рН, кількісним та якісним складом ґрунтової мікрофлори. Найвищими величинами поглинання O₂ характеризуються верхні горизонти підстилок. Значно знижується (у 13-35 разів) поглинання кисню у гумусовому горизонті. Для нижніх мінеральних горизонтів (ВС) показники як поглинання O₂, так і виділення CO₂ знаходяться практично на однаковому рівні та є нижчими від верхніх ґрунтових горизонтів у 5-8 разів. Загалом дихальний газообмін підстилок інтенсивніший у вторинних екосистемах, а серед них найвищі значення зафіксовані для підстилки щавельника

альпійського. У орґано-мінеральних горизонтах найвищі показники спостерігаються для гумусово-акумулятивного горизонту щавельника альпійського, найнижчі для – біловусника типового (табл. 1).

Таблиця 1

Дихальний газообмін підстилок та ґрунтів екосистем на верхній межі лісу Чорногори, мкл O₂(CO₂) г⁻¹·год⁻¹

Екосистема, параметри газообміну		Генетичні горизонти						
		A ₀ L	A ₀ FH	A	AB ₁	B ₁	B ₁ C	
Смеречина чорницева	O ₂	M	180,84	99,89	7,27	3,21	1,12	1,00
		m	29,13	14,9	0,95	0,39	0,20	0,08
	CO ₂	M	185,40	100,25	7,41	3,25	1,01	1,08
		m	27,81	15,24	0,87	0,39	0,28	0,09
		A ₀ L	A ₀ FH	H	A	AB	BC	
Чорничник зеленомо- ховий	O ₂	M	190,32	120,30	8,41	6,25	2,03	1,12
		m	28,55	18,05	1,01	0,75	0,37	0,09
	CO ₂	M	195,02	129,45	8,76	6,30	2,09	1,23
		m	27,25	19,42	1,05	0,76	0,48	0,11
		A ₀ L	A ₀ FH	A	AB		BC	
Червоно- костричник різнотрав- ний	O ₂	M	289,20	125,63	8,64	2,56	1,25	
		m	45,20	15,69	1,04	0,62	0,95	
	CO ₂	M	295,69	129,80	8,80	2,49	1,29	
		m	44,95	21,36	19,89	0,56	0,15	
		A ₀ L	A ₀ FH	Agl	ABgl	CG		
Біловусник типовий	O ₂	M	345,79	143,15	4,36	1,98	0,89	
		m	51,87	23,78	0,69	0,59	0,07	
	CO ₂	M	360,08	155,32	4,10	1,83	0,92	
		m	52,01	23,60	0,49	0,48	0,07	
		A ₀ L	A ₀ FH	A	AB	BCgl		
Щавельник альпійський	O ₂	M	401,25	298,26	10,85	4,25	1,35	
		m	61,25	44,75	1,28	0,85	0,11	
	CO ₂	M	425,03	309,45	10,88	3,87	1,45	
		m	63,92	46,84	1,36	0,81	0,12	

Встановлено, що за показниками дихального газообміну для різного діапазону температур (як за виділенням вуглекислого газу, так і за поглинанням кисню), досліджувані екосистеми розташовуються у такій послідовності: щавельник альпійський → чорничник зеленомоховий → смеречина чорницева → червонокостричник різнотравний → біловусник типовий (рис. 1).

Інтенсивність газообміну лінійно зростає із підвищенням температури, сягаючи максимальних значень у діапазоні 25–30°C, потім знижується, а за температури 35°C є нижчою від максимальних величин у 1,3–2,1 рази. Зростання температури від 10 до 25°C підвищує інтенсивність газообміну у 2–3 рази у залежності від екосистеми. Такий температурний оптимум метаболічної активності ґрунтів свідчить, що переважаюча кількість ґрунтових мікроорганізмів належить до мезофільного угруповання, незважаючи на те, що сам комплекс ґрунтової біоти формується за кліматичних умов з низькими середньорічними температурами 0–15 см шару ґрунту, які становлять 4–5°C. Це дає можливість ґрунтовій мікрофлорі протягом короткого вегетаційного періоду забезпечувати необхідні темпи мінералізації органічних сполук.

Для порівняння впливу температури на типи ґрунтів, які сформувалися за різних кліматичних умов, використовують поняття про оптимальні (за яких спостерігаються найвищі показники дихального газообміну) та критичні температури (після яких відбувається зміна характеру залежності інтенсивності метаболізму ґрунтових мікроорганізмів, а процеси газообміну перестають підпорядковуватися правилу Вант-Гоффа) [3]. В інкубаційних дослідах встановлено, що зростання температури від 5 до 15°C спричиняє збільшення емісії CO₂ у 3,8–4,2 рази, тоді як зростання температури понад 25°C зменшує інтенсивність ґрунтового дихання [7]. Середня величина Q₁₀ в інтервалі температур 10–20°C для різних типів ґрунтів і кліматичних зон становить 2,4 [10]. Окрім того встановлено, що коефіцієнт Q₁₀ вищий у діапазоні температур 5–15°C і становить 3,1, а при збільшенні температури від 15 до 25°C знижується до 2,2–2,6. Встановлено, що для верхніх ґрунтових горизонтів лісових ґрунтів Q₁₀ зменшується від 1,9 до 1,7 зі зростанням температури від 4 до 28°C [12] та лінійне зниження Q₁₀ із зростанням температури [8].

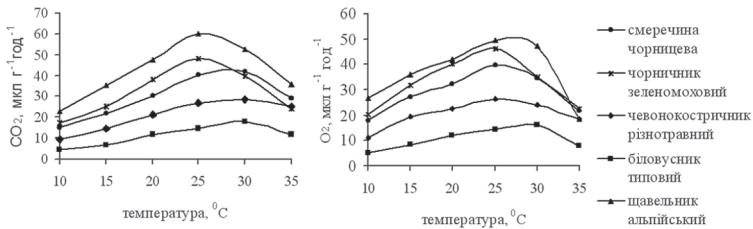


Рис. 1. Вплив температури на дихальний газообмін ґрунтів екосистем на верхній межі лісу Чорногори

Розрахунок дихального коефіцієнту показав, що в інтервалі температур 10-20°C для усіх екосистем він є меншим від 1 та зростає із підвищенням температури (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив температури на дихальний коефіцієнт гумусових горизонтів ґрунтів екосистем на верхній межі лісу Чорногори

Екосистема	Температура, °С					
	10	15	20	25	30	35
	Дихальний коефіцієнт					
Смеречина чорницева	0,85	0,80	0,94	1,02	1,21	1,34
Чорничник зеленомоховий	0,86	0,79	0,95	1,04	1,14	1,08
Червонокостричник різнотравний	0,83	0,74	0,93	1,01	1,21	1,37
Біловусник типовий	0,85	0,77	0,96	1,02	1,12	1,45
Щавельник альпійський	0,85	0,98	1,13	1,21	1,12	1,94

Споживання кисню переважає над виділенням CO₂, тобто характерною рисою досліджуваних ґрунтів є перевага аеробних мікроорганізмів. За температури 25°C спостерігається еквівалентний обмін вуглекислим газом і киснем, ДК≈1, за винятком щавельника альпійського, де переважає виділення CO₂. З підвищенням температури до 30° і особливо до 35°C ДК завжди більший за 1, що є наслідком переважання мінералізаційних процесів органічних сполук, над процесами росту мікробних клітин. Окрім того, за температури 35°C відбувається елімінація частки ґрунтових мікроорганізмів, особливо психрофільних, які стають доступним джерелом живлення для решти мікробного угруповання.

Розрахунок температурного коефіцієнта Q₁₀ для різних інтервалів температур показав, що він є найвищим у інтервалі температур 10-20°C і знижується із зростанням температури (табл. 3).

Таблиця 3

Температурний коефіцієнт дихального газообміну гумусових горизонтів ґрунтів екосистем на верхній межі лісу Чорногори

Екосистема	Q ₁₀			
	10-20°C	15-25°C	20-30°C	25-35°C
Смеречина чорницева	1,99	1,87	1,38	0,71
Чорничник зеленомоховий	2,20	1,89	1,04	0,51
Червонокостричник різнотравний	2,26	1,85	1,36	0,95
Біловусник типовий	2,58	2,22	1,55	0,80
Щавельник альпійський	2,06	1,71	1,10	0,60

Згідно з правилом Вант-Гоффа, коефіцієнт Q_{10} для забезпечення лінійного зростання інтенсивності газообміну із підвищенням температури повинен знаходитися у межах 1,5-3,0. Для досліджуваних ґрунтів екосистем бореального ряду на верхньої межі лісу ця закономірність зберігається у інтервалі температур 10-25°C, з підвищенням температури до 30-35°C температурний коефіцієнт знижуються. Тобто, функція “відгуку” на підвищення температури, яка супроводжується лінійним зростанням метаболізму мікроорганізмів, спостерігається до температури 25°C. Це пов’язано з термічними умовами формування комплексу ґрунтової біоти, властивими для ВМЛ, та підтверджує загальну закономірність щодо зниження інтенсивності дихання ґрунтів із підвищенням температури понад 25°C [7, 8]. Тобто, комплекс ґрунтових мікроорганізмів досліджуваних ґрунтів, як й інших гірських територій, складається з психрофільних і мезофільних мікроорганізмів з переважанням останніх.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що температурна залежність дихального газообміну підпорядковується правилу Вант-Гоффа до температури 25°C, що зумовлено температурним режимом території високогір’я, на якій формувалися досліджувані ґрунти. Температурний оптимум метаболічної активності основних груп ґрунтових мікроорганізмів гірських регіонів, де у літні місяці температура 0-10 см шару ґрунту не перевищує 20°C, перебуває у межах 18-30°C, а критична температура, після якої відбувається зниження інтенсивності дихального газообміну, становить 35°C [4]. Незначне зниження оптимуму до 23-28 °C, а критичної температури до 30°C у ґрунтах екосистем верхньої межі лісу Чорногірського масиву може бути пов’язане з тим, що досліджувані ґрунти розташовані у кліматичній зоні, де у літні місяці середньомісячна температура 0-20 см шару ґрунту не перевищує 15°C, що не дає можливості для формування групи термотолерантних мікроорганізмів з температурним оптимумом 30-37°C. Отримані дані можуть бути базовими для встановлення температурних залежностей при моделюванні впливу глобальних змін клімату на регіональні величини емісії вуглекислого газу ґрунтовим прокривом.

Література

1. Имшенетский А.А. Микробиологические процессы при высоких температурах. – М.: Изд-во АН СССР, 1944. – 257 с.
2. Куперман И.А., Хитрово Е.В. Дыхательный газообмен как элемент продукционного процесса растений. – Новосибирск: Изд-во Наука. Сибирское отделение, 1977. – 183 с.

3. Садыков Б.Ф., Зуева Л.Л. Влияние температуры и влажности на продуцирование CO_2 почвенными микроорганизмами // Микробиология. – 1982. – Т.51, №2. – С.365-367.
4. Хазиев Ф.Х. Температура и влажность как экологические факторы биологической активности почв // Экология – 1976. – №6. – С. 50-55.
5. Царик Й.В., Малиновський К.А. Моніторинг загасання пасторальних систем під впливом заповідання // Біорізноманіття Карпатського біосферного заповідника. – Київ: Інтерекоцентр, 1997. – С. 427-442.
6. Шпаківська І.М. Поглинання кисню та виділення вуглекислого газу ґрунтами залежно від гідротермічних умов // Вісник Львівського університету. Серія географічна, 1999. – Вип.25. – С.179-181.
7. De Jong E., Shappert J., MacDonald K. Carbon dioxide evolution from virgin and cultivated soil as affected by management practices and climate // Canadian Journal of Soil Sciences, 1974. – V.54, No.2. – P. 299-307.
8. Kirschbaum M.U. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage // Soil Biology and Biochemistry, 1995. – V.27, No.9. – p.753-760.
9. Lundergdtrth H. Carbon dioxide evolution of soil and crop grows // Soil Sciences, 1927. – V.23. – N6. – P. 417-453.
10. Raich J.W., Schlesinger W.H. The Global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate // Tellus 44B, 1995. – P. 81-99.
11. Wiant H.V. Influence of temperature on the rate of soil respiration // Journal of Forestry, 1967. – V.65, No.3. – P. 489-490.
12. Winkler J.P., Cherry R.S., Schlesinger W.H. The Q_{10} relationship of microbial respiration in a temperate forest soil // Soil Biology and Biochemistry, 1996. – V.28, No.8. – P. 1067-1072.

Влияние температуры на дыхательный газообмен почв верхней границы леса Черногорского массива Украинских Карпат. Шпакивская И.М. – Изучено влияние температуры на поглощение O_2 и выделение CO_2 с расчетом дыхательного и температурного коэффициентов. Установлено, что температурная зависимость дыхательного газообмена соответствует правилу Вант-Гоффа до температуры 25°C , что обусловлено климатическим режимом территоии высокогорья, на которой сформировались данне почвы.

Ключевые слова: температура, дыхательный газообмен, почвенные микроорганизмы, верхняя граница леса.