

**ОСОБЛИВОСТІ СОРБЦІЇ ТА ДЕСОРБЦІЇ  $\text{NO}_3^-$   
БІОЧАРАМИ**

**Герц А. І., Хоменчук В. О., Конончук О. Б., Марків В. С.,  
Горин О. І., Вальчук Ю. М.**

Тернопільський національний педагогічний університет  
імені Володимира Гнатюка

E-mail: [herts@chem-bio.com.ua](mailto:herts@chem-bio.com.ua)

Нітроген є однією з найважливіших поживних речовин для рослин, а тому азотні добрива активно використовується в сільськогосподарських системах. Внесення надмірної кількості азотних сполук призводить до послаблення здатності ґрунту забезпечувати іншими поживними речовинами рослини, порушення балансу азоту в ґрунті та до вилуговування нітрогенвмісних речовин, що призводить до евтрофікації поверхневих вод. Загальновідомо, що вимивання азоту з ґрунту значною мірою домінує на рівні  $\text{NO}_3^-$ , так як  $\text{NH}_4^+$  в основному зв'язаний з ґрунтовими колоїдами до яких має високу спорідненість [1].

Для зменшення вилуговування нітрогенвмісних сполук з ґрунту дієвим методом вважається іммобілізація  $\text{NO}_3^-$  з використанням біочарів (біовугілля). Ці адсорбенти є перспективними матеріалами для уповільнення вивільнення та зменшення вимивання нітратного азоту [3].

Біочар, твердий продукт піролізу та карбонізації в анаеробному середовищі органічних відходів, у тому числі і сільського господарства, який має пористу структуру, велику питому поверхню, значну кількість функціональних груп та обмінних катіонів, що обумовлює його високу адсорбційну здатність [5].

Так як температура і технологічний процес піролізу, склад і властивості вихідних матеріалів впливають на структуру і фізико-хімічні властивості біовугілля, його практичне використання вимагає додаткових досліджень сорбційних властивостей [2].

Тому в роботі було здійснено порівняльну характеристику сорбції іонів  $\text{NO}_3^-$  двома біочарами – Ideale (IDL) та Intermarcom

## *Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища*

---

(INT). За даними виробників, сировиною для отримання біочару IDL були трав'янисті рослинні залишки, для виробництва INT використовували відходи деревини.

Для дослідження особливостей сорбції-десорбції біочарами нітратного азоту готували стандартні розчини  $\text{NO}_3^-$  з використанням  $\text{KNO}_3$ . В експерименті 1 г біовугілля поміщали в колби об'ємом 100 мл і додавали 20 мл розчинів, що містили різні початкові концентрації іонів  $\text{NO}_3^-$  (0, 62, 310, 620  $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$ ). Початковий *pH* змішаних розчинів становив 7,8-8,0, температура середовища поглинання на час проведення модельного дослідження становила 25 °С. Щоб запобігти випаровуванню води, колби закривали поліетиленовою плівкою. Після процесу адсорбції *pH* розчинів становив 8,1-8,3. Протягом експерименту на 1, 3, 7 та 14 добу у надосадах суспензій з використанням іонселективного електроду вимірювали концентрації іонів  $\text{NO}_3^-$ . Для цього зразки попередньо очищали через паперовий беззольний фільтр (розмір пор 7-20 мкм). Кількість сорбованого біочарами нітратного азоту визначали як різницю між внесеною та залишковою концентрацією іонів.

Аналіз десорбційних характеристик біочарів (нульова початкова концентрація іонів  $\text{NO}_3^-$  у середовищі інкубації) показав, що за контакту з добривом INT кількість  $\text{NO}_3^-$  зростала з 2,9 до 8,0  $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$  за час 1-3 доби, після чого (7-14 діб) концентрація нітрат іонів практично не змінювалася. В експериментах з біочаром IDL нітрат іони не вивільнялися.

За невисоких концентрацій  $\text{NO}_3^-$  у середовищі (62  $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$ ), при взаємодії з обома досліджуваними біочарами за першу добу інкубації та 1-3 добу з IDL, переважали процеси десорбції. При зростанні часу контакту до 3, 7 та 14 діб мала місце адсорбція  $\text{NO}_3^-$  біочаром INT, тоді як IDL адсорбував нітратний азот лише на 7-14 добу. Кількість сорбованого  $\text{NO}_3^-$  зростала з часом, а поглинальна здатність INT була вищою, ніж IDL. Проте необхідно зазначити, що ємність поглинання INT в період 7-14 діб не змінювалася та становила близько 1,05  $\text{мг}\cdot\text{г}^{-1}$ . Відсоток зв'язаного  $\text{NO}_3^-$  на 7 та 14 добу для IDL становив 42,6 % і 63,4 %, а для INT 86,4 % та 84,0 % відповідно.

Початкові концентрації іонів у середовищі інкубації суттєво впливають на поглинальну ємність біовугілля. Як

## *Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища*

---

правило, поглинальна здатність біочару спочатку лінійно зростає, а згодом поступово стабілізується внаслідок насичення сайтів зв'язування [4]. Зростання концентрації у середовищі  $\text{NO}_3^-$  до  $310 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$  призводило в цілому до збільшення поглинальної здатності іонів  $\text{NO}_3^-$  обома біочарами особливо на 7-14 добу. Потрібно зауважити, що як і у випадку попередньої досліджуваної концентрацій ( $62 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ ) за час контакту у 24 год переважали десорбційні процеси у системі біочар-інкубаційне середовище та спостерігалось зростання кількості нітратного азоту у фільтратах як IDL, так і INT. У динаміці поглинання  $\text{NO}_3^-$  біочарами IDL та INT було виявлені суттєві відмінності. Так, адсорбція  $\text{NO}_3^-$  біочаром INT була вищою та становила на 3, 7 та 14 добу 0,94, 2,83 та  $5,31 \text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$  відповідно, тоді як для IDL поглинальна здатність відмічалася лише на 7 та 14 добу і була 0,44 та  $1,18 \text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$ . Значно вищою для біочару INT порівняно з IDL була частка зв'язаного  $\text{NO}_3^-$ . За час взаємодії у 7 та 14 діб вона становила 45,7 % і 85,7 % для INT, проти 7,1 % та 19,1 % від загального для IDL.

У третій серії експериментів, коли концентрація  $\text{NO}_3^-$  в середовищі інкубації становила  $620 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ , у досліджуваному часовому діапазоні переважали процеси поглинання вказаних іонів обома біочарами. Лише в першу добу за контакту розчину з добривами концентрація  $\text{NO}_3^-$  у фільтраті не змінювалася. Поглинальна здатність  $\text{NO}_3^-$  біочаром INT, як і в попередніх випадках була вищою – 1,06, 6,73 та  $7,82 \text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$  на 3, 7 та 14 добу відповідно, тоді як IDL сорбував  $\text{NO}_3^-$  лише за часу контакту 7 та 14 діб – 0,71 та  $1,36 \text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$ . Частка зв'язаного  $\text{NO}_3^-$  біочаром IDL за часу контакту 7 та 14 діб становила лише 5,0 %, 7,0 % та 10,6 %, а для INT – 54,3 % та 63,1 % відповідно до загальної кількості.

Отже, у загальному можна зазначити, що біочар Intermarcom набагато ефективніше зв'яже  $\text{NO}_3^-$  порівняно з Ideale. Під час його використання необхідно враховувати вміст нітратів у ґрунтах, адже за їх високих концентрацій Intermarcom може бути ефективний для сповільнення їх вивільнення та запобігання вимивання, а за низьких – може зв'язувати (імобілізувати) та цим самим зменшувати його доступність для рослин.

**Охорона, моделювання та прогнозування стану  
навколишнього середовища**

---

Список літератури

1. Bееckman F., Motte H., Bееckman T. Nitrification in agricultural soils: Impact, actors and mitigation. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2018. Vol. 50. P.166–173. URL: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2018.01.014> (Last accessed: 25.02.2024).
2. Dhyani V., Bhaskar T. A comprehensive review on the pyrolysis of lignocellulosic biomass. *Renew. Energy.* 2018. Vol. 129, Part B. P. 695–716. URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.04.035> (Last accessed: 27.02.2024).
3. Gao Y., Fang Z., Van Zwieten L., Bolan N., Dong D., Quin B.F., Meng J., Li F., Wu F., Wang H. A critical review of biochar-based nitrogen fertilizers and their effects on crop production and the environment. *Biochar.* 2022. Vol. 4: 36. 19 p. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s42773-022-00160-3> (Last accessed: 02.03.2024).
4. He Z., Chao W., Hongxia C., Jiaping L., Shuyao P., Zhijun L. Nitrate Absorption and Desorption by Biochar. *Agronomy.* 2023. Vol. 13, № 9: 2440. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy13092440> (Last accessed: 25.02.2024).
5. Yaashikaa P. R., Kumar P.S., Varjani S., Saravanan A. A critical review on the biochar production techniques, characterization, stability and applications for circular bioeconomy. *Biotechnol Rep.* 2020. Vol. 28: e00570. URL: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00570> (Last accessed: 25.02.2024).

УДК [504.73:574.68](282.247.314)

**ОЦІНКА ВІДНОВЛЕННЯ ПЛАВНЕВОЇ РОСЛИННОСТІ  
НИЖНОЇ ДНІСТРОВСЬКОГО НПП ПІСЛЯ ПОЖЕЖ ЗА  
ДАНИМИ ДЗЗ**

**Дворецький Т. В.**

Інститут Гідробіології НАН України

E-mail: d.taras.v@gmail.com