

УДК 582.32.575.17

Н.Я. КИЯК, О.Л. БАЇК

Інститут екології Карпат НАН України  
вул. Козельницька, 4, Львів 79026

## **ЕКОЛОГО-ФІЗІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОМІНУЮЧИХ ВИДІВ МОХІВ НА ТЕРИТОРІЯХ СІРЧАНОВОГО ВИДОБУТКУ**

Лосліджували особливості фотосинтетичної системи домінуючих видів мохів на території відвалу ГХП “Сірка”. Показано, що склад пігментного апарату і інтенсивність фотосинтезу мохів залежить як від життєвої форми виду, так і від конкретних екологічних умов на схилах відвалу.

*Ключові слова:* мохи, девастровані території, фотосинтетичні пігменти, інтенсивність фотосинтезу

Одночасно з механічним і хімічним порушенням природних екосистем, у процесі видобування сірки відкритим способом на території Яворівського державного гірничо-хімічного підприємства (ДГХП) “Сірка” виносяться на поверхню і складуються у відвалах гірські породи, що значно відрізняються від початкових субстратів за своїми хімічними та фізичними властивостями [2–4]. Мохоподібні є важливим компонентом таких антропогенно змінених екосистем, оскільки тут вони є піонерами заростання техногенних територій [9]. Однак, їх роль у процесах утворення і накопичення органічної речовини, в заселенні новоутворених субстратів досліджена недостатньо.

Вивчення особливостей вмісту фотосинтетичних пігментів та інтенсивності фотосинтезу мохів на території відвалу №1 Яворівського родовища сірки дозволить встановити їх роль у продукційному процесі рослинного покриву на техногенних субстратах сірчаного виробництва.

### **Матеріал і методи досліджень**

На території відвалу №1 ДГХП “Сірка” для досліджень були відібрані 4 види мохів, які домінують в цих умовах: *Barbula unguiculata* Hedw., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Brachytecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber et D. Mohr) Schimp. Зразки мохів відбирали для аналізу на дослідних трансектах (по три трансекти на північному і південному схилах відвалу – основа, схил, вершина) влітку 2010 року. У свіжозібраному рослинному матеріалі визначали вміст фотосинтетичних пігментів за методом Д. Арнона [8] та інтенсивність фотосинтезу методом спалювання рослинного матеріалу у хромовій суміші [5]. Усі досліди проводили у 3-кратній повторності. Отримані дані опрацьовували методами статистичного аналізу [7].

### **Результати досліджень та їх обговорення**

Фотосинтез завжди має певні риси пристосованості до складного комплексу екологічних факторів та умов, в яких цей процес відбувається. Це проявляється, насамперед, в особливостях пігментного апарату, в його кількісному та якісному складі.

У наших дослідах вміст хлорофілів ( $a+b$ ) в листках досліджуваних видів мохів був у діапазоні 1,89–0,40 мг/г сухої маси, каротиноїдів – 0,83–0,20 мг/г сухої маси. Для видів *B. caespiticium* та *B. argenteum* встановлено найбільшу кількість зелених (1,9–1,2 мг/г с.м.) та жовтих пігментів (0,8–0,7 мг/г с.м.) (табл. 1), що обумовлено досить високою оводненістю листків (70–60%) порівняно з іншими досліджуваними видами. Можливо, це пов’язано з специфікою життєвої форми цих видів, оскільки вони утворюють щільну дернину, яка добре утримує вологу. Значні відмінності у вмісті фотосинтетичних пігментів встановлено залежно від експозиції та місцезнаходження на схилі відвалу. Максимум вмісту хлорофілів виявлено у зразках з північного схилу, що може бути зумовлене кращими умовами водозабезпечення рослин на цій частині відвалу (вологість субстрату на північному схилі – 26,4±3,2%, на південному – 14,7±2,4%). Крім того, спостерігається тенденція до зменшення кількості

## ЕКОЛОГІЯ

хлорофілів та каротиноїдів у *B. argenteum* та *B. caespiticium* від основи до вершини відвалу як на північному, так і на південному схилах. Так, у зразках *B. caespiticium*, зібраних на вершині відвалу, встановлено зниження вмісту хлорофілів майже на 30% порівняно з рослинами, які росли в основі відвалу. Тобто, при зростанні напруженості екологічних факторів на вершині відвалу (висока інсоляція, зниження вологості субстрату) відбувається суттєве зменшення вмісту фотосинтетичних пігментів.

У виду *B. unguiculata*, який найчастіше трапляється на відкритих місцевиростаннях з високою інтенсивністю світла, встановлено дещо нижчий рівень зелених пігментів (1,05–0,99 мг/г с.м.) та збільшений вміст каротиноїдів (1,2–0,5 мг/г с.м.) порівняно з двома попередніми видами.

Таблиця 1

Вміст фотосинтетичних пігментів у мохах відвалу №1

Місце збору зразків на території відвалу	Вміст фотосинтетичних пігментів (мг/г с. м.)					
	хл. <i>a</i>	хл. <i>b</i>	<i>a+b</i>	каротиноїди	X/K	хл. <i>a/b</i>
<b>Північний схил</b>						
<b><i>Bryum caespiticium</i></b>						
основа	0,96±0,06	0,62±0,03	1,58±0,10	0,41±0,02	3,8	1,6
схил	0,90±0,09	0,56±0,09	1,46±0,09	0,76±0,03	1,9	1,6
вершина	0,68±0,08	0,52±0,06	1,20±0,08	0,31±0,01	3,9	1,3
<b><i>Bryum argenteum</i></b>						
основа	0,68±0,03	0,53±0,02	1,21±0,09	0,52±0,02	2,3	1,3
схил	0,62±0,01	0,53±0,02	1,15±0,08	0,42±0,03	2,7	1,2
вершина	0,24±0,01	0,16±0,01	0,40±0,02	0,21±0,01	1,91	1,5
<b><i>Barbula unguiculata</i></b>						
основа	0,64±0,03	0,41±0,02	1,05±0,09	1,20±0,01	0,8	1,5
схил	0,59±0,02	0,40±0,01	0,99±0,03	1,10±0,03	0,9	1,5
вершина	0,39±0,01	0,24±0,02	0,64±0,02	0,73±0,01	0,8	1,6
<b><i>Brachytecium salebrosum</i></b>						
основа	–	–	–	–	–	–
схил	0,51±0,05	0,64±0,02	1,15±0,02	0,28±0,03	4,1	0,8
вершина	0,33±0,03	0,30±0,01	0,63±0,09	0,22±0,02	2,9	1,1
<b>Південний схил</b>						
<b><i>Bryum caespiticium</i></b>						
основа	0,69±0,03	0,54±0,03	1,23±0,09	0,43±0,03	2,9	1,3
схил	1,08±0,09	0,68±0,04	1,76±0,07	0,51±0,03	3,4	1,6
вершина	0,69±0,05	0,45±0,02	1,14±0,09	0,44±0,02	2,6	1,6
<b><i>Bryum argenteum</i></b>						
основа	1,21±0,09	0,68±0,03	1,89±0,1	0,83±0,05	2,3	1,8
схил	0,78±0,05	0,45±0,02	1,23±0,09	0,38±0,01	3,2	1,8
вершина	0,61±0,03	0,34±0,02	0,95±0,07	0,36±0,02	2,6	1,8
<b><i>Barbula unguiculata</i></b>						
основа	0,63±0,02	0,36±0,01	0,99±0,04	0,75±0,03	1,3	1,6
схил	0,58±0,03	0,42±0,03	1,0±0,08	0,59±0,05	1,6	1,3
вершина	0,47±0,01	0,27±0,01	0,74±0,03	0,52±0,002	1,4	1,7
<b><i>Brachytecium salebrosum</i></b>						
основа	0,51±0,03	0,50±0,04	1,1±0,09	0,21±0,01	5,3	1,0
схил	–	–	–	–	–	–
вершина	0,38±0,02	0,32±0,02	0,70±0,03	0,20±0,01	3,5	1,1

Співвідношення кількості хлорофілів до каротиноїдів (X/K) у цього виду знаходиться у межах 1,7–0,8. Для *B. argenteum* та *B. caespiticium* цей показник вищий і знаходиться у межах 4,0–2,0. У *B. salebrosum* співвідношення X/K є найвищим серед усіх досліджуваних видів мохів і досягає 5,0, що є характерним для рослин, які ростуть у затінених місцях. Необхідно відзначити, що для цього виду виявлено найменшу кількість фотосинтетичних пігментів (0,51–

0,33 мг/г с.м. зелених пігментів та 0,28–0,22 мг/г с.м. каротиноїдів). Для *B. salebrosum* також є характерним зниження кількості пігментів майже на 30% у зразків, зібраних на вершині, порівняно зі зразками, що росли в основі відвалу. Поряд із кількісними відмінностями, у цього виду встановлені і суттєві якісні зміни у складі зелених пігментів. *B. salebrosum* росте в затінених місцях на території відвалу, тому пристосованість до низької інтенсивності світлового потоку у цього виду досягається за рахунок зростання частки хлорофілу *b* в загальній сумі зелених пігментів асимілюючих органів. Взагалі, співвідношення хлорофілів *a/b* в пігментному комплексі листків усіх досліджуваних видів досить низьке (1,8–1,0), що є близьким для показників рослин тіньового типу [6]. Частка хлорофілу *a* в сумарній кількості зелених пігментів становить в середньому 65–58% і лише у зразків *B. salebrosum* цей показник зменшується до 50% за рахунок підвищення кількості хлорофілу *b*. Це може свідчити про пристосованість мохів до зміни інтенсивності світла, що дозволяє рослинам ефективно використовувати світло низьких інтенсивностей.

Аналіз інтенсивності фотосинтезу домінуючих видів мохів на території відвалу №1 показав залежність цього показника як від специфіки виду, так і від конкретних екологічних умов (табл. 2). Максимальну інтенсивність визначено у зразків *B. caespiticium* та *B. argenteum* (3,68–3,56 мг CO<sub>2</sub>/г с.м./год), які росли в основі відвалу. У *B. unguiculata* з цієї ділянки відвалу показник фотосинтетичної активності становив 3,04 мг CO<sub>2</sub>/г с.м./год і для *B. salebrosum* – 2,5 мг CO<sub>2</sub>/г с.м./год. Найнижчі показники асиміляції CO<sub>2</sub> визначені у зразках, відібраних з вершини відвалу (2,6–1,2 мг CO<sub>2</sub>/г с.м./год), тобто, спостерігається тенденція зниження рівня фотосинтезу від основи до вершини відвалу.

Таблиця 2

Інтенсивність фотосинтезу домінуючих видів мохів відвалу №1

Місце збору зразків на території відвалу	Інтенсивність фотосинтезу, мг CO <sub>2</sub> /г с. м./год	
	Північний схил	Південний схил
<b><i>Bryum caespiticium</i></b>		
основа	3,57±0,20	3,64±0,30
схил	2,54±0,10	2,44±0,20
вершина	2,06±0,10	1,58±0,09
<b><i>Bryum argenteum</i></b>		
основа	3,56±0,20	3,68±0,20
схил	2,56±0,10	3,23±0,20
вершина	2,29±0,10	2,61±0,10
<b><i>Barbula unguiculata</i></b>		
основа	3,04±0,20	3,41±0,20
схил	2,30±0,20	2,53±0,10
вершина	2,20±0,20	2,32±0,20
<b><i>Brachytecium salebrosum</i></b>		
основа	–	2,66±0,20
схил	2,53±0,10	–
вершина	2,08±0,20	2,01±0,10

Чітких закономірностей зміни величин фотосинтетичної активності залежно від експозиції на схилі не вдалося виявити. В цілому, для усіх досліджуваних видів встановлена пряма кореляція між інтенсивністю фотосинтезу та вмістом хлорофілів у листках мохів, оскільки максимальні величини асиміляції CO<sub>2</sub> визначені для видів, що мали максимум зелених пігментів – *B. caespiticium* та *B. argenteum*.

#### Висновки

Отже, на основі отриманих результатів про кількісний та якісний склад пігментів пластид в листках домінуючих видів мохів відвалу №1 можна зробити висновок, що рівень вмісту фотосинтетичних пігментів залежить як від місцезнаходження на схилі відвалу, так і від специфіки виду. Насамперед, важливе значення має життєва форма виду, оскільки найвищі

показники вмісту фотосинтетичних пігментів встановлені для видів, що формують коротку, щільну дернину (*B. caespiticium* і *B. argenteum*). Види з такою життєвою формою краще переносять несприятливі екологічні умови на схилах відвалу. Крім того, для виду *B. caespiticium* властиве утворення густої ризоїдальної повсті, яка теж сприяє утриманню вологи моховою дерниною.

Для усіх досліджуваних видів мохів встановлено зниження кількості фотосинтетичних пігментів у напрямку від основи до вершини відвалу, незалежно від північної чи південної експозиції. Очевидно, сильна інсоляція та нестабільний режим зволоження на вершині відвалу були основними причинами таких змін у фотосинтетичному апараті мохів. Порівняння середніх показників вмісту хлорофілів у листках досліджуваних видів мохів з аналогічними показниками інших життєвих форм показало їх подібність за пігментним складом з видами судинних вічнозелених життєвих форм (1,7–2,6 мг/г с.м.) [1].

Інтенсивність фотосинтезу мохів на території відвалу №1 також залежить від видових особливостей моху та від місцезнаходження на схилах відвалу, тобто, встановлені аналогічні тенденції, як й у випадку з фотосинтетичними пігментами. Найвищу інтенсивність фотосинтезу виявлено в зразках із максимальним вмістом фотосинтетичних пігментів.

*Робота виконана за фінансової підтримки Українського науково-технологічного центру (проект № 5032)*

1. Вознесенский В. Л. Об углекислотном газообмене растений / В. Л. Вознесенский // Физиология растений. – 1986. – Т. 33, № 2. – С. 305–312.
2. Козловський В. Важкі метали в ґрунтах техногенних ландшафтів родовищ самородної сірки Передкарпаття (Україна) / В. Козловський // Ґрунтознавство. – 2008. – Т. 9, № 3. – С. 101–107.
3. Марискевич О. Оксидоредуктазна активність ґрунтів техногенних ландшафтів сірчанних родовищ Передкарпаття / О. Марискевич, В. Левик, І. Шпаківська, М. Бжежинська // Науковий вісник Ужгородського ун-ту. Серія біологічна. – 2008. – Вип. 24. – С. 78–82.
4. Марискевич О. Г. Формування ґрунтів у межах техногенного ландшафту Яворівського ДГХП “Сірка” / О. Г. Марискевич, І. М. Шпаківська, О. І. Дідух // Науковий вісник Чернівецького ун-ту. Серія біологічна. – 2005. – Вип. 251. – С. 175–185.
5. Ніколайчук В. І. Спецпрактикум з фізіології і біохімії рослин / В. І. Ніколайчук, В. Й. Белчгазі, П. П. Білик. – Ужгород, 2000. – 210 с.
6. Продукционный процесс в сообществах горной тундры Хибин / Н. Ю. Шмакова, Л. М. Лукьянова, Т. М. Булычева, О. В. Кудрявцева. – Апатиты, 1996. – 125 с.
7. Плохинский Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
8. Arnon D. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris* / D. Arnon // Plant Physiol. – 1949. – Vol. 24. – P. 1–5.
9. Ringen D. The role of moss in facilitating natural revegetation of metal-contaminating sites during primary succession / D. Ringen. – [Електронний ресурс]. Режим доступу до журналу : [www.bioed.org/ibscore/](http://www.bioed.org/ibscore/).

*Н.Я. Кияк, О.Л. Баук*

Институт экологии Карпат НАН Украины, Львов

#### ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОМИНИРУЮЩИХ ВИДОВ МХОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ ВЫРАБОТКИ СЕРЫ

Исследовано особенности фотосинтетической системы доминирующих видов мхов на территории отвала ГХП “Сера”. Показано, что состав пигментного аппарата и интенсивность фотосинтеза мхов зависят как от жизненной формы вида, так и от конкретных экологических условий на склонах отвала.

*Ключевые слова: мхи, девастированные территории, фотосинтетические пигменты, интенсивность фотосинтеза*

*N.Ya. Kyjak, O.L. Baik*

Institute of Ecology of the Carpathians NAS of Ukraine, Lviv

ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTIC OF DOMINANT MOSS SPECIES  
ON THE TERRITORIES OF SULPHUR DEPOSITS

The peculiarities of photosynthetic system of dominant moss species on the territory of dump №1 of Mining and Chemistry Enterprise “Sulphur” were investigated. It was shown, that composition of pigmental apparatus and photosynthesis intensity of mosses are depended both on species life-form and from specific ecological conditions on the dump slopes.

*Keywords: bryophytes, devastated territories, photosynthetic pigments, intensity of photosynthesis*

Рекомендує до друку

Н.М. Дробик

Надійшла 24.02.2011