

## ОСОБЛИВОСТІ СТІЙКОСТІ МОХІВ ДО ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ НА ДЕВАСТОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ ВИДОБУТКУ СІРКИ

НАДІЯ АНДРІЇВНА КІТ

Кіт Н. А. Особливості стійкості мохів до водного дефіциту на девастованих територіях видобутку сірки // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. – 2012. – Том 3(10), № 1. – С. 191-198. – ISSN 2220-3087.

Проаналізована структура дернинок мохів *Bryum caespiticium* Hedw. і *Barbula unguiculata* Hedw. на девастованих територіях видобутку сірки як важливий показник водоутримувальної здатності та стійкості рослин до висушування. Проведений морфометричний аналіз висоти пагонів і розмірів листків цих видів мохів із екологічно відмінних місцевиростань. Виявлена зміна морфометричних параметрів мохів різної життєвої форми залежно від мікроумов та її адаптивне значення.

**Ключові слова:** водний дефіцит, щільність пагонів, життєва форма, *Bryum caespiticium*, *Barbula unguiculata*

Мохоподібні, особливостями водного режиму яких є пойкилогідричність і високий уміст поверхневої води, на відміну від гомойогідричних рослин, відзначаються високою цитоплазматичною стійкістю як до тривалого водного стресу, так і висушування (Proctor, Tuba, 2002). Завдяки простоті будови, мохи виробили ефективну систему регуляції вмісту води: унікальну поглинальну й водоутримувальну здатність і можливість до швидкої регідратації. Відсутність продихів і лігнінової кутикули в бріофітів призводить до вільного обміну через клітинні стінки водою, речовинами й газами (Chapin, Shaver, 1985; Turetsky, 2003).

Мохи поглинають воду всією поверхнею пагонів і, через відсутність коренів, легко віддають її під час висушування. За високої поглинальної здатності мохи запасують воду в десятки й сотні разів більше їхньої власної маси (Glime, 2006). Вони витривалі й не гинуть навіть в умовах водного дефіциту, зберігаючи здатність до регідратації й нормального функціонування після припинення дії стресу (Шпак, 2007). Життєва форма й габітус мохів тісно пов'язані з їхнім водним режимом (Вильде, 1990; Proctor, 1982). Передумовою розвитку мохів є забезпеченість водою. Оскільки її джерела – опади, туман і роса – нерегулярні, вони володіють різноманітними механізмами толерантності до висушування.

Метою роботи було дослідити вплив водного дефіциту на формування дернинок двох видів мохів з різними життєвими формами – *Bryum caespiticium* Hedw. та *Barbula unguicula* Hedw. на техногенно порушених субстратах Язівського сірчаного родовища (Новояворівське державне гірничо-хімічне підприємство “Сірка”, Львівська обл.).

## Матеріали та методика досліджень

Під час видобутку сірки на території Новояворівського гірничо-хімічного підприємства “Сірка” були сформовані три зовнішні породні відвали загальною площею 0,9 км<sup>2</sup>. Найбільший за площею відвал № 1 був територією наших досліджень. Відвал утворений відвалоутворювачем роторного комплексу протягом 1970-1989 рр., висота його досягає 30 м. Основні породи відвалу – третинні мергелісті глини з домішками четвертинних порід, для нього характерний складний рельєф із великою кількістю замкнених котловин, що заповнюються дощовою водою. На дослідних ділянках найчастіше трапляються такі види судинних рослин: *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Tussilago farfara* L., *Daucus carota* L., *Medicago lupulina* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *C. vulgare* (L.) Scop., *Taraxacum officinale* (L.) Weber, *Trifolium pratense* L., *Equisetum arvense* L., *Vicia tenuifolia* Roth.

Об'єктами досліджень були домінантні види мохів *Bryum caespiticium* і *Barbula unguiculata*, зібрані на відвалі № 1 Язівського сірчаного родовища державного гірничо-хімічного підприємства “Сірка”. Досліджені види утворюють низькі дернинки з різною структурою і щільністю пагонів: *Bryum caespiticium* – щільну дернинку, а *Barbula unguiculata* – пухку дернинку. У *Bryum caespiticium* дернинки щільні, жовто-зеленого кольору. Стебло 1-1,8 см заввишки, густо улишене, листки 1,5-2,4 мм завдовжки, яйцевидно-ланцетні. Двodomний, космополітний вид, який широко розповсюджений на техногенно порушених субстратах. Росте на каміннях, на ґрунті, у сухих і вологих місцях. Дернинки в *Barbula unguicula* пухкі, зелені або ледь коричневі. Стебло до 1 см заввишки, листки до 2,5 мм завдовжки, видовжено-ланцетні, жилка сильна, яка виступає з верхівки листка. Двodomний. Росте на ґрунтових відслоненнях, як правило, на глинистих, але, нерідко, і піщаних, на відкритих місцях, на схилах.

Для відбору зразків на відвалі № 1 закладено шість постійних трансект – по три на північному й південному схилах (основа, середина, вершина) з найбільшим проективним покриттям мохоподібних. На вершині південного схилу відвалу, порівняно з основою, відзначені менш сприятливі умови для росту та розвитку мохів: висока інсоляція та низька вологість техно-субстрату.

У 50 відібраних з дослідних ділянок рослин (основа й вершина північного й південного схилів) вимірювали висоту пагонів, їх улишення та довжину й ширину листової пластинки. Морфометричний аналіз рослин проводили на моторизованому мікроскопі Axio Imager M1 (Carl Zeiss) з використанням стандартного програмного забезпечення. Щільність пагонів визначали за загальноприйнятими методиками.

Визначення вмісту гігроскопічної вологи проводили за методикою Є. В. Аринушкіної (Аринушкіна, 1970). Аналізували вологість мохових дернинок, субстрату під моховим покривом та відкритого субстрату залежно від місцевиростання на схилах відвалу.

Для визначення біомаси та проективного покриття зразки мохів відбирали на дослідних ділянках протягом року: навесні, улітку й восени. Біомасу бріофітного покриву визначали за методикою Б. Ван Торена зі співавторами (van Toogen et al., 1990). Для визначення біомаси з кожної ділянки відбирали 20 зразків мохів однакової площі. Бріофіти, включаючи відмерлу частину, відокремлювали від часток ґрунту й промивали водою. Сушу вагу зразка визначали після висушування протягом 48 годин за температури 70 °С. Проективне покриття мохоподібних аналізували за модифікованим методом Н. Корневої (Улычна, Гапон, Кулык, 1986).

Отримані результати опрацьовували методами статистичного аналізу (Лакин, 1990).

### Результати досліджень та їх обговорення

Здатність мохоподібних підтримувати оптимальну вологість дернинок є видоспецифічною ознакою бріофітів, яка значною мірою визначається їхньою життєвою формою. У зв'язку з цим проведено дослідження впливу дефіциту вологи на морфометричні параметри двох видів мохів з відмінними формами росту: *Bryum caespitium* та *Barbula unguiculata*. На відвалі Язівського сірчаного родовища в місцях з різним водозабезпеченням найбільшу кількість біомаси формують два домінуючі види *Bryum caespitium* і *Barbula unguiculata*. Улітку біомаса збільшувалася на північному схилі відвалу (середнє значення 478,5 г/м<sup>2</sup>), порівняно з південним (206,2 г/м<sup>2</sup>), однак показники біомаси зросли восени на північному схилі в середньому в 1,5 разів, тоді як на південному – у 2,8 рази. Навесні маса мохоподібних зменшилася на всій території відвалу, за винятком середини південного схилу. Імовірно, режим зволоження на відвалі є значно стабільнішим восени, ніж улітку та навесні, що й сприяло утворенню більшої біомаси мохів.

Вплив бріофітного покриву на вологість поверхневих шарів субстрату був найістотнішим улітку, за умов високої інсоляції та температури. Встановлено, що вологість мохових дернинок була найвищою на вершині та посередині північного схилу, для яких відзначені найвищі показники біомаси та загального проективного покриття бріофітів. Це свідчить про те, що мікроумови цих місцевиростань є оптимальнішими для росту й розвитку більшості видів мохоподібних. Значний вплив бріофітів на вологість поверхневих шарів субстрату відзначали в основі та на вершині північного схилу (вологість під моховою дернинкою на 12,1% та 16,4% вища, ніж відкритого субстрату) (табл. 1).

Встановлено, що на вершині відвалу вологість відкритого субстрату становила 8,0% і була у 3,6 разів нижчою, порівняно з основою. Вологість мохових дернинок *Bryum caespitium* і *Barbula unguicula* залежала від експозиції південного чи північного схилу й була вищою на північному схилі відвалу. Вологість у пагонах *Bryum caespitium* і в субстраті під мохом була більшою на вершині схилу у 2,6 й 1,9 рази, відповідно, порівняно з відкритим субстратом. Для *Barbula unguicula* вологість була меншою й перевищувала вологість

відкритого субстрату в 1,9 та 1,4 рази, відповідно. За літературними даними (Хоркавців, Лобачевська, 2011) мохи, які утворювали щільні дернини, містили значно більше води (50-60%) у рослинах та субстраті під мохом, ніж пухкі дернинки чи пухкі килимки мохів (35-45%). Вологість субстрату під дернинками обох видів була вищою, ніж відкритого субстрату, незалежно від експозиції та положення на схилі відвалу.

Таблиця 1.

### Вплив бріофітного покриву на вологість субстратів сірчаного відвалу

| Експозиція |          | Вологість, %   |                    |                    | Біомаса, г | Проективне покриття, % |
|------------|----------|----------------|--------------------|--------------------|------------|------------------------|
|            |          | Мохова дернина | Субстрат під мохом | Відкритий субстрат |            |                        |
| Пн. схил   | Основа   | 41,3±2,5       | 41,5±1,8           | 29,4±2,8           | 3,6±0,38   | 26,88±2,52             |
|            | Середина | 49,5±4,5       | 28,9±1,3           | 26,1±1,4           | 5,37±0,74  | 78,88±4,10             |
|            | Вершина  | 49,2±2,1       | 37,2±1,6           | 20,8±2,2           | 5,28±0,52  | 62,85±4,49             |
| Пд. схил   | Основа   | 39,4±4,8       | 28,9±2,3           | 19,5±3,5           | 2,77±0,3   | 46,77±4,55             |
|            | Середина | 33,9±2,2       | 26,3±0,9           | 20,5±1,4           | 3,66±0,26  | 51,21±6,56             |
|            | Вершина  | 15,9±3,1       | 7,97±1,0           | 4,18±0,4           | 2,61±0,37  | 25,26±4,02             |

Збереження вологи в моховому покриві залежить від кількості води в капілярах між пагонами в дернинці, якій характерні певні структура та щільність. Щільність дернинок мохів є важливим індикатором їхнього життєвого стану й визначається, головним чином, видовою специфічністю мохів, едафічним фоном, екологічними умовами росту – рівнем освітленості, температури й вологості (Гончарова, 2005). Для обох видів, незалежно від експозиції на схилі відвалу, виявлене збільшення кількості пагонів на одиницю площі на вершині, порівняно з основою (табл. 2).

Для *Barbula unguicula* цей показник був в 1,6 разів вищим, ніж для *Bryum caespiticium* в усіх місцевиростаннях. Це пов'язане, очевидно, з тим, що пагоони *Barbula unguicula* порівняно дрібніші, що сприяє їх швидкому зневодненню, яке може зменшуватися завдяки формуванню щільніших дернинок. Збільшення щільності дернинок *Bryum caespiticium* і *Barbula unguicula* внаслідок збільшення кількості пагонів на одиницю площі призводить до підвищення вологості рослин в умовах водного дефіциту на вершині південного схилу відвалу.

Зі зниженням ступеня зволоженості субстрату від основи до вершини відвалу щільність пагонів зростала за одночасного зменшення індивідуальних параметрів стебел і листків. Встановлено, що *Barbula unguicula* та *Bryum caespiticium* з вершини й основи відвалу видобутку сірки розрізнялися за розмірами листків, висотою гаметофорів та їх улисненням.

Розміри пагонів у *Bryum caespiticium* були меншими на вершині схилу, порівняно з основою, в 1,4 разів, у *Barbula unguicula* – 1,3 рази. Отримані результати узгоджуються з даними І. А. Гончарової (Гончарова, 2005) на дернинках сфагнових мохів, стійкість і стабільне функціонування яких визначається щільністю пагонів, їхньою довжиною та розмірами листків. Відзначена незначна мінливість розмірів пагонів у межах дернинки. На відміну від дернини одного місцевиростання, розміри пагонів одного й того ж виду з різних місцевиростань проявляли істотну мінливість.

Таблиця 2.

**Морфометричні параметри мохів *Barbula unguiculata* Hedw. і *Bryum caespiticium* Hedw. на девастованих територіях Язівського сірчаного родовища залежно від місцевиростання на схилі відвалу**

| Місце<br>росту                   | Розміри листків, мм |           | Висота<br>пагонів,<br>см | Улиснення<br>пагонів,<br>лист./паг. | Щільність<br>пагонів,<br>паг./см <sup>2</sup> |
|----------------------------------|---------------------|-----------|--------------------------|-------------------------------------|---|
|                                  | Довжина             | Ширина    |                          |                                     |   |
| <i>Barbula unguiculata</i> Hedw. |                     |           |                          |                                     |   |
| Вершина<br>схилу                 | 1,62±0,16           | 0,35±0,02 | 0,64±0,05                | 38,6±3,1                            | 79,6±6,8                                      |
| Основа<br>схилу                  | 1,96±0,20           | 0,48±0,03 | 0,86±0,09                | 27,5±2,9                            | 49,8±4,7                                      |
| <i>Bryum caespiticium</i> Hedw.  |                     |           |                          |                                     |   |
| Вершина<br>схилу                 | 1,67±0,2            | 0,88±0,09 | 0,95±0,09                | 40,2±0,5                            | 50,7±4,3                                      |
| Основа<br>схилу                  | 1,84±0,2            | 0,70±0,06 | 1,33±0,02                | 30,9±0,3                            | 31,2±1,9                                      |

Показники улиснення пагонів змінювалися залежно від експозиції й місцезнаходження моху на схилі відвалу. Значні відмінності кількості листків на пагоні виявлені в дернинках з вершини відвалу: для *Barbula unguicula* ці показники були в 1,4 рази, а для *Bryum caespiticium* – у 1,3 рази більшими, порівняно з основою. Такі зміни, мабуть, пов'язані з несприятливими мікрокліматичними умовами на вершині й сприяють утри-

манню вологи всередині дернинки, зокрема в умовах дефіциту вологи.

Виявлені відмінності розмірів листків *Barbula unguicula* та *Bryum caespiticium* залежно від місцевиростання на схилі відвалу (табл. 2). Спостерегалася тенденція до зменшення розмірів листової пластинки, зокрема до її звуження, особливо в *Barbula unguicula*, на вершині схилу, порівняно з основою. Очевидно, у несприятливих мікрокліматичних умовах на вершині схилу в *Barbula unguicula* та *Bryum caespiticium* проявляються ознаки ксероморфності: мохи формували невисокі щільні дернинки з меншими листками на пагонах, що забезпечувало зменшення випаровування вологи. Однак за морфометричними показниками щільні дернинки *Bryum caespiticium* виявилися стійкішими до дефіциту вологи, зокрема в екстремальних умовах вершини південного схилу відвалу.

### Висновки

Фенотипна мінливість (зменшення висоти пагонів, розмірів листової пластинки, збільшення улиснення та щільності) дернин *Bryum caespiticium* і *Barbula unguicula* на вершині відвалу сірчаного видобутку є проявом адаптації до водного дефіциту. Отже, структура дернинки мохів є важливою для збереження вологи й залежить від умов місцевиростання на відвалі.

Отримані результати дають можливість стверджувати, що бріофітний покрив відіграє значну роль в оптимізації режиму зволоження поверхневих шарів техногенних субстратів і, таким чином, покращує умови місцевиростання рослин.

- 
- АРИНУШКИНА Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
- ВИЛЬДЕ Р. О. Распространение жизненных форм мхов в зависимости от условий местообитания // Новости систематики низших растений. – Л.: Наука, 1990. – Т. 27. – С. 128-140.
- ГОНЧАРОВА И. А. К вопросу о структуре дерновины и продуктивности сфагновых мхов на олиготрофных болотах // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 1. – С. 131-134.
- ЛАКИН Г. Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд. – М.: Высш. школа, 1990. – 352 с.
- УЛЫЧНА К. О., ГАПОН С. В., КУЛЫК Т. Г. К методике изучения эпифитных моховых обрастаний // Проблемы бриологии в СССР. – Л.: Наука, 1986. – С. 201-206.
- ХОРКАВЦІВ Я. Д., ЛОБАЧЕВСЬКА О. В. Регуляція толерантності мохів до водного дефіциту / Регуляція росту і розвитку рослин: фізіолого-біохімічні та генетичні аспекти: матеріали 2-ої міжнародної конференції (м. Харків, 11-13 жовтня 2011 р.) – Харків, 2011. – С. 128-129.
- ШПАК О. В. Характеристика оводненности листьев некоторых мхов в Хибинах (Мурманская область) // Современная физиология растений: от молекул до экосистем: Матер. VI съезда ОФР. (Сыктывкар, 18-24 июня 2007 г.) – Сыктывкар, 2007. – Ч. 3. – С. 131-132.

- CHAPIN F. S., SHAVER G. R. Individualistic growth response of tundra plant species to environmental manipulations in the field // Ecology. – 1985. – Vol. 66. – P. 564-576.
- GLIME G. M. Bryophyte ecology // 2006. <http://www.bryoecol.mtu.edu>
- PROCTOR M. C. F. Physiological Ecology: Water Relations, Light and Temperature Responses, Carbon Balance // Bryophyte Ecology / A. J. E. Smith (Eds) Chapman and Hall, New York, 1982. – P. 333-381
- PROCTOR M. C. F., TUBA Z. Poikilohidry and homoiohydry: antithesis or spectrum of possibilities New Phytologist. – 2002. – Vol. 156. – P. 327-349.
- TOOREN B. F. VAN, ODE B., DURING H. J., BOBBINK R. Regeneration of species richness in the bryophyte layer of Dutch chalk grasslands // Lindbergia. – 1990. – Vol. 16. – P. 153-160.
- TURETSKY M. R. The Role of Bryophytes in Carbon and Nitrogen Cycling // The Bryologist. – 2003. – Vol. 106, № 3. – P. 395-409.

### ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ МХОВ К ВОДНОМУ ДЕФИЦИТУ НА ДЕВАСТИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ДОБЫЧИ СЕРЫ

Н. А. КИТ

Проанализирована структура дерновинок мохов *Bryum caespiticium* Hedw. и *Barbula unguiculata* Hedw. на девастированных территориях добычи серы, как важных показателей водоудерживающей способности и устойчивости растений к высушиванию. Проведен морфометрический анализ высоты стеблей и размеров листьев этих видов мохов из экологически различных местопроизрастаний. Установлены изменения морфометрических параметров мохов разных жизненных форм в зависимости от микроусловий и их адаптивное значение.

**Ключевые слова:** водный дефицит, густота побегов, жизненная форма, *Bryum caespiticium*, *Barbula unguiculata*

### PECULIARITIES OF MOSSES RESISTANCE TO THE WATER DEFICIT IN DEVASTATED TERRITORIES OF SULPHUR MINING

N. A. KIT

Turf structure of the mosses *Bryum caespiticium* Hedw. and *Barbula unguiculata* Hedw. in devastated territories of sulphur mining, as an important index of water rehydration ability and plant resistance to desiccation was analyzed. The morphometric analysis of stem height and size of leaves of these bryophyte species from ecologically different places of growth was conducted. The changes of morphometric parameters of the bryophytes with different life forms depending on microconditions and their adaptive significance were established.

**Key words:** water deficit, turf density of the mosses, life form, *Bryum caespiticium*, *Barbula unguiculata*

Надійшла 08.02.2012  
Прийнята до друку 29.05.2012

КІТ Н. А. Інститут екології Карпат НАН України, вул. Стефаника, 11, Львів, 79000; Україна; e-mail: morphogenesis@mail.lviv.ua

KIT N. A. Institute of Ecology of the Carpathians NAS of Ukraine, 11 Stefanyk St, Lviv, 79000, Ukraine; e-mail: morphogenesis@mail.lviv.ua