

УДК 582.32:662.271.4

**ВМІСТ ФЕНОЛІВ І АКТИВНІСТЬ ПОЛІФЕНОЛОКСИДАЗИ В ГАМЕТОФІТІ
МОХІВ *CERATODON PURPUREUS* (HEDW.) BRID. ТА *BRYUM ARGENTEUM*
HEDW. ЗА УМОВ РОСТУ НА ВІДВАЛІ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ “НАДІЯ”**

С. Бешлей, Р. Соханьчак, О. Лобачевська, Л. Карпінєць

*Інститут екології Карпат НАН України
вул. Стефаника, 11, Львів 79005, Україна
e-mails: beshley.stepan@gmail.com, morphogenesis@mail.lviv.ua*

Вивчено зміни вмісту фенолів і активності поліфенолоксидази у гаметофіті мохів *Ceratodon purpureus* і *Bryum argenteum* із різних ділянок мезорельєфу відвалу шахти “Надія” Червоноградського гірничопромислового району. Несприятливі мікрокліматичні умови в угрупованнях бріофітів протягом сезону відзначено на терасі відвалу, а найменш сприятливим місяцем для життєдіяльності мохів в умовах техногенних екотопів був липень. В умовах впливу екстремальних чинників у гаметофіті *B. argenteum* і *C. purpureus* встановлено збільшення вмісту фенолів і активності поліфенолоксидази, порівняно з рослинами з фонові території (контроль), що вказує на активацію захисних механізмів і підвищення стійкості мохів.

Ключові слова: феноли, поліфенолоксидаза, екологічні чинники, відвали вугільних шахт, *Ceratodon purpureus*, *Bryum argenteum*.

Територія Сокальського р-ну Львівської обл. зазнала значного техногенного впливу внаслідок функціонування вугільної промисловості. У її межах сконцентрований Червоноградський гірничопромисловий район (ЧГПР). На сьогодні на його території функціонує 11 вугільних шахт (загальна площа териконів 265,9 га), в яких зберігається понад 48,0 млн м³ породної маси. Щорічний об’єм видаленої шахтами породи змінюється від 1,5 до 2,5 млн т. За мінералогічним складом у породі відвалу міститься: аргіліту – 97%, алевроліту 17–28%, пісковіку – 2–20%, вугілля – 1–17% [2, 3]. Для субстратів відвалу характерними є підвищена температура та низька вологість, значна токсичність унаслідок підвищеного вмісту в аргілітах Li, V, B, P, Zn, Pb, Bi, Co. У ЧГПР з 1 м³ терикону, що горить, протягом доби виділяється: 10 кг оксидів Карбону, 6,3 кг сірчаного ангідриду, 0,6 кг сірководню й оксидів Нітрогену [10]. Рельєф відвалів є також аномальним щодо прилеглих територій, вирізняється висотою понад 60 м над рівнем місцевості, крутизна схилів може становити понад 45°, що значно змінює вітровий режим. З часом сформувалися такі елементи мезорельєфу як підніжжя, тераси, схили, вершина зі специфічними мікрокліматичними умовами. Усі згадані чинники техногенного середовища негативно впливають не лише на природне заростання відвалів, а й на функціонування екосистеми загалом, тому актуальним є вивчення стійкості піонерних видів рослин і їх механізмів адаптації до комплексу екстремальних чинників на порушених територіях.

Серед піонерних видів рослин на відвалах ЧГПР важливе місце займають бріофіти, які завдяки їхній широкій екологічній амплітуді до екстремальних умов антропогенно трансформованого середовища одними з перших оселяються на техногенних відслоненнях. Відомо, що навіть незначна їхня біомаса істотно впливає на формування техносубстратів [16]. На девастованих територіях видобутку вугілля доміантним видом бріофітів

є *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Bryum argenteum* Hedw. – субдомінант [12]. Ці види-космополіти за життєвою стратегією – поселенці [19], з широкою екологічною амплітудою до різноманітних кліматичних і едафічних умов, толерантні до висушування у сильно посушливих умовах, заселяють субстрати, які іноді зовсім непридатні для життя інших рослин (гірські породи, піски, промислові відвали) [9, 13]. Вивчення передумов високої толерантності мохів до несприятливих умов і механізмів, які забезпечують їхнє пристосування до росту на субстратах породних відвалів, є важливими для з'ясування природи стійкості бріофітів.

Однією з особливостей формування стійкості рослин є висока активність ферментів антиоксидантної системи та здатність до синтезу вторинних метаболітів, зокрема фенольних сполук [7, 8, 18]. Феноли беруть участь у різних фізіологічних процесах: регуляції процесів фотосинтезу та дихання [5, 17], захисних реакціях на вплив низьких і високих температур [15, 23] та інших стресових чинників (засолення, важкі метали) [21]. Цікавість науковців до дослідження реакцій ферментативного окиснення фенолів зумовлена кількома причинами. Продукти окиснення і полімеризації фенолів відіграють значну роль у захисних реакціях рослин на вплив антропогенних чинників. Тому визначення їх вмісту може слугувати одним із показників стійкості рослин до несприятливих факторів довкілля. Активність поліфенолоксидази (ПФО), поряд з іншими окисно-відновними ферментами дихання, відіграє важливу роль у процесах фітоімунітету до дії абіотичних і біотичних чинників, що має важливе значення під час заселення рослинами нових, зокрема порушених територій [14, 18, 20–22]. ПФО каталізує реакції окиснення фенолів різної будови молекулярним киснем до хінонів і бере участь у низці фізіологічних і біохімічних процесів [24]. Особливості обміну фенольних сполук у мохоподібних, які утворюють стійкі, домінантні угруповання в умовах техногенного середовища, вивчено недостатньо. Тому метою роботи було дослідити зміни активності ПФО та вмісту фенолів у гаметофіті *B. argenteum* і *C. purpureus* як прояву адаптаційно-захисних реакцій рослин залежно від впливу мікрокліматичних та едафічних умов на різних ділянках мезорельєфу шахтного відвалу.

Матеріали та методи

Об'єктами дослідження були мохи *Bryum argenteum* Hedw. та *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. Для аналізів відбирали надземну частину рослин протягом весни-осені 2013 р. на дослідних ділянках підніжжя, тераси та вершини відвалу шахти «Надія» з різними мікрокліматичними й едафічними умовами. Контролем слугували мохи, відібрані з фонової території на відстані 2 км від відвалу.

Визначення загального вмісту фенольних сполук (ФС) у гаметофіті мохів здійснювали з використанням реактиву Фоліна-Деніса [6]. Кількісний вміст ФС розраховували за калібрувальною кривою, використовуючи як стандарт пірокатехін. Активність поліфенолоксидази визначали спектрофотометрично за методикою О.М. Бояркіна [4]. Едафічні властивості субстратів під дернинами мохів (температура, вологість) та мікрокліматичні умови (температура, вологість повітря на поверхні дернин) визначали за загальноприйнятими методиками [1], актуальну кислотність (рН) визначали потенціометрично у водній витяжці за співвідношення ґрунт: розчин (1:5), інтенсивність освітлення вимірювали люксметром Ю116. У межах пробної ділянки робили 10 вимірів, їх здійснювали о 12–13 годині, подекадно. Отримані дані опрацьовували методами статистичного аналізу [11]. Всі отримані результати є достовірними, для фізіологічних експериментів похибка дослідів не перевищувала 3%, для екологічних – 15%, що є допустимою межею.

Результати і їхнє обговорення

Установлено, що гідротермічний режим під дернинами моху значно відрізнявся на різних субстратах, ділянках мезорельєфу та фітоценозах відвалу шахти «Надія» залежно від пори року (таблиця). На підніжжі та вершині відвалу формуються рослинні угруповання із домінуванням деревних порід – *Populus tremula* L. – +, *Betula pendula* Roth. – +, *Salix caprea* L. – +, *Robinia pseudoacacia* L. – +, *Quercus robur* L. – +, які створюють затінення і забезпечують низьку інсоляцію, що впливає на температурний і водний режими субстратів протягом року. Низьку вологість і високу температуру субстрату відзначено на терасі західної експозиції під дернинами *B. argenteum* і *C. purpureus* протягом сезону, порівняно з іншими елементами техногенного мезорельєфу. У літні місяці встановлено збільшення температури (на 4–10°C) та зменшення вологості субстрату (на 0,36–2,21%) під дернинами мохів на різних ділянках техногенного мезорельєфу, порівняно з весняними. Восени під дернинами бріофітів визначено зниження температури (на 14–18°C) та збільшення вологості (на 2,2–8,5%), порівняно із літом.

Мікрокліматичні умови й едафічні властивості субстратів під дернинами
Ceratodon purpureus і *Bryum argenteum* (n=10)

Локалітет	Місяць відбору зразків	Мікрокліматичні умови			Едафічні властивості субстрату		
		Температура повітря, °C	Відносна вологість повітря, %	Діапазон мінливості інтенсивності освітлення, тис. лк	Температура, °C	Вологість, %	pH(H ₂ O)
<i>Ceratodon purpureus</i>							
Контроль	Квітень	25,4±8,3	59,9±10,2	50–90	20,2±2,7	6,5±0,6	5,8±0,1
	Липень	29,0±7,2	53,0±15,0	65–90	26,8±3,6	4,3±0,3	5,9±0,2
	Жовтень	15,3±7,0	70,1±12,4	8–12	10,4±1,3	12,8±0,7	5,7±0,2
Підніжжя	Квітень	24,9±7,5	65,2±12,4	60–85	16,6±2,2	5,7±0,3	5,4±0,1
	Липень	28,6±9,3	45±15,3	70–90	25,8±3,6	3,7±0,4	5,6±0,1
	Жовтень	12,8±4,8	64,9±10,8	6–12	9,4±1,1	10,3±0,6	5,5±0,1
Тераса	Квітень	26,2±8,0	50,2±14,3	60–100	24,3±2,7	1,3±0,2	5,7±0,1
	Липень	30,3±8,2	45,7±17,8	85–100	28,2±4,7	0,7±0,1	5,5±0,1
	Жовтень	11,7±5,5	68,4±13,2	34–42	14,1±1,8	2,9±0,3	5,8±0,1
Вершина	Квітень	22,2±6,3	64,5±12,0	25–30	15,4±2,2	3,9±0,1	5,5±0,1
	Липень	28,8±5,6	40,9±9,8	40–50	24,7±5,4	2,6±0,3	5,3±0,1
	Жовтень	12,0±4,0	70,0±11,3	8–12	7,1±2,0	5,4±0,5	5,5±0,1
<i>Bryum argenteum</i>							
Контроль	Квітень	25,3±7,3	60,3±10,4	50–100	17,2±3,1	6,8±0,5	5,3±0,1
	Липень	25,0±8,4	46,6±14,6	55–100	23,9±4,2	5,0±0,4	5,4±0,1
	Жовтень	12,6±4,7	70,1±9,2	15–18	9,1±1,0	13,3±0,9	5,6±0,1
Підніжжя	Квітень	25,4±8,2	65,4±13,0	25–60	12,2±3,7	3,7±0,2	5,6±0,1
	Липень	30,0±8,3	65,3±12,2	50–65	24,7±4,4	2,2±0,1	5,8±0,2
	Жовтень	12,2±4,0	71,7±8,7	4–8	7,3±0,8	8,4±0,6	5,6±0,1
Тераса	Квітень	26,2±8,1	50,4±15,3	80–100	22,5±2,2	0,4±0,1	6,3±0,1
	Липень	29,5±8,6	42,2±11,1	85–100	26,3±5,0	0,2±0,1	6,1±0,1
	Жовтень	12,0±4,4	62,6±6,8	30–44	14,4±2,8	2,3±0,2	6,2±0,1
Вершина	Квітень	24,1±5,2	64,4±16,2	25–30	15,0±3,2	3,2±0,3	5,3±0,1
	Липень	28,6±5,7	40,7±12,5	40–50	24,9±6,2	2,0±0,3	5,4±0,2
	Жовтень	11,9±4,8	69,9±9,9	8–12	7,3±2,1	4,9±0,4	5,4±0,1

Актуальна кислотність субстрату під моховими дернинами протягом сезону була у межах 5,3–6,3, що є оптимальним для росту й розвитку цих видів мохів і функціонування їх ферментних систем. Найбільше значення рН відзначено на терасі відвалу під щільними

дернинами *B. argenteum* з потужними фотосинтезуючими верхівками та значним підстилаючим шаром із відмерлих частин пагонів, що істотно впливало на первинні ґрунтоутворювальні процеси, зокрема сприяло підлученню техносубстрату.

Оскільки мохи є пойкилогідричними організмами, їхнє водозабезпечення за відсутності коренів та провідної системи істотно залежить від водного режиму мікросередовища. Тому важливими показниками для життєдіяльності бріофітів є не лише едафічні характеристики, а й мікрокліматичні умови екотопів. Відносна вологість повітря на поверхні дернин бріофітів на різних ділянках мезорельєфу протягом сезону змінювалася від 41 до 70%. На підставі аналізу отриманих результатів встановлено (таблиця), що найменш сприятливі мікрокліматичні умови на поверхні дернин *B. argenteum* і *C. purpureus* протягом сезону були на терасі відвалу, порівняно з фітоценозами з домінуванням деревних рослин (у підніжжі та на вершині відвалу). Найнесприятливішим місяцем року для життєдіяльності бріофітів в умовах техногенних екотопів виявився липень із мінімальною кількістю опадів та максимальною інтенсивністю освітлення, а отже, найменш сприятливими мікрокліматичними й едафічними умовами.

Зміни гідротермічного режиму субстратів відвалів, їхніх едафічних властивостей протягом сезону справляють значний вплив на ріст і розвиток рослин [3]. У таких умовах існування рослинний організм активує захисні системи, щоби протистояти і пристосуватися до значних змін навколишнього середовища. З літератури відомо, що у стресових умовах рослини нагромаджують велику кількість сполук вторинного метаболізму, зокрема фенолів, які інгібують ростові процеси і сприяють підвищенню їхньої стійкості до несприятливих умов унаслідок збільшення активності ферментів антиоксидантного захисту і знешкодження активних форм кисню у клітинах [8].

На рис. 1, 2 наведено результати зміни загального вмісту фенольних сполук і активності поліфенолоксидази в гаметофіті досліджуваних мохів на різних ділянках мезорельєфу відвалу протягом сезону. Установлено, що протягом сезону у *B. argenteum* на різних ділянках мезорельєфу відвалу діапазон мінливості показників (вміст ФС – від 0,12 до 1,99 мг/г маси сир. р-ни, активність ПФО – від 109,76 до 316,48 відн. од./г маси сир. р-ни • с) був значно ширшим за вмістом ФС і вужчим за активністю ПФО, ніж у *C. purpureus* (вміст ФС – від 0,37 до 1,25 мг/г маси сир. р-ни, активність ПФО – від 39,84 до 177,66 відн. од./г маси сир. р-ни • с). Це пов'язано з видовими особливостями мохів і метаболічними змінами в гаметофіті унаслідок впливу техногенних чинників. Протягом квітня в період оптимальної забезпеченості вологою та сприятливої температури субстратів загальний вміст фенолів у *B. argenteum* і *C. purpureus* в умовах техногенних екотопів був меншим, ніж у рослинах із фонові території. Лише у *C. purpureus* на вершині відвалу вміст фенолів підвищувався, очевидно, внаслідок сповільнення росту і метаболізму в умовах низьких температурних показників як повітря, так і субстрату, а також недостатньої інтенсивності освітлення.

У липні на підніжжі та вершині відвалу, де деревні рослини створюють затінення, що впливає на рівень інсоляції (40–65 тис. лк), температурний (+25–+26°C) і водний (2,2–3,7%) режими субстратів, вміст фенолів у досліджуваних мохів знижувався, порівняно з контролем. Лише на терасі відвалу шахти “Надія” (в умовах домінування мохового покриву) внаслідок підвищення температури (до +30°C) і зниження вологості субстрату (до 0,7%) за значної інсоляції (85–100 тис. лк) відзначено збільшення загального вмісту фенолів у гаметофіті *B. argenteum* (у 5,9 разу), порівняно з контролем, що свідчить про активування захисних механізмів за дії несприятливих чинників довкілля. У жовтні внаслідок зниження температури (+10°C), освітлення (4–44 тис. лк) та збільшення вологості субстратів (13,3%) спостерігалася протилежна тенденція до нагромадження фенольних сполук у гаметофіті

B. argenteum і *C. purpureus*. Це, можливо, пов'язано із тим, що за відношенням до вологості *B. argenteum* та *C. purpureus* належать до однієї екологічної групи – ксеромезофітів, однак за типом життєвої форми вони відрізняються і тому по-різному реагують на водний дефіцит. *C. purpureus* утворює щільні низькі дернини, що дає можливість виживати у досить контрастних кліматичних умовах шахтних відвалів. Пухкі низькі дернини *B. argenteum* швидше втрачають вологу, тому мають вищу продуктивність лише у вологіших локалітетах. Восени у пагонах *C. purpureus* на вершині та підніжжі відвалу утворювалася більша кількість фенолів, порівняно з контролем, оскільки краща забезпеченість вологою рослин за нижчих температурних показників створювала сприятливіший гідротермічний режим, унаслідок чого посилювався обмін речовин і метаболізм фенольних сполук. В осінні місяці для *B. argenteum* на таких ділянках відвалу відзначено зменшення вмісту фенольних сполук, мабуть, унаслідок дефіциту вологості в субстраті на відкритих місцевиростаннях моху (рис. 1).

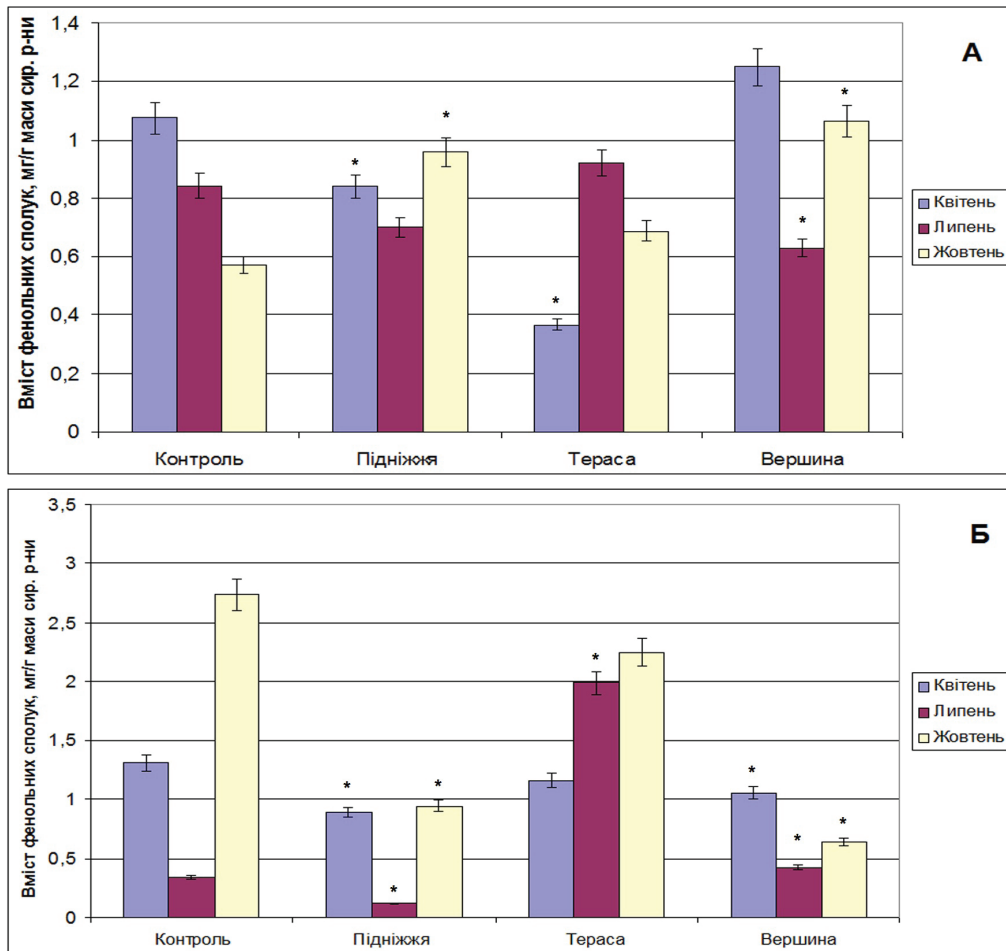


Рис. 1. Сезонні зміни загального вмісту фенолів (мг/г маси сир. р-ни) у гаметофіті *Ceratodon purpureus* (А) та *Bryum argenteum* (Б). **Примітка.** * – Різниця щодо контролю статистично достовірна при $p \leq 0,05$.

Протягом весняно-літніх місяців у гаметофіті досліджуваних мохів за умов росту на різних ділянках техногенного мезорельєфу встановлено збільшення активності поліфенолоксидази, порівняно з контролем (рис. 2). Проте відзначено зменшення активності ПФО у рослинах із підніжжя відвалу: протягом квітня для *C. purpureus* та у липні й жовтні для *B. argenteum*. Можливо, це пов'язано із розвитком окислювального стресу, який, на думку багатьох авторів [15, 20, 21], завдяки про- і антиоксидантним функціям ПФО реалізується на ранніх стадіях стресової відповіді та сприяє формуванню пристосувань до негативних чинників техногенного середовища.

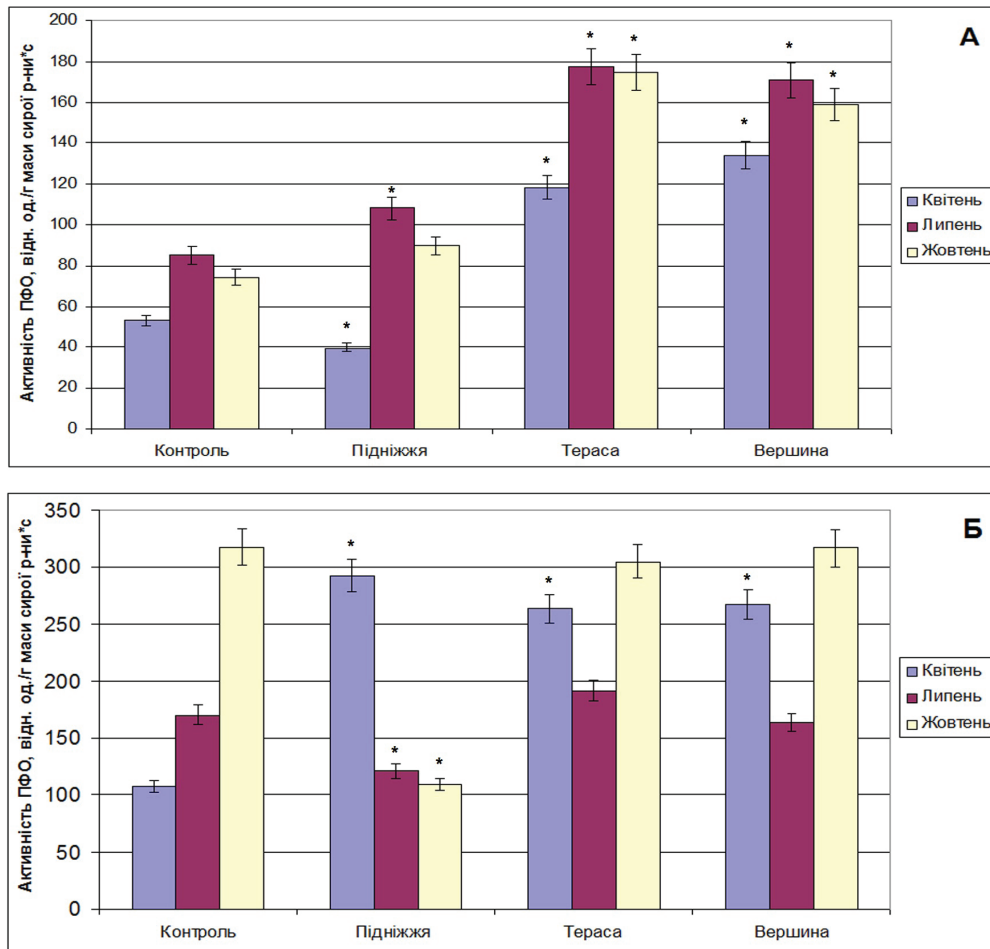


Рис. 2. Сезонна динаміка активності поліфенолоксидази (відн. од./г маси сир. р-ни \cdot с.) у гаметофіті *Ceratodon purpureus* (А) та *Bryum argenteum* (Б). **Примітка.** * – Різниця щодо контролю статистично достовірна при $p \leq 0,05$.

Отримані результати свідчать, що зміни вмісту фенольних сполук і активності поліфенолоксидази у гаметофіті мохів значною мірою залежать від мікрокліматичних умов середовища існування і є проявом захисних реакцій бріофітів на вплив несприятливих чинників середовища. Установлено, що значне нагромадження фенольних сполук у гаметофіті досліджуваних мохів відбувалося переважно в найменш сприятливих

умовах унаслідок збільшення інтенсивності освітлення і температури середовища та зниження вологості субстрату, активність поліфенолоксидази при цьому істотно зростала. Максимальна активність ПФО в обох видів мохів проявлялась у стресових умовах липня на відвалі та пов'язана з формуванням адаптаційних реакцій. У *B. argenteum* відзначено значно вищі показники як вмісту фенолів, так і активності ПФО, порівняно з контролем, протягом оптимальних умов весняного сезону в усіх локалітетах, незалежно від положення на відвалі. Активність ПФО у *C. purpureus* підвищувалася залежно від мікрокліматичних та едафічних умов екотопів у напрямку від підніжжя до вершини, проте найістотніше у літні місяці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ариунушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1961. 491 с.
2. Баранов В. І. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАТ «Львів-системенерго» як об'єкта для озеленення // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2008. Вип. 46. С. 172–178.
3. Баранов В. І. Зміни вмісту сірки, вільних амінокислот і білка в рослинах ріпаку, підживлених капсульованими добривами на субстратах породного відвалу вугільних шахт // Біологічні студії / *Studia Biologica*. 2010. Т. 4. № 1. С. 53–62.
4. Войцехівська О. В., Капустян А. В., Косик О. І. та ін. Фізіологія рослин: практикум. Луцьк: Терен, 2010. 420 с.
5. Вольнец А. П., Прохорчик Р. А. Ароматические оксисоединения – продукты и регуляторы фотосинтеза. М.: Наука и техника, 1983. 157 с.
6. Запрометов М. Н. Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 191.
7. Запрометов М. Н. Специализированные функции фенольных соединений в растениях // Физиология растений. 1993. Т. 40. № 6. С. 921–931.
8. Запрометов М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука, 1993. 272 с.
9. Кияк Н. Я., Байк О. Л. Участь бріофітів у відновленні девастрованих територій сірчаного видобутку // Біологічні Студії / *Studia Biologica*. 2011. Т. 2. № 2. С. 131–140.
10. Книш І. Б., Харкевич В. В. Розподіл вмісту хімічних елементів у породах териконів Червоноградського гірничо-промислового району // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол. 2003. Т. 17. С. 148–158.
11. Лакин Г. Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
12. Лобачевська О. В. Мохоподібні породних відвалів Червоноградського гірничопромислового району // Чорноморськ. ботан. журнал. 2012. Т. 8. №1. С. 67–76.
13. Мамчур З., Савицька А. Екологічна характеристика листяних мохів Шацького національного природного парку // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2006. Вип. 42. С. 38–47.
14. Мартинова Н. В., Лихолат Ю. В., Опанасенко В. Ф. Збагачення флористичного складу техногенних територій за рахунок введення в культуру ґрунтопокривних рослин // Бюл. Никитск. ботан. сада. 2011. Т. 100. С. 61–64.
15. Олениченко Н. А., Загоскина Н. В. Ответная реакция озимой пшеницы на действие низких температур: образование фенольных соединений и активность L-фенилаланинаммиаклиазы // Прикладная биохимия и микробиология. 2005. Т. 41. № 6. С. 681–685.

16. Соханьчак Р. Р., Лобачевська О. В. Особливості впливу моху *Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid. на відновлення техногенних субстратів шахтних відвалів // Біологічні Студії / Studia Biologica. 2012. Т. 6. №1. С. 101–108.
17. Чечуй О. Ф. Вміст фенольних сполук в насінні *Glycine max* L. при проростанні за умов оксидативного стресу, спричиненого впливом іонів кобальту та кадмію // Наук. вісн. Ужгород. ун-ту. Сер. біол. 2011. Т. 30. С. 197–200.
18. Dimitrios B. Sources of natural phenolic antioxidants // Trends in Food Science & Technology. 2006. Vol. 17. P. 505–512.
19. Daring H. J. Life strategies of bryophytes: A preliminary review // Lindbergia. 1976. Vol. 5. P. 2–18.
20. Lavid N., Schwartz A., Yarden O. The involvement of polyphenols and peroxidase activities in heavy-metal accumulation by epidermal glands of the waterlily (Nymphaeaceae) // Planta. 2001. Vol. 212. P. 323–331.
21. Mehr Z., Khajeh H., Bahabadi S., Sabbagh S. Changes on proline, phenolic compounds and activity of antioxidant enzymes in *Anethum graveolens* L. under salt stress // Int. J. Agron. Plant Prod. 2012. Vol. 3. P. 710–715.
22. Rastorfer J. R. Effects of light intensity and temperature on photosynthesis and respiration of two east antarctic mosses, *Bryum argenteum* and *Bryum antarcticum* // The Bryologist. 1970. Vol. 73. N 3. P. 544–556.
23. Rivero R. M., Ruiz J. M., Garcia P. C. et al. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants // Plant Sci. 2001. Vol. 160. N 1. P. 315–321.
24. Vaughn K. C., Lax A. R., Duke S. O. Polyphenol oxidase: the chloroplast oxidase with no established function // Physiol. Plant. 1988. Vol. 72. P. 659–665.

Стаття: надійшла до редакції 01.07.14

доопрацьована 17.04.15

прийнята до друку 20.04.15

**PHENOLIC CONTENT AND POLYPHENOL OXIDASE ACTIVITY IN
GAMETOPHYTE OF THE MOSSES *CERATODON PURPUREUS* (HEDW.) BRID.
AND *BRYUM ARGENTEUM* HEDW. UNDER CONDITIONS OF THE GROWTH
ON COAL MINE “NADIJA” DUMP**

S. Beshley, R. Sokhanchak, O. Lobachevska, L. Karpinets

Institute of Ecology of the Carpathians, NAS of Ukraine

11, Stefanyk St., Lviv 79005, Ukraine

e-mails: beshley.stepan@gmail.com, morphogenesis@mail.lviv.ua

Changes of phenolic content and polyphenol oxidase activity in gametophyte of the mosses *Ceratodon purpureus* and *Bryum argenteum* from different mesorelief parts on mine “Nadija” dump in Chervonograd mining region were studied. The most extreme microclimatic conditions in bryophyte groups during the season were determined on the dump terrace, and the least favorable month for bryophytes life under the conditions of technogenic ecotopes was July. It was found that under the effect of extreme factors in gametophyte of *B. argenteum* i *C. purpureus* phenolic content and polyphenol oxidase activity

were increased in comparison with plants from controlled areas, what indicates activation of defense mechanisms and improve of plants tolerance.

Keywords: phenols, polyphenol oxidase, ecological factors, coal mine dumps, *Ceratodon purpureus*, *Bryum argenteum*.

СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛОВ И АКТИВНОСТЬ ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗЫ В ГАМЕТОФИТЕ МХОВ *CERATODON PURPUREUS* (HEDW.) BRID. И *BRYUM ARGENTEUM* HEDW. ПРИ РОСТЕ НА ОТВАЛЕ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ «НАДИЯ»

С. Бешлей, Р. Соханьчак, А. Лобачевская, Л. Карпинец

*Институт экологии Карпат НАН Украины
ул. Стефаныка, 11, Львов 79005, Украина
e-mails: beshley.stepan @ gmail.com, morphogenesis@mail.lviv.ua*

Изучены изменения содержания фенолов и активности полифенолоксидазы в гаметофите мхов *Ceratodon purpureus* и *Bryum argenteum* из разных участков мезорельефа отвала шахты «Надия» Червоноградского горнопромышленного района. Неблагоприятные микроклиматические условия в группировках мохообразных в течение сезона отмечены на террасе отвала, а наименее благоприятным месяцем для жизнедеятельности мхов в условиях техногенных экотопов был июль. При воздействии экстремальных факторов в гаметофите *B. argenteum* и *C. purpureus* увеличивались содержание фенолов и активность полифенолоксидазы, по сравнению с растениями фоновой территории (контроль), что указывает на активацию защитных механизмов и повышение устойчивости мхов.

Ключевые слова: фенолы, полифенолоксидаза, экологические факторы, отвалы угольных шахт, *Ceratodon purpureus*, *Bryum argenteum*.