

УДК 574.4: 631.48

Бедернічек Т.Ю.¹, Партика Т.В.²

ВМІСТ ВОДОРОЗЧИННИХ ВУГЛЕВОДІВ ЯК ІНДИКАТОР ЯКОСТІ КРІОГЕННИХ ҐРУНТІВ

Вміст водорозчинної органічної речовини у ґрунті є важливим індикатором його якості та впливає на його фізичні, хімічні та біологічні властивості. Цей показник широко застосовують для оцінки та параметризації більшості зональних ґрунтів. Проте в окремих випадках темпи утворення водорозчинних органічних сполук можуть значно перевищувати швидкість їхньої деструкції. За таких умов доцільно проводити кількісну оцінку не лише фракції водорозчинної органічної речовини в цілому, а й визначати її якісний склад. Перш за все це стосується виокремлення найдоступнішої для агентів мінералізації складової – водорозчинних вуглеводів. У цій роботі здійснено оцінку вмісту водорозчинних вуглеводів та водорозчинної органічної речовини у ґрунтах Прибережної Антарктики під різними едифікаторами. Встановлено, що водорозчинні вуглеводи можуть складати до 50% від усіх водорозчинних органічних сполук в ґрунті. Обґрунтовано доцільність подальших досліджень, спрямованих на оцінку та параметризацію ґрунтів Прибережної Антарктики за цими показниками для з'ясування їхньої вразливості до глобальних кліматичних змін.

Ключові слова: водорозчинні вуглеводи, кріогенні ґрунти, Прибережна Антарктика, глобальні зміни клімату, EXHOP.

Розмір лабільного пулу органічної речовини ґрунту є важливим фактором, від якого залежить комплекс фізичних, хімічних і, перш за все, біологічних властивостей ґрунту [1]. Зокрема, кількість найдоступніших для рослин та мікроорганізмів водорозчинних органічних сполук значною мірою визначає інтенсивність дихання ґрунту. Так, І.М. Шпаківська [6] встановила, що в гірських ґрунтах між кількістю водорозчинних органічних сполук, мікробною біомасою та емісією CO₂ з поверхні ґрунту існують значні кореляційні зв'язки, причому тип землекористування істотно впливає на кількість водорозчинних органічних сполук в ґрунті.

Нами було отримано схожі результати і встановлено, що не лише тип земле-, а й лісокористування, зокрема способів рубок впливає на кількісний та якісний склад водорозчинних органічних сполук [11]. Проте у згаданих вище дослідженнях темпи утилізації водорозчинних органічних сполук були високими. Натомість у кріогенних ґрунтах нижча активність мікроорганізмів та короткий вегетаційний період сприяють неповній утилізації доступних субстратів і, перш за все, водорозчинних вуглеводів [3, 14]. Крім того, водорозчинні органічні речовини не є однаково доступними для мікроорганізмів. Hagedorn et al. [10] показали, що понад 50, а інколи понад 90% від

розчиненої органічної речовини (тих сполук, що фактично перебувають у розчиненій формі в ґрунтовому розчині) є старшими за 4 роки.

Пул водорозчинних органічних речовин у ґрунті є гетерогенним. До нього входять крім ідентифікованих (вуглеводи, амінокислоти, флавоноїди тощо) численні неідентифіковані органічні сполуки, що перебувають на різних стадіях гуміфікації. Зважаючи на це, для моделювання змін цього пулу за різних гідрокліматичних умов, зокрема у контексті глобальних змін клімату, доцільно взяти за основу ті сполуки, які утилізуються мікроорганізмами найшвидше – вуглеводи.

Метою цього дослідження було: 1) провести апробацію нового методу визначення вмісту вуглеводів, 2) з'ясувати вміст водорозчинних вуглеводів у ґрунтах Прибережної Антарктики. Кріогенні ґрунти обрані нами як об'єкт досліджень через гіпотетично високий вміст водорозчинних вуглеводів.

Матеріали і методи досліджень

У цьому дослідженні використовували зразки ґрунту відібрані на островах Скуа та Галіндез (Архіпелаг Вільгельма). Опис території дослідження та розташування моніторингових ділянок наведені у публікації Н.В. Заїменко и др. [2]. Досліджували ґрунт відібраний під різними едифікаторами, а саме: А – оторфований ґрунт під мохом роду *Sanionia*; В – ґрунт під *Sanionia* з домішками *Deschampsia antarctica* Desv., С – ґрунт під *D. antarctica*. У цій роботі видова ідентифікація мохів не проводилась. За даними І. Парнікози та ін. [4], на території Аргентинських островів рід *Sanionia* представлений двома близькими видами *Sanionia georgicouncinata* (Müll. Hal.) Ochyra & Hedenäs та *S. uncinata* (Hedw.) Loeske. Визначення валового вмісту водорозчинних органічних сполук проводили за модифікованим методом Ghani et al. [9]. Різниця полягає у тому, що екстракцію водорозчинних органічних сполук проводили не за кімнатної температури, а за температури 5°C. Такий вибір температури пов'язаний із спробою кількісно оцінити вміст водорозчинних вуглеводів у ґрунті за умов наближених до природних умов Прибережної Антарктики.

Вміст вуглеводів визначали за методом Albalasmeh et al. [7]. Це новий, швидкий та дружній до довкілля метод, ефективність якого не поступається, а в окремих випадках перевищує традиційні методи, що передбачають застосування високотоксичного для людини та тварин фенолу [8, 12]. Фенол використовували для утворення забарвлених комплексів, з подальшим фотометруванням у видимому спектрі за довжини хвилі 490 нм. Проте оцінка екстинкції отриманих розчинів в ультрафіолетовому діапазоні дає змогу відмовитись від використання фенолу. Також визначення вмісту водорозчинних вуглеводів за цим методом не потребує окремого відбору зразків і може проводитись одночасно із визначенням загального вмісту розчинених або екстрагованих водою органічних речовин.

У цій роботі прийнято 5% рівень значущості.

Результати та обговорення

Зразки ґрунту у варіантах В та С були схожими за кольором і текстурою, але істотно відрізнялись від варіанту А. Останній був оторфованим і містив значно більше нерозкладених і частково розкладених рослинних решток, що відобразилося і на загальному вмісті Карбону – він був істотно вищим, ніж у інших двох варіантах. Проте, як видно з рисунку, вміст екстрагованих холодною водою органічних речовини (ЕХВОР) у ґрунті у всіх досліджених зразках був практично однаковим. Зазначимо, що у попередніх дослідженнях, зокрема оторфованих ґрунтів і торфів [5], нами неодноразово застосовували вміст ЕХВОР як важливий та інформативний критерій ґрунтової діагностики. Тому, на наш погляд, найімовірніше схожий вміст ЕХВОР у прикореневому ґрунті під різними едифікаторами свідчить про надлишок водорозчинних сполук – темпи їхньої деструкції топічно, термічно чи трофічно обмежені. Тому за таких умов важливо встановити якісний склад пулу ЕХВОР, а не лише його розмір.

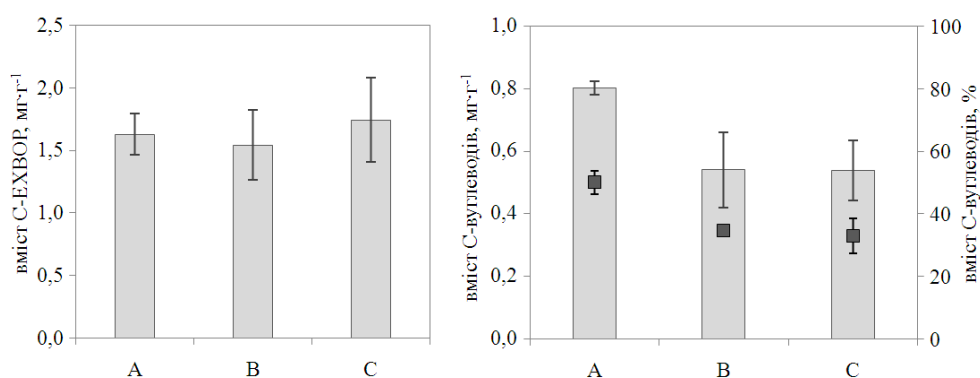


Рис. Вміст екстрагованих холодною водою органічних речовин (зліва) та водорозчинних вуглеводів (справа) у ґрунтах Прибережної Антарктики, наведено за Карбоном; відносний вміст вуглеводів у відсотках позначено чорними квадратами; А – ґрунт під *Sanionia*, В – ґрунт під *Deschampsia antarctica*, С – ґрунт під *Sanionia* і *D. antarctica*

Таким показником якісного стану є вміст водорозчинних вуглеводів. Однак варто звернути увагу на нетотожність понять "розчинні вуглеводи" та "водорозчинні вуглеводи". Переважна більшість досліджень якісного складу органічної речовини ґрунту передбачає використання не води, а інших полярних розчинників (метанол, етанол тощо) для подальшої ідентифікації сполук методом вискоефективної рідинної хроматографії [14]. Проте такий цілком коректний для вивчення вмісту вуглеводів у рослинному матеріалі підхід [13] не завжди може бути застосований до ґрунту. Використання, наприклад метанолу, є часто ефективнішим за воду, але може

привести до завишених результатів екстракції. Виділені у такий спосіб вуглеводи можуть бути не в повному обсязі доступні *in situ* для агентів мінералізації. Тому варто розрізняти фактично доступні – власне водорозчинні вуглеводи (water-soluble carbohydrates) та потенційно доступні – вуглеводи, отримані з використанням інших полярних розчинників (soluble carbohydrates).

З наведених на рисунку даних видно, що і абсолютний, і відносний вміст водорозчинних вуглеводів істотно ($p < 0.05$) відрізняється між варіантами А і В та А і С. Це свідчить про інформативність цих показників та перспективність їх застосування для діагностики ґрунтів, зокрема за умов надлишку водорозчинних органічних сполук. Крім того, встановлено, що пул ЕХВОР може містити до 33-50% водорозчинних вуглеводів. Цей факт може свідчити про вразливість досліджених ґрунтів до глобальних кліматичних змін. Підвищення температури повітря, збільшення тривалості безморозного періоду та зміна тривалості й періодичності циклів відтаювання-замерзання можуть привести до істотного збільшення потоку CO_2 з поверхні ґрунту в атмосферу за рахунок деструкції водорозчинних органічних сполук і, перш за все, водорозчинних вуглеводів.

Висновки

1. Апробований у цьому дослідженні метод є ефективним та придатним для кількісної оцінки вмісту водорозчинних вуглеводів у ґрунті, зокрема у кріогенних ґрунтах.

2. У кріогенних ґрунтах через низку термічних, топічних і трофічних факторів вміст водорозчинних органічних речовин може бути високим, а темпи їхнього накопичення – вищими ніж деструкції. За таких умов, вміст екстрагованих водою органічних речовин може бути недостатньо ефективним індикатором якості ґрунту.

3. Відносний вміст водорозчинних вуглеводів складає у досліджених зразках від 33 до 50 відсотків усього пулу екстрагованих холодною водою органічних речовин. Це свідчить про значну вразливість цих ґрунтів до глобальних кліматичних змін, які можуть привести до різкого збільшення темпів деструкції цієї найлабільнішої фракції органічної речовини ґрунту.

4. У подальших дослідженнях зі значно більшими вибірками слід провести категоризацію кріогенних ґрунтів Прибережної Антарктики за вмістом у них водорозчинних вуглеводів, як критерій вразливості до потепління клімату.

Подяки

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

1. Бедернічек Т.Ю., Гамкало З.Г. Лабільна органічна речовина ґрунту: теорія, методологія, індикаторна роль. – К.: Кондор, 2014. – С. 180.
2. Заименко Н.В., Бедернічек Т.Ю., Хоецкий П.Б. Аллелопатическая активность луговика антарктического (*Deschampsia antarctica* Desv.) в контексте глобальных изменений климата // Бюлл. Ботанического сада-института. – 2016. – № 15. – С. 26-28.
3. Карелин Д.В., Замолодчиков Д.Г. Углеродный обмен в криогенных экосистемах. – М.: Наука, 2008. – С. 344.
4. Парнікоза І.Ю., Дикий І.В., Іванець В.Ю., Козерецька І.А., Рожок А.І., Кунах В.А. Перенесення складових антарктичної трав'янистої тундрової формації домініканським мартином в регіоні Аргентинських островів (Прибережна Антарктика) // Укр. антаркт. журн. – 2012. – № 10-11. – С. 272-281.
5. Партика Т.В., Гамкало З.Г., Бедернічек Т.Ю. Особливості кількісних змін водорозчинної органічної речовини в болотних едафотобах Верхньодністерського Передкарпаття внаслідок торф'яних пожеж // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2012. – (6). – С. 257-263.
6. Шпаківська І.М. Водорозчинний вуглець у ґрунтах наземних екосистем Сколівських Бескидів (Українські Карпати) // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. – 2008. – Вип. 48. – С. 89-96.
7. Albalasmeh, A.A., Berhe, A.A., & Ghezzehei, T.A. (2013). A new method for rapid determination of carbohydrate and total carbon concentrations using UV spectrophotometry. *Carbohydrate polymers*, 97(2), 253-261.
8. Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J.K., Rebers, P.T., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356.
9. Ghani, A., Dexter, M., & Perrott, K.W. (2003). Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil biology and biochemistry*, 35(9), 1231-1243.
10. Hagedorn, F., Saurer, M., & Blaser, P. (2004). A ¹³C tracer study to identify the origin of dissolved organic carbon in forested mineral soils. *European Journal of Soil Science*, 55(1), 91-100.
11. Hamkalo, Z., & Bedernichek, T. (2014). Total, cold and hot water extractable organic carbon in soil profile: impact of land-use change. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101(2), 125-132.
12. Nielsen, S.S. (2010). Phenol-sulfuric acid method for total carbohydrates. In *Food Analysis Laboratory Manual* (pp. 47-53). Springer, Boston, MA.
13. Piotrowicz-Cieslak, A.I., Gielwanowska, I., Bochenek, A., Loro, P., & Górecki, R.J. (2005). Carbohydrates in *Colobanthus quitensis* and *Deschampsia Antarctica*. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 74(3).
14. Roser, D.J., Seppelt, R.D., & Nordstrom, O. (1994). Soluble carbohydrate and organic acid content of soils and associated microbiota from the Windmill Islands, Budd Coast, Antarctica. *Antarctic science*, 6(1), 53-59.

¹ Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України, Київ
bedernichek@nas.gov.ua

² Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Львівська обл., с. Оброшине
tetyana.partyka@gmail.com

Бедерничек Т.Ю., Партика Т.В.

Содержание водорастворимых углеводов как индикатор качества криогенных почв

Содержание водорастворимого органического вещества в почве является важным индикатором её качества и влияет на физические, химические и биологические свойства почвы. Этот показатель широко применяют для оценки и параметризации большинства зональных почв. Однако в отдельных случаях темпы образования водорастворимых органических соединений могут значительно превышать скорость их деструкции.

При таких условиях целесообразно проводить количественную оценку не только фракции водорастворимого органического вещества в целом, но и определять ее качественный состав. Прежде всего, это касается выделения самого доступного для агентов минерализации компонента – водорастворимых углеводов. В работе осуществлена оценка содержания водорастворимых углеводов и водорастворимого органического вещества в почвах Прибрежной Антарктики под разными эдификаторами. Установлено, что водорастворимые углеводы могут составлять до 50% от всех водорастворимых органических соединений в почве. Обоснована целесообразность дальнейших исследований, направленных на оценку и параметризацию почв Прибрежной Антарктики по этим показателям для выяснения их уязвимости к глобальным климатическим изменениям.

Ключевые слова: водорастворимые углеводы, криогенные почвы, Прибрежная Антарктика, глобальные изменения климата, ЭХВОБ.

Bedernichek T., Partyka T.

Content of water-soluble carbohydrates as a quality indicator of cryogenic soils

The content of water-soluble organic matter in the soil is an important indicator of its quality and affects physical, chemical and biological properties of soil. This indicator is widely used for assessment of most zonal soils. However, in some cases, accumulation rates of water-soluble organic compounds in soil may significantly exceed the rate of their destruction.

If so, it is more important to quantify not only the fraction of water-soluble organic matter as a whole but also to determine its composition. In this context, it is important to determine the content of the most labile and available for microorganisms compound – water-soluble carbohydrates. In this paper, the content of water-soluble carbohydrates and water-soluble organic matter in soils of Coastal Antarctica was estimated. Soils under three different plant communities were studied. We found that water-soluble organic matter of studied soils may contain up to 50% of carbohydrates. Hence, further research is needed to study other soils of Coastal Antarctica to determine their vulnerability to global climate change.

Keywords: water-soluble carbohydrates, cryogenic soils, Coastal Antarctica, global climate change, CWEOM.