

<https://doi.org/10.15407/frg2018.06.533>

УДК: 631.484; 574.43

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ В ІНІЦІАЛЬНИХ ҐРУНТАХ ПРИБЕРЕЖНОЇ АНТАРКТИКИ

Н.В. ЗАІМЕНКО<sup>1</sup>, Т.Ю. БЕДЕРНІЧЕК<sup>1</sup>, В.В. ЛОЯ<sup>1</sup>, Л.М. МИХАЛЬСЬКА<sup>2</sup>,  
В.В. ШВАРТАУ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка Національної академії наук України

01014 Київ, вул. Тимірязєвська, 1

e-mail: zaimenkonv@ukr.net

<sup>2</sup>Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України

03022, Київ, вул. Васильківська, 31/17

e-mail: victorschwartau@gmail.com

Проаналізовано особливості формування органічної речовини в гумусово-дерновому горизонті Leptic Cambisol Прибережної Антарктики під рослинами *Deschampsia antarctica* E. Desv. та Naplic Luvisol Лісостепу під рослинами *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv. Проведено порівняльний аналіз внеску амінокислот вищих рослин у формування органічної речовини, чисельності мікроміцетів та актиноміцетів у ґрунті. Доведено необхідність дослідження процесів іммобілізації органічних речовин в ініціальних ґрунтах за низьких температур. Згідно з результатами досліджень відмінності у властивостях гумусово-дернових горизонтів таких ґрунтів слабкіше пов'язані з хімічним складом прекурсорів органічної речовини ґрунту, ніж вважали раніше. Встановлено, що ґрунтам низькотемпературних екосистем властива висока активність меланіновмісних мікроміцетів, які також задіяні в процесах формування гумусових сполук за «меланіновим» шляхом.

**Ключові слова:** *Deschampsia antarctica* E. Desv., *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv, вільні амінокислоти, меланіновмісні мікроміцети.

У вересні 2015 р. на 70-й сесії Генеральної асамблеї ООН було прийнято рішення щодо затвердження 17 цілей сталого розвитку та визначено 169 завдань для їх досягнення, які викладені в програмі «Перетворення нашого світу: порядок денний для сталого розвитку до 2030 року». Одна з них, відома як «Збереження екосистем суходолу», передбачає такі напрями, як подолання спустелення та зупинення процесу деградації земель. На сьогодні 114 країн світу, в тому числі й Україна, долучились до формування добровільних національних завдань із дотримання балансу між процесами деградації земель та їх природного і штучного відновлення. Проте для цього необхідна вичерпна інформація про стан органічної речовини ґрунту та особливості її трансформації за різних гідротермічних умов.

Об'єктивно оцінити особливості перебігу процесів мінералізації та іммобілізації органічної речовини в різних ґрунтово-кліматичних умовах можливо лише за всебічного вивчення елементного, композиційного і фракційного складу фенольних сполук, оскільки після інтеграції в ґрунт саме феноли контролюють більшість біогеохімічних реакцій [1]. Оскільки феноли — один із найпоширеніших компонентів біогеоценозів, який безпосередньо впливає на цикли поживних сполук і ферментативну активність мікроорганізмів, необхідно дослідити механізми, за якими фенольні сполуки впливають на процеси деструкції рослинних решток. До сьогодні недостатньо вивчені не лише високомолекулярні органічні сполуки, природа яких ще не ідентифікована, а й низькомолекулярні сполуки, у складі яких домінують феноли. Значна зацікавленість у дослідженнях органічної речовини ґрунту, зокрема низькомолекулярних сполук в умовах Арктики [2] та Антарктики, спостерігається в останні роки [3—6]. Це пов'язано з особливостями накопичення органічної речовини в ініціальних ґрунтах у результаті неповної мінералізації рослинних решток за впливу низьких температур. Оскільки антарктичне ґрунтознавство є новою дисципліною, на сьогодні ми маємо лише фрагментарну інформацію щодо основних етапів трансформації органічної речовини, механізмів взаємодії продуктів розкладання з компонентами довкілля, які пов'язані з хімічним складом та анатомічною будовою решток, ступенем зволоження й доступністю кисню, гранулометричним складом та іншими параметрами антарктичних ґрунтів. Це спонукає до виконання робіт із порівняльного аналізу різних форм фенольних сполук за різних гідрокліматичних умов.

У цій роботі порівняно особливості формування органічної речовини ґрунту в Leptic Cambisol Прибережної Антарктики та Narlic Luvisol Лісостепу під подібними едифікаторами — близькими видами рослин роду *Deschampsia*. Проведені дослідження є першими кроками до розкриття механізмів формування органічної речовини ґрунту в різних ґрунтово-кліматичних умовах за дії різних лімітувальних чинників. На прикладі простих низькотемпературних екосистем плануємо розробити систему керування процесами ґрунтоутворення, зокрема накопичення гумусових речовин у ґрунті.

## Методика

Відомо, що зональні повнопрофільні ґрунти помірної кліматичної зони істотно відрізняються від ініціальних ґрунтів полярних широт у цілому і Прибережної Антарктики зокрема. В цій роботі порівняно умови трансформування органічної речовини у гумусово-дернових горизонтах ґрунтів під *D. antarctica* та *D. cespitosa*. Саме тут досягається максимальна взаємодія ризосфери і детритосфери, що виявляється у високих темпах накопичення та деструкції органічної речовини. Зразки ґрунту Leptic Cambisol під *D. antarctica* відбирали у березні 2016 р. у п'ятиразовій повторності на острові Галіндез архіпелагу Вільгельма (Прибережна Антарктика). Зразки ґрунту Narlic Luvisol під *D. cespitosa* відбирали у травні 2016 р. на території Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка (Київ).

Вміст і склад вільних амінокислот у листках рослин *D. antarctica* та *D. caespitosa* оцінювали методом ВЕРХ з використанням хроматографа Agilent 1100. Чисельність мікроміцетів визначали за А.В. Кураковим [7], актиноміцетів — за Д.Г. Звягінцевим і Г.М. Зеновою [8].

У роботі прийнято 5 %-й рівень значущості ( $p \leq 0,05$ ).

### Результати та обговорення

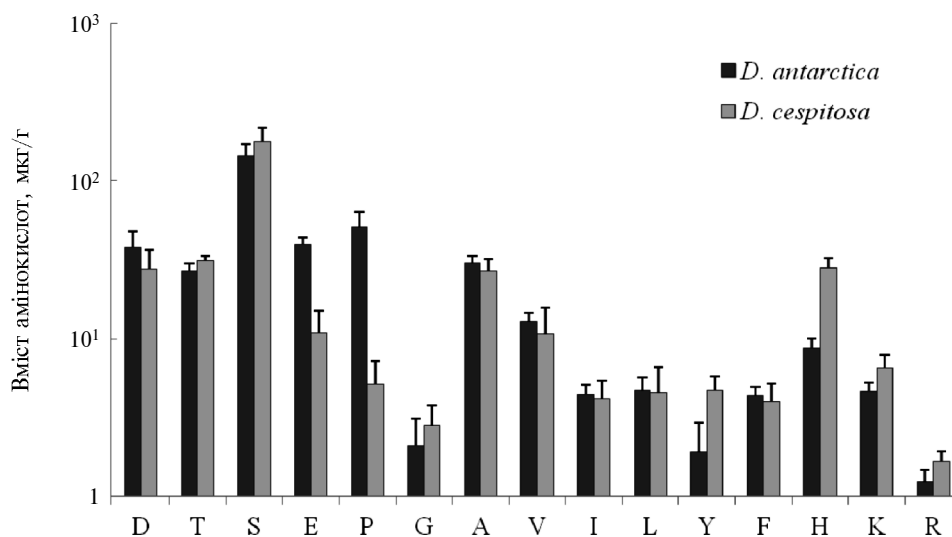
У результаті еволюції злаки виробили унікальний механізм пристосування та виживання в найнебезпечніших для живих організмів умовах. Їх поширення по всіх ґрунтово-кліматичних зонах дає підставу припустити, що фізіолого-біохімічний механізм, який істотно розширив адаптивний потенціал, тісно пов'язаний із біосинтезом амінокислот. Адаптивний потенціал, що визначається біохімічними особливостями, забезпечує взаємозв'язок анатомо-морфологічних і фізіолого-біохімічних ознак, передбачає освоєння рослинами територій з різними ґрунтово-кліматичними умовами. Відомості щодо амінокислотного складу рослин як характеристики видового статусу мають багато спільних ознак і достатньо повно узгоджуються з результатами наших попередніх досліджень [9].

Варто зазначити, що в N-дефіцитних умовах, зокрема в Арктиці, деякі вищі рослини здатні засвоювати нітроген, що міститься в амінокислотах безпосередньо [10]. Крім того, незважаючи на низький абсолютний вміст амінокислот у ґрунтах Арктики й Антарктики — менш як 1 % загального вмісту азоту, вони формують пул дуже мобільних азотовмісних сполук, період напіврозкладання яких (MRT) становить близько 24 год [11]. Відповідно вони є драйверами численних біогеохімічних процесів у ґрунті й істотно впливають на кількісний та якісний склад органічної речовини ґрунту.

Проведений нами порівняльний аналіз якісного і кількісного складу вільних амінокислот у тканинах рослин двох видів роду *Deschampsia*, які зростають у різних ґрунтово-кліматичних умовах, а саме: *D. antarctica* — на Leptic Cambisol о. Галіндез у Прибережній Антарктиці, *D. caespitosa* — на Narlic Luvisol на території Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка, виявив істотні відмінності в їх розподілі. Загалом амінокислотний склад листків досліджуваних видів характеризується вищим вмістом гістидину в тканинах *D. caespitosa* (28,2 мкг/г) порівняно з рослинами *D. antarctica* (15,0 мкг/г), що свідчить про відмінності їхнього екоморфотипу (рисунок).

Виявлено також, що концентрація метіоніну в тканинах *D. antarctica* значно вища (у 7,4 раза), це ймовірно пов'язано з накопиченням сполук нітрогену в рослинах. Підвищений рівень вільного проліну в листках *D. antarctica* вказує на інтенсифікацію процесів адаптації до засолення. Про це свідчать також високі концентрації глутамінової та аспаргінової кислот у тканинах. Крім того, збільшення вмісту серину в листках обох видів доводить наявність активного синтезу фенольних сполук у рослинах.

За таких умов (накопичення значних кількостей вільних амінокислот за наявності меланінпродукувальних організмів) формування органічної речовини ґрунту частково може відбуватися за «меланіно-



Розподіл вільних амінокислот у тканинах рослин *D. antarctica* і *D. cespitosa* (позначення амінокислот наведено за IUPAC)

вим» напрямом гумусоутворення [12], брати участь у висхідних шляхах аренового обміну сполук в екосистемах. Із наведених у таблиці даних видно, що відсоток меланіновмісних мікроміцетів у ґрунті під *D. antarctica* в 3,2 рази вищий, ніж під *D. cespitosa*. Ймовірно, прекурсорами частини гумусових сполук за таких умов можуть бути різноманітні меланіни, а не лігніни, як у більшості зональних наземних екосистем.

Різні наземні екосистеми продукують фізіологічно специфічний і чітко індивідуальний набір фенольних сполук, який визначає особливості будови гумінових кислот ґрунту, а також задіяний у формуванні й підтриманні екологічних умов існування всього біогеоценозу [9]. Гетерогенність генезису лігніну зумовлює можливість утворення великої кількості різноманітних продуктів його розкладання, які слугують матрицею для формування гумусу і довготривалого збереження композиційного складу біополімерів у послідовності: тканини рослин > детрит > органічна речовина ґрунту. Механізм первинного гідролітичного розщеплення органічних решток із подальшою трансформаційною зміною скелетної структури лігніну слід розглядати з позицій теорії фракталів, оскільки процеси самоорганізації в ґрунті

Чисельність мікроміцетів та актиноміцетів у гумусово-дернових горизонтах ґрунтів під *D. antarctica* і *D. cespitosa*

Ґрунт	Мікроміцети		Актиноміцети, млн КУО в 1 г ґрунту
	тис. КУО* в 1 г ґрунту	меланіновмісні, %	
Під <i>D. antarctica</i> (Leptic Cambisol)	93,8±4,2	53,6	0,9±0,08
Під <i>D. cespitosa</i> (Haplic Luvisol)	139,3±11,7	16,7	2,8±0,3

\*Колонієутворювальні одиниці.

характеризуються нелінійними зв'язками і недетермінованою природою біохімічних перетворень. Зокрема, за низьких температур відбувається неповна мінералізація органічних решток у ґрунті, в результаті чого пришвидшено формується лігнінова матриця шляхом синтезу фенольних сполук, які слугують важливими проміжними продуктами в гумусоутворенні й відіграють важливу роль у керуванні багатьма аспектами взаємодії рослин і ґрунту.

Раніше ми виявили [5] істотні відмінності в кількісних параметрах низькомолекулярних органічних сполук у гумусово-дернових горизонтах ґрунтів під *D. antarctica* і *D. cespitosa*. Так, концентрація флавоноїдів була в 5 разів, а фенілкарбонових кислот — у 10 разів вищою порівняно з їх вмістом у Harpic Luvisol. При цьому в останньому не виявлено кумаринових похідних. Отримані результати можна пояснити домінуючим положенням у біогеоценозах Антарктики нижчих рослин — мохоподібних і лишайників, хімічний склад яких відрізняється від складу вищих рослин переважанням низькомолекулярних органічних сполук.

Отже, отримані результати підтвердили інтенсивніше формування гумусу в низькотемпературних екосистемах як через неповну мінералізацію рослинних решток і формування лігнінової матриці за допомогою синтезу фенольних сполук, так і внаслідок активізації «меланінового» шляху синтезу гумусових речовин.

Дослідження виконано у межах проекту «Оцінка потоків біогенних елементів і парникових газів у наземних екосистемах Прибережної Антарктики» № 0117U003733 за фінансової та логістичної підтримки Національного антарктичного наукового центру МОН України.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Min K., Freeman C., Kang H., Choi S. The regulation by phenolic compounds of soil organic matter dynamics under a changing environment. *BioMed Research International*. 2015. doi: <https://doi.org/10.1155/2015/825098>
2. Карелин Д.В., Замолотчиков Д.Г. Углеродный обмен в криогенных экосистемах. Москва: Наука, 2008. 344 с.
3. Абакумов Е.В. Почвы Западной Антарктики. Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2011. 112 с.
4. Parnikoza I., Abakumov E., Korsun S., Klymenko I., Netsyk M., Kudina A., Kozeretska I. Soils of the Argentine Islands, Antarctica: Diversity and Characteristics. *Polarforschung*. 2016. № 86 (2). P. 83–96.
5. Бедерничек Т.Ю., Заименко Н.В., Иванников Р.В., Лоя В.В., Анищенко В.Н., Партыка Т.В., Хоецкий П.Б. Содержание низкомолекулярных органических соединений в почвах под *Deschampsia antarctica* и *D. cespitosa* (Poaceae). *Украинский антарктический журнал*. 2017. № 16. С. 180–185.
6. Бедерничек Т., Партыка Т. Вміст водорозчинних вуглеводів як індикатор якості криогенних ґрунтів. *Наукові записки Державного природознавчого музею*. 2018. № 34. С. 43–48.
7. Кураков А.В. Методы выделения и характеристики комплексов микроскопических грибов наземных экосистем. Москва: МАКС Пресс, 2001. 92 с.
8. Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М. Экология актиномицетов. Москва: ГЕОС, 2001. 256 с.
9. Заименко Н.В. Наукові принципи структурно-функціонального конструювання штучних біогеоценозів у системі ґрунт—рослина—ґрунт. Київ: Наук. думка, 2008. 304 с.

10. Hill P.W., Farrar J., Roberts P., Farrell M., Grant H., Newsham K.K., Hopkins D.W., Bardgett R.D., Jones D.L. Vascular plant success in a warming Antarctic may be due to efficient nitrogen acquisition. *Nature Climate Change*. 2011. N 1. P. 50–53. <https://doi.org/10.1038/nclimate1060>
11. Jones D.L., Farrar J.F., Newsham K.K. Rapid amino acid cycling in Arctic and Antarctic soils. *Water, Air & Soil Pollution: Focus*. 2004. N 4(6). P. 169–175.
12. Вітер А.В. Актуальні питання обміну речовин в екосистемах Київ: Наук. думка, 2016. 240 с.

Отримано 12.12.2018

#### REFERENCES

1. Min, K., Freeman, C., Kang, H. & Choi, S.U. (2015). The regulation by phenolic compounds of soil organic matter dynamics under a changing environment. *BioMed Research International*. doi: <https://doi.org/10.1155/2015/825098>
2. Karelin, D.V. & Zamolodchikov, D.G. (2008). Carbon exchange in cryogenic ecosystems. Moscow: Nauka [in Russian].
3. Abakumov, E.V. (2011). Soils of Western Antarctica. Saint-Petersburg, St. Petersburg University Press [in Russian].
4. Parnikoza, I., Abakumov, E., Korsun, S., Klymenko, I., Netsyk, M., Kudinova, A. & Kozeretska, I. (2016). Soils of the Argentine Islands, Antarctica: Diversity and Characteristics. *Polarforschung*, No. 86 (2), pp. 83-96.
5. Bedernichek, T., Zaimenko, N., Ivannikov, R., Loya, V., Anishchenko, V., Partyka, T. & Khoyetskyu, P. (2017). Content of low-molecular-weight organic compounds in soils under *Deschampsia antarctica* and *D. cespitosa* (Poaceae). *Ukrainian Antarctic Journal*, No. 16, pp. 180-185 [in Russian].
6. Bedernichek, T. & Partyka, T. (2018). Content of water-soluble carbohydrates as a quality indicator of cryogenic soils. *Proceedings of the State Natural History Museum*, No. 34, pp. 43–48 [in Ukrainian].
7. Kurakov, A.V. (2001). Methods of isolation and characteristics of complexes of microscopic fungi of terrestrial ecosystems. Moscow: Maks Press [in Russian].
8. Zvyagintsev, D.G. & Zenova, G.M. (2001). Ecology of Actinomycetales. Moscow: GEOS [in Russian].
9. Zaimenko, N.V. (2008). Scientific principles of structural and functional design of artificial biogeocenosis in the system soil-plant-soil. Kyiv: Naukova Dumka [in Ukrainian].
10. Hill, P.W., Farrar, J., Roberts, P., Farrell, M., Grant, H., Newsham, K.K., Hopkins, D.W., Bardgett, R.D. & Jones, D.L. (2011). Vascular plant success in a warming Antarctic may be due to efficient nitrogen acquisition. *Nature Climate Change*, No. 1, pp. 50-53. <https://doi.org/10.1038/nclimate1060>
11. Jones, D.L., Farrar, J.F. & Newsham, K.K. (2004). Rapid amino acid cycling in Arctic and Antarctic soils. *Water, Air, & Soil Pollution: Focus*, No. 4(6), pp. 169-175.
12. Viter, A.V. (2016). The topical issues of ecosystem metabolism. Kyiv: Naukova Dumka [in Ukrainian].

Received 12.12.2018

#### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ИНИЦИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ ПРИБРЕЖНОЙ АНТАРКТИКИ

Н.В. Заименко<sup>1</sup>, Т.Ю. Бедерничек<sup>1</sup>, В.В. Лоя<sup>1</sup>, Л.Н. Михальская<sup>2</sup>, В.В. Швартау<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный ботанический сад имени Н.Н. Гришко Национальной академии наук Украины, Киев

<sup>2</sup>Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

Проанализированы особенности формирования органического вещества в гумусово-дерновом горизонте *Lertic Cambisol* Прибрежной Антарктики под растениями

*Deschampsia antarctica* E. Desv. и Haplic Luvisol Лесостепи под растениями *Deschampsia cespitosa* (L.). P. Beauv. Проведен сравнительный анализ вклада аминокислот высших растений в формирование органического вещества, численности микромицетов и актиномицетов в почве. Доказана необходимость исследования процессов иммобилизации органических веществ в инициальных почвах при низких температурах. Согласно результатам исследований различия в свойствах гумусово-дерновых горизонтов таких почв в меньшей степени связаны с химическим составом прекурсоров органического вещества почвы, чем считалось ранее. Установлено, что почвам низкотемпературных экосистем свойственна высокая активность меланинсодержащих микромицетов, которые также задействованы в процессах формирования гумусовых соединений по «меланиновому» пути.

**Ключевые слова:** *Deschampsia antarctica* E. Desv., *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv, свободные аминокислоты, меланинсодержащие микромицеты.

#### PECULIARITIES OF SOIL ORGANIC MATTER FORMATION IN THE INITIAL SOILS OF MARITIME ANTARCTICA

N.V. Zaimenko<sup>1</sup>, T.Yu. Bedernichek<sup>1</sup>, V.V. Loya<sup>1</sup>, L.M. Mikhalska<sup>2</sup>, V.V. Schwartau<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M.M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine  
1, Tymiryazevska St., Kyiv, 01014, Ukraine  
e-mail: zaimenkonv@ukr.net

<sup>2</sup>Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine  
31/17, Vasylykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine  
e-mail: victorschwartau@gmail.com

The conditions and trends of organic matter formation in the topsoil of Leptic Cambisol of the Coastal Antarctic under *Deschampsia antarctica* E. Desv. and Haplic Luvisol under *Deschampsia cespitosa* (L.). R. Beauv in Forest-Steppe were studied. The contribution of amino acids of higher plants to the formation of soil organic matter as well as the number of micromycetes and actinomycetes in the soil were studied. The results of the study showed that differences in the properties of the top organic horizons of the investigated soils are less related to the chemical composition of the organic matter precursors than was previously thought. It has been found that for the soils of low-temperature ecosystems, high activity of melanin-containing micromycetes is typical. These organisms are also involved in the processes of soil organic matter formation via the “melanin” pathway.

**Key words:** *Deschampsia antarctica* E. Desv., *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv, free amino acids, melanin-containing micromycetes.