

## СТРУКТУРА КОМПЛЕКСІВ МІКРОМІЦЕТІВ У ЕКОТОПАХ СІРЧАНИХ КАР'ЄРІВ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

**В.П. Оліферчук**

кандидат біологічних наук, доцент

Національний лісотехнічний університет України (м. Львів, Україна)

e-mail: victorijaoliferchuk@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2800-2254>

**І.В. Шукель**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Національний лісотехнічний університет України (м. Львів, Україна)

e-mail: shukel@ukr.net;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9331-1523>

Досліджено видовий склад та структуру мікроміцетів у зразках ґрунту Яворівського та Подорожненського сірчаних кар'єрів із різним ступенем забруднення сіркою. Моніторингові точки були обрані такі, які відрізнялися за ступенем забруднення сіркою на порядок. Ґрунтові зразки з порівняно незначним перевищенням фонових концентрацій  $SO_4^{2-}$  у ґрунтового розчину порівнювали з тими, які мали перевищення у 1,5–1,9 раза (екотоп ЗГ1), у 4,0–4,6 раза (екотоп Е3), 48–50 разів (екотоп Т5), 40–44 рази (екотоп Т6), у 7,5–8,0 раза (екотоп Е7). Встановлено, що екотопи, які за вмістом  $SO_4^{2-}$  у ґрунтового розчину різнилися у 1,8–4,4 раза характеризувалися високим коефіцієнтом порівняння (V). Це свідчить про достовірну схожість мікобіоти досліджуваних екотопів, що характерно для досліджуваних територій Подорожненського сірчаного кар'єру. Для Яворівського сірчаного кар'єру характерно низькі значення коефіцієнта порівняння (V), що найбільше проявлялось у ґрунтах із перевищенням фонових концентрацій у 40–50 разів за вмістом  $SO_4^{2-}$  у ґрунтового розчину. Визначено видовий склад мікроміцетів, виділених упродовж відібраних у 2011–2021 рр., які було віднесено до 76 видів 31 роду. На основі обрахунку парних кореляцій між видами мікроміцетів у ґрунтах досліджуваних сірчаних кар'єрів і вмісту  $SO_4^{2-}$  у ґрунтового розчину встановлені структурні види, які пов'язані між собою тісними кореляційними зв'язками й формують комплекси мікроміцетів на Подорожненському та Яворівському сірчаних кар'єрах, що свідчить про заселення деастрованих територій r- та L-стратегіями.

**Ключові слова:** структура мікобіому, забруднені ґрунти, видовий склад, біорізноманіття.

### ВСТУП

Потужним чинником впливу на екологічний стан навколишнього природного середовища є діяльність підприємств гірничодобувної промисловості. Внаслідок відкритого видобутку корисних копалин, мінеральної сировини відбувається істотне погіршення загальної екологічної ситуації, що позначається на деградації ландшафтів, якості ґрунту, забрудненні повітря і водних джерел, втрати біорізноманіття тощо. Серед низки екологічних ризиків особливе місце має проблема забруднення ґрунтів, порушення їх структури, втрата родючості, зміна хімічних, фізичних і біологічних властивостей [1]. Такі ґрунти повністю втрачають свої продуктивні та екосистемні функції, а землі переходять у розряд деастрованих.

У Західному регіоні України на території Львівської обл. з кінця 60-х років минулого століття розроблялися поклади сірки, зокрема

на Яворівському і Подорожненському сірчаному кар'єрах, наслідки діяльності яких для навколишнього природного середовища та якості життя місцевих жителів і нині є актуальними й потребують розроблення і впровадження науково обґрунтованих рекультиваційних заходів [2–4].

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Наукові дослідження багатьох учених і поважних міжнародних екологічних організацій доводять, що антропогенна діяльність є значним чинником трансформації природних екосистем і втрати природних ресурсів, зокрема ґрунту [5–8]. У доповіді ФАО “Стан світових земельних та водних ресурсів для виробництва продовольства та ведення сільського господарства: системи на межі” (2021 р.) наведено актуальні дані щодо антропогенної деградації ґрунтів в

уському світі. Встановлено, що деградація ґрунтів йде зі зростаючою швидкістю і у другій половині минулого століття цей процес зріс у 30 разів порівняно з середньоісторичною. Щороку людство наприкінці ХХ ст. втрачало близько 15 млн га продуктивних угідь [6]. Не останнє місце у процесах активізації розвитку й поширення деградаційних процесів ґрунту та втрати такого цінного природного ресурсу займає сільське господарство й гірничодобувна промисловість. На жаль, в Україні екологічні проблеми, які стосуються деградації ґрунтів, втрати органічної речовини та біорізноманіття тощо, набувають кризового стану й потребують вирішення на законодавчому рівні [9; 10].

У результаті видобутку корисних копалин формуються посттехногенні території на яких проходить повна трансформація не лише ґрунтів та рослинності, але й геологічної будови, ґрунтових і підземних вод, рельєфу місцевості. Як правило, зміна навколишнього природного середовища в межах впливу промислових об'єктів відбувається значно швидше порівняно з природними процесами відновлення їх рівноваги, а негативний вплив порушених земель проявляється на більшій території, ніж їх площа загалом.

За наростаючого антропогенного впливу необхідно постійно вести моніторинг стану ґрунтового середовища, у т.ч із застосуванням методів мікробіологічного моніторингу та біодіагностики [11–13]. Світова практика свідчить про перспективність використання біологічних об'єктів у виявленні антропогенно зумовленої деградації природних та трансформованих екосистем, встановленні довгострокових тенденцій їх змін та буферної здатності біологічних систем щодо дії різних чинників [11, 14–16].

Як індикатори екологічного стану ґрунтів, які є чутливими до різних чинників, часто використовують мікроорганізми. Власне мікробіота, її таксономічна і функціональна структура, біологічна активність можуть виступати як екологічні й біохімічні індикатори дії різних антропогенних чинників і зміни ґрунтово-кліматичних умов [17–19].

Біотична складова ґрунту є важливою у формуванні його основних властивостей, забезпечує проходження біохімічних процесів, впливаючи на ґрунтоутворні процеси, накопичення органічної речовини та депонування карбону [15; 18]. Особливе значення в цих процесах належить міцеліальним організмам, які беруть участь у процесах синтезу й розкладу гумусу, кругообігу основних хімічних елементів (N, P, S та ін.), деструкції ксенобіотиків та інших важливих процесах функціонування ґрунту й рослин [20–22].

Нині вже доведено, що переважаючою складовою мікробіому ґрунту є мікроміцети, біомаса яких у верхніх шарах сягає 75–90% від загальної мікробної біомаси [23, 24]. Ці мікроорганізми мають доволі високу стійкість в екстремальних умовах, зокрема до підвищеного рівня забруднення ґрунтів важкими металами [25, 26].

Показники біотичної активності ґрунту, зокрема і мікроміцетів, широко використовують під час дослідження стану техногенних едафотопів, процесів природного відновлення ґрунтового покриву та різних форм рекультивативної сукцесії на відвалах різного походження [26; 27]. Однак, незважаючи на важливість проблеми відновлення і рекультивативної техногенно порушених земель із застосуванням методів біоремедіації, існують прогалини щодо структури мікробіому ґрунту, домінуючих видів, які є стійкими до забруднювачів тощо. Знання та врахування цих найважливіших екологічних властивостей ґрунту винятково важливе в організації збереження природних ресурсів, що можливе лише за збереження ґрунтів і ґрунтового покриву загалом. Тому залишають свою актуальність дослідження мікробіому ґрунтів, забруднених сіркою, зокрема міцеліальних мікроорганізмів та їх ролі у відновленні девастованих ґрунтів.

**Мета досліджень** — дослідити особливості формування структури мікроміцетів ґрунтів, забруднених сіркою на прикладі Яворівського та Подорожненського сірчаних кар'єрів.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведено на кафедрі екології Національного лісотехнічного університету України впродовж 2011–2021 рр. Зразки ґрунту відбирали з Яворівського та Подорожненського сірчаних кар'єрів (Львівська обл.), які були визначені як ембріоземи (Е), техноземи (Т) та зональні (ЗГ) ґрунти. У результаті технології з видобування сірки на цих кар'єрах родючий шар різних типів ґрунтів був повністю розпорошений і захоронений у товщі відвалів і гідровідвалів, а на поверхню були винесені четвертинні та неогенові відклади третинного віку та глини. Серед моніторингових точок були обрані такі, які умовно відрізнялися за ступенем забруднення сіркою на порядок. Для ґрунтів Яворівського сірчаного кар'єру — це точки ЗГ1, ЗГ2, Е3, Е4, Е7, Т5, Т6. Для ґрунтів Подорожненського сірчаного кар'єру — це точки ЗГ4, ЗГ7, Е1, Е2, Е3, Т5, Т6.

ґрунтові зразки з порівняно незначним перевищенням фонових концентрацій  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтовому розчині порівнювали з тими, які мали перевищення у 1,5–1,9 раза (екотоп ЗГ1),

у 4,0–4,6 раза (екотоп Е3), 48–50 разів (екотоп Т5), 40–44 рази (екотоп Т6), у 7,5–8,0 раза (екотоп Е7).

Значення коефіцієнта порівняння ( $V$ ) видового складу кожного з екотопів визначали тричі у 2011 р., 2016 р. та 2021 р.

Коефіцієнти порівняння ( $V$ ) для кожної з таких груп ґрунтових зразків визначали за формулою:

$$V = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+b)(c+d)(b+d)(c+a)}}$$

де  $a$  — кількість видів, однакових для обох зразків, які порівнюються між собою (1 і 2);  $b$  — кількість видів, які властиві екотопу 2;  $d$  — кількість специфічних видів для екотопів 1 та 2.

Для мікологічного аналізу ґрунти відбирали з поверхневого шару 0–2 см та на глибині 8–10 см. Загалом було відібрано 250 зразків ґрунту, з яких виділено близько 1700 культур мікроміцетів. Виділення мікроміцетів проводили за загальноприйнятою в мікробіології методикою. Визначення кількісного та якісного їх складу здійснювали методом посіву ґрунтової суспензії з десятичних розведень на суцільне середовище, тривалість культивування — 4–14 діб за температури 28°C [15; 28]. Ідентифікацію проводили за відповідними визначниками [24; 29; 30].

Структуру та рівень складності ґрунтових мікобіомів визначали методом побудови кореляційних плеяд, який передбачає встановлення кореляційних зв'язків [25]. У наших дослідженнях кореляційні зв'язки визначали між частотою трапляння певного виду і вмістом  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтовому розчині. Значення коефіцієнтів кореляції ( $r$ ) обчислювали на рівнях 1,0; 0,95; 0,9 і т.д. до 0,65 і наносили у вигляді крапок у межах кругової діаграми, з'єднуючи їх лініями між собою.

Математичне та статистичне опрацювання результатів виконували за допомогою програмних пакетів Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На основі таксономічної характеристики мікроміцетів ґрунту Яворівського та Подорожненського сірчаних кар'єру були побудовані дендрограми групової схожості та кореляційні плеяди, які відображають структуру комплексів мікроміцетів ґрунтів залежно від забруднення сіркою. Порівняння проводили попарно (рис. 1а). Ґрунтові зразки з порівняно незначним перевищенням фонових концентрацій  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтовому розчині порівнювали з тими, які мали перевищення у 1,5–1,9 раза (екотоп ЗГ1), у 4,0–4,6 раза (екотоп Е3), 48–50 разів (екотоп Т5), 40–44 рази (екотоп Т6), у 7,5–8,0 раза (екотоп Е7). Встановлено, що найвищі коефіцієнти схожості видового складу мікроміцетів Яворівського сірчаного кар'єру були на рівні 0,57–0,62 для екотопів ЗГ1 і ЗГ2, ЗГ1 і Е3, ЗГ2, і Е3, Т5 і Е7.

Аналогічні дослідження проведено на території Подорожненського сірчаного кар'єру (рис. 1б). Порівняння мікобіоти ґрунтів із різним рівнем забруднення  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтовому розчині, відібраних у 2011–2021 рр., що було характерно для Яворівського сірчаного кар'єру, показало значну відокремленість, а саме низькі значення коефіцієнта  $V$ , котра зберігалась у досліджуваних екотопах, які найбільше проявлялась у ґрунтах із вмістом  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтовому розчині, що перевищувало фонові концентрації у 40–50 разів.

Екотопи, які за вмістом  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтовому розчині різнилися у 1,8–4,4 раза характеризувалися високим коефіцієнтом  $V$ . Це свідчить про достовірну схожість мікобіоти цих територій, що характерно для досліджуваних точок Подорожненського сірчаного кар'єру.

	ЗГ <sub>2</sub>	Е <sub>3</sub>	Е <sub>4</sub>	Т <sub>6</sub>	Т <sub>5</sub>	Е <sub>7</sub>
ЗГ <sub>1</sub>	0,62	0,57	0,32	0,12	0,05	0,02
	ЗГ <sub>2</sub>	0,58	0,48	0,34	0,02	0,03
		Е <sub>4</sub>	0,56	0,44	0,04	0,05
			Е <sub>4</sub>	0,32	0,07	0,09
				Т <sub>6</sub>	0,12	0,15
					Т <sub>5</sub>	0,59

а — Яворівський сірчаний кар'єр

	Т <sub>6</sub>	Е <sub>1</sub>	Е <sub>3</sub>	Т <sub>5</sub>	ЗГ <sub>7</sub>	Е <sub>2</sub>
ЗГ <sub>4</sub>	0,68	0,57	0,52	0,52	0,46	0,34
	Т <sub>6</sub>	0,51	0,44	0,42	0,40	0,32
		Е <sub>1</sub>	0,61	0,58	0,41	0,24
			Е <sub>3</sub>	0,67	0,42	0,35
				Т <sub>5</sub>	0,35	0,47
					ЗГ <sub>7</sub>	0,58

б — Подорожненський сірчаний кар'єр

**Рис. 1.** Коефіцієнти схожості видового складу мікроміцетів сірчаних кар'єрів, виділених із ґрунтів різного ступеня забруднення сіркою

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

У місцях посиленого антропогенного навантаження вивчення видового складу й домінуючих видів мікроміцетів зумовлено важливістю виявлення на перспективу індикаторних видів на техногенне забруднення. Результати дослідження видового складу мікроміцетів у ґрунті сірчаних кар'єрів наведено в табл. 1. Після ідентифікації виділені мікроміцети було віднесено до 76 видів 31 роду.

Загалом угруповання мікроміцетів досліджуваних екотопів містили види, які описані як характерні для лучних ґрунтів Полісся, а також Лісостепу України.

Встановлено помітні зміни у видовому складі мікроміцетів девастрованих ґрунтів, порівняно із зональними ґрунтами цих територій. Чітка різниця також помітна у значеннях коефіцієнта схожості, що свідчить про формування

Таблиця 1

**Видовий склад мікроміцетів і частота їх трапляння (%)  
у ґрунтах Яворівської та Подорожненської сірчаних кар'єрів**

№ п/п	Вид мікроміцета	Подорожненський кар'єр						Яворівський кар'єр							
		T5	T6	E1	E2	E3	ЗГ4	ЗГ7	T5	T6	E3	E4	E7	ЗГ1	ЗГ2
<b>Відділ Zygomycota</b>															
1	<i>Absidia glauca</i> Hagem	0	0	12,3	6,0	9,6	12,0	0,3	0	0	0,5	1,5	2,2	0,5	0
2	<i>Absidia blakesleana</i> Lendr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0
3	<i>Zygorrhynchus moelleri</i> Vuill.	0	0	0,5	0	0	2,0	3,1	0	0	0	0,5	0	2,0	0
4	<i>Mortierella alpine</i> Peyronel	0	0	7,5	0	9,6	0	2,5	0	0	1,5	2,5	0	3,1	4,8
5	<i>Mortierella elongate</i> Linnemann	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,7	0	6,0	2,5
6	<i>Mortierella</i> sp.	0	0	2,0	0	0	2,1	3,4	0	0	1,2	0	0	0,5	0
7	<i>Mucor racemosus</i> Fresenius	11,2	0	0	0,5	4,8	1,5	2,1	0	0	0	0	0	0	0
8	<i>Mucor globosus</i> Fischer	0	0	0	0	0	0,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0
9	<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer	13,5	29,0	0,5	1,7	1,5	6,5	9,6	17,5	15,7	20,0	11,7	0,5	6,5	9,6
10	<i>Mortierella ramanniana</i> var. <i>angulispora</i> (Naumov) Linnem	30,3	40,0	35,5	40,0	30,0	15,7	13,5	50,6	30,0	30,0	17,9	55,0	13,5	15,7
11	<i>Rhizopus nigricans</i> Fhrenb.	30,0	35,5	24,5	9,6	13,5	0	0	45,0	15,7	9,6	24,5	35,0	17,9	0,5
12	<i>Rhizopus oryzae</i> Went et Prin. Geerligis	0	0	0	0	0	9,6	0	0	0	2,5	1,5	0	0	13,5
<b>Відділ Ascomycota світлозабарвлені</b>															
13	<i>Aspergillus terreus</i> Thom	0	0	13,5	20,0	25,7	15,7	13,5	0	0	20,0	17,9	15,7	12,8	0
14	<i>A. ustus</i> Bainier	0	0	0	0	9,6	6,5	0	0	0	0	2,5	13,5	9,6	4,8
15	<i>A. niger</i> v. Tieghem	23,5	25,5	20,0	17,9	13,5	15,7	9,6	40,5	20,9	20,5	9,6	52,5	9,6	13,5
12	<i>A. fumigatus</i> Fres.	35,5	20,5	20,0	17,9	20,0	40,9	35,5	30,5	20,0	30,5	13,5	47,5	15,7	13,5
13	<i>A. repens</i> (Cda.) Sacc.	0	0	13,5	15,7	9,6	13,5	15,7	0	0	17,9	13,5	0,7	20,0	17,9
14	<i>A. ochraceus</i> Wilhelm	0	0	9,6	3,5	15,7	17,9	13,5	0	0	3,5	9,6	6,5	3,5	15,7
15	<i>A. gracilis</i> Bainier	0	0	0	0	1,5	0,4	0	0	0	0	0	0	0,8	0,4
16	<i>A. versicolor</i> (Vuill) Tiraboschil	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0
17	<i>A. flavus</i> Link.	0	0	0	0	0,8	0,4	0	0	0	0	0	0	0,5	0,4
18	<i>A. wentii</i> Wehmer	0	0	0	0,4	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	1,2



Продовження таблиці 1

№ п/п	Вид мікроміцета	Подорожненський кар'єр							Яворівський кар'єр						
		T5	T6	E1	E2	E3	ЗГ4	ЗГ7	T5	T6	E3	E4	E7	ЗГ1	ЗГ2
19	<i>A. alliaceus</i> Thom et Church	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0,5
20	<i>A. flavipes</i> (Bain et Sart.) Thom et Church	0	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	1,5	0
21	<i>Acremonium strictum</i> Gark	0	0	3,5	0	0,8	1,2	0,4	0	0	0,4	0,4	0,2	0	1,5
22	<i>Acremonium murorum</i> (Corda) Gams	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0,5
23	<i>Cylindrocarpon destructans</i> (Kins)	0	0	0	0	0	0,5	1,2	0	0	0	0	0	0	0
24	<i>Chaetomium spirale</i> Zopt	0	0	0	0	0	1,2	1,5	0	0	0	0	0	0	0
25	<i>Gliocladium Zaleski</i> Pidopl.	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0
26	<i>Stysanus microsposes</i> Sacc.	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	4,2	0	0	0	0
27	<i>Botriotrichum piluliferum</i> Sacc. et March.	0	0	0	0	0	0,4	1,5	0	0	0	0	0	0	0,5
28	<i>Verticillium album</i> (Preuss) Pidopl.	0	0	0	10,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht	22,7	25,6	25,7	15,5	30,5	25,5	30,9	52,7	30,5	20,0	24,7	48,0	17,9	15,7
30	<i>F. culmorum</i>	0	0	4,5	0	9,6	13,5	4,5	0	0	3,5	1,7	0	1,7	9,6
31	<i>F. moniliforme</i> Scheld	10,0	9,6	20,0	13,5	0	15,7	25,5	17,5	9,6	13,5	17,9	0	24,5	10,0
32	<i>F. solani</i> (Mart) App. et Wr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,5	9,6	10,0	4,5	9,6
33	<i>F. lateritium</i> Nees	0	0	0	1,7	0	0,4	0	0	0	1,5	0	0	0,5	0
34	<i>F. avenaceum</i> (Fr) Sacc.	0	0	0	0	0	0	1,7	0	0	0	0	0	0	0
35	<i>F. semitectum</i> Berk. et Rav.	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3
36	<i>F. graminearum</i> Schwabe	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	<i>F. javanicum</i> Koord.	0	0	0	0	0,4	0	1,5	0	0	0	1,5	0	0,5	0
38	<i>Metarrizium anisopliae</i> (Metsch) Sorokin	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
39	<i>Paecilomyces</i> sp.	12,0	17,9	13,5	9,7	4,5	1,7	9,6	25,5	17,9	10,0	9,6	25,5	9,6	1,5
40	<i>Paecilomyces lilacinum</i> (Thom) Samson	32,4	30,0	20,5	25,5	10,5	20,0	17,9	55,7	48,5	35,5	30,5	55,7	20,0	15,7
41	<i>Penicillium roseopurpureum</i> Dierck	24,2	18,7	25,5	30,5	20,0	0	0	57,9	15,7	17,9	20,0	55,5	0	0
42	<i>P. waksmanii</i> Zaleski	20,5	20,5	20,0	17,9	20,0	0	0	52,4	20,0	20,0	17,9	48,5	0	0
43	<i>P. nigricans</i> (Bainier) Thom	18,5	30,5	20,5	17,9	20,5	17,9	15,7	53,5	20,5	17,9	20,0	45,7	9,6	10,0
44	<i>P. funiculosum</i> Thom	22,4	20,0	15,7	10,0	9,4	0	1,5	35,7	20,5	17,9	7,5	21,5	0	0
45	<i>P. crustozum</i> Thom	0	0	25,5	20,0	17,9	10,0	9,4	0	0	12,3	11,8	2,0	25,4	20,0
46	<i>P. brevi-compactum</i> Dierckx	0	0	20,8	25,5	15,7	20,0	17,9	0	0	12,5	9,7	1,5	20,0	17,9
47	<i>P. chryzogenum</i> Thom	0	0	0	12,7	9,8	5,4	1,7	0	0	1,7	0	0	12,7	17,5

№ п/п	Вид мікроміцета	Подорожненський кар'єр							Яворівський кар'єр						
		T5	T6	E1	E2	E3	ЗГ4	ЗГ7	T5	T6	E3	E4	E7	ЗГ1	ЗГ2
48	<i>P. ochro-chloron</i> Biourde	0	0	20,7	30,5	20,5	12,7	20,5	0	0	15,7	15,7	0	9,6	12,5
49	<i>P. lilacinum</i> Thom	0	0	15,7	20,0	17,5	15,7	10,0	0	0	9,6	1,5	4,3	20,5	10,7
50	<i>P. citrinum</i> Thom	0	0	4,7	1,5	10,0	9,7	0,4	0	0	0,4	0	0	17,5	10,0
51	<i>P. spinulosum</i> Thom	0	0	0,4	1,5	0,8	0,4	1,5	0	0	12,5	10,0	0,4	1,5	1,7
52	<i>P. lividum</i> Westl.	0	0	10,0	20,5	17,3	9,7	4,0	0	0	10,0	12,7	0,4	12,5	0,4
53	<i>P. rubrum</i> Stoll	0	0	15,7	9,4	5,7	0,4	12,5	0	0	10,0	13,7	0,4	17,9	20,5
54	<i>P. raciborskii</i> Zaleski	0	0	0	0	0	0,5	0,4	0	0	1,5	0,8	1,5	12,5	8,7
55	<i>P. luteum</i> Zukal	0	0	0	1,5	0	5,7	0,5	0	0	2,4	3,7	0	17,5	15,7
56	<i>P. citrinum</i> Thom	0	0	0	7,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	<i>Trichotecium rozeum</i> Lk.	0	0,5	0,8	1,5	7,8	3,7	12,5	0	9,7	12,5	0,5	0,4	12,7	10,5
58	<i>Trichocladium asperum</i> Harz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,7	0,5	0,5	10,5	12,7
59	<i>Pestalotia hartigii</i> Tubent	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0,2	12,7	10,0
60	<i>Trichoderma viride</i> (Pers. Et S.F. Gray.)	25,7	20,5	35,7	30,8	35,5	37,8	40,7	55,2	35,7	30,5	28,5	48,2	25,5	20,0
61	<i>T. lignorum</i> (Todle) Has.	0	0	10,0	7,5	9,7	10,5	15,7	0	0	15,7	12,5	0,2	2,0	7,5
62	<i>T. harcianum</i> Rifał	20,5	0	17,9	15,7	10,5	9,7	5,2	10,5	0	0	10,5	1,2	12,7	10,0
<b>Відділ Ascomycota темнозбарвлені</b>															
63	<i>Aureobasidium pululans</i> (de Bary) Arnaud	17,9	25,5	20,0	30,8	27,5	20,5	25,5	38,5	25,8	30,0	25,5	48,7	25,5	17,5
64	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	0	20,8	25,5	20,0	30,5	17,5	20,0	0	0	30,5	0	0	12,5	10,0
65	<i>Cladosporium</i> <i>cladosporioides</i> (Fres.) de Vries	17,5	20,0	12,7	38,5	20,0	17,5	15,7	48,5	20,8	25,5	20,0	50,0	20,0	17,9
66	<i>C. herbarum</i> (Pers.) Link ex Gray	25,5	20,5	30,7	35,5	25,5	20,0	17,9	52,5	35,5	20,7	10,5	50,0	17,5	15,0
67	<i>C. brevi-compactum</i> Pidopl. et Deniak	0	0	0	12,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	<i>Humicola grisea</i> Traaen	20,0	17,9	20,5	0	15,7	20,0	12,5	48,9	25,5	20,0	17,9	50,0	12,5	10,0
69	<i>Oidiodendron</i> <i>echinulatum</i> Barron	10,5	0	7,8	12,5	0	0	0	55,7	35,5	35,7	30,5	30,0	0	0
70	<i>Ulocladium consortiale</i> (Thum) Simmons	25,5	20,5	17,8	35,5	15,7	20,0	17,5	47,5	20,0	25,7	30,5	50,0	0	0
71	<i>Torula herbarum</i> (Pers.) Link	0	0	10,0	0	0	0,4	0,8	0	0	9,7	1,5	15,7	10,0	9,7
72	<i>Phoma pomorum</i> Thum.	0	0	12,5	10,0	7,5	7,2	5,0	0	0	0,5	1,2	0	0,4	0,5
73	<i>Phoma glomerata</i> (Corda) Wr. et Hochap.	0,5	0	0,7	2,5	0	0,4	0,5	0,5	0	0	0	1,5	0,4	0,2
74	<i>Phoma</i> sp.	0	0	12,5	17,5	4,5	3,2	1,7	0	0	0	0	0,4	10,0	9,6
75	<i>Mycelia sterilia</i> (white)	20,8	25,7	5,5	0	0	0	0	50,0	18,5	0	0	45,7	0	0
76	<i>Mycelia sterilia</i> (darc)	24,3	20,0	0	0	0	0	0	58,4	20,0	0	0	45,5	0	0

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

нових порушених міцеліальних комплексів у зв'язку з екологічною ситуацією, яка склалася в досліджуваних регіонах.

Відомо [25], що домінування темно-пігментованих мікроміцетів у ґрунті здебільшого пов'язане з несприятливими умовами існування: на поверхні пустельних і високогірних ґрунтів та на девастованих землях, порушених унаслідок антропогенної діяльності людей.

Самовідновні рослинні угруповання на ембріоземах формуються в умовах підвищеної інсоляції, значних перепадів добових температур, примітивними ґрунтами з невисоким запасом поживних речовин та вологості, високим рівнем забруднення сполуками сірки. Для таких біотопів характерна присутність темнозабарвлених видів мікроміцетів. Для них характерно також є тривале в часі нагрівання поверхні ґрунту прямими сонячними променями, в спектрі яких найбільшою біологічною активністю відзначаються короткохвильові ультрафіолетові промені. Збільшення кількості та видового різноманіття меланіновмісних видів на описаних територіях, обумовлена наявністю монохромної системи спороутворення в аскоміцетів, базидіоміцетів та дейтероміцетів. В основі дії монохромної системи лежить спарений вплив двох фоторецепторів вибірково реагуючих на блакитне (420 нм) та фіолетове (305 нм) світло. Реакція монохромної системи виявляється у швидкості та характері спороношення, процесів росту та поділу клітин, синтезі каротиноїдів та швидкості проростання спор.

На ембріоземах Яворівського та Подороженського сірчанних кар'єрів негативний вплив перерахованих вище чинників постійно присутній, і тому видовий склад темнозабарвлених видів складає 14 видів восьми родів. Головними чинниками, які обмежують розвиток грибів є гідротермічний режим ґрунту та підвищена сонячна радіація.

Більшість родів ґрунтових мікроміцетів були представлені кількома видами, тому при відповідних розрахунках ми враховували частоту трапляння видів. Кожен вид математично можна представити у вигляді крапки у просторі ознак, в якості яких ми використовували значення частоти трапляння кожного виду і вміст  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтового розчині. Рівень схожості, який виражали у відсотках, визначали, обчислюючи попарну евклідову відстань між точками — видами за вказаними ознаками. Графічно такі результати можна зобразити у вигляді дендрограми, яка відображає взаємне розміщення вивчених видів. На рис. 2 наведено фрагменти дендрограм, які представляють групи видів на рівні схожості 90–100%.

Дендрограми групової схожості показали, що найбільш тісно пов'язані між собою групи видів, які знаходились у ґрунтах з екстремальним за вмістом  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтового розчині. Тут сформувалися дві групи видів. У ґрунтах Яворівського сірчаного кар'єру можлива була побудова дендрограм групової схожості на високому рівні значущості для екотопів, де перевищення фонових концентрацій за вмістом  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтового розчині було у 7,5–8,5 раза та 44–50 разів (рис. 2а). Для ґрунтів Подороженського сірчаного кар'єру такі дендрограми можливо було побудувати для територій, де перевищення фонових концентрацій за вмістом  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтового розчині було у 9,5–10 разів та 4,4–4,0 разів (рис. 2б).

Структуру та рівень складності ґрунтових міцеліальних комплексів визначали методом кореляційних плеяд. Отримані графічні структури (кореляційні плеяди) відрізнялися за складністю будови. Серед них виділяли замкнуті та лінійні (відкриті) плеяди. Замкнуті плеяди відносилися до групи стабільних і більш високоорганізованих. Найбільш примітивними серед плеяд були лінійні, які складалися

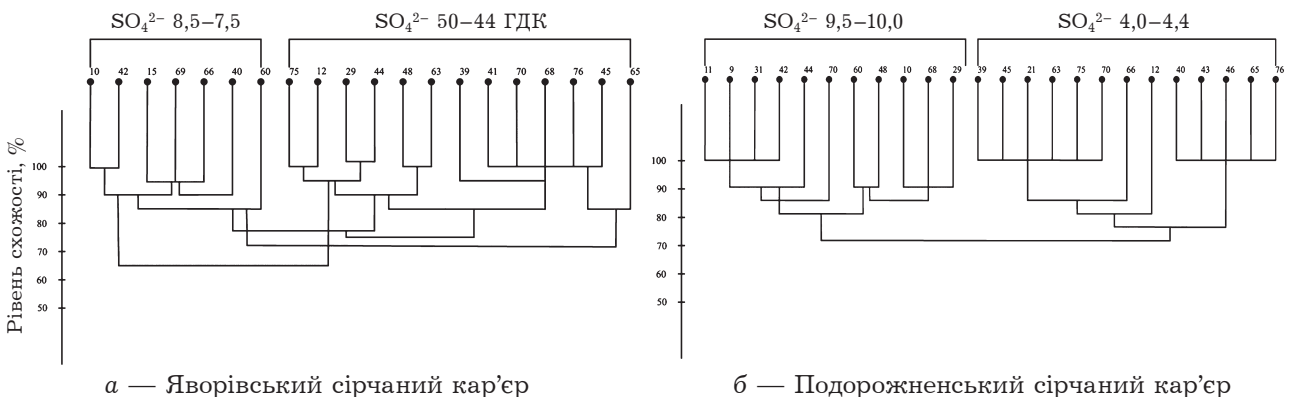
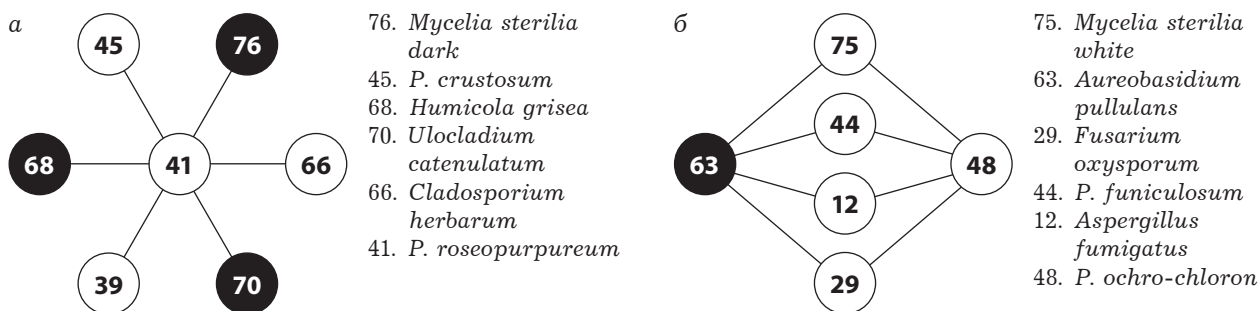


Рис. 2. Дендрограми групової схожості комплексів ґрунтових мікроміцетів

Джерело: виконано авторами на основі власних досліджень.



**Рис. 3.** Кореляційні плеяди міцеліальних угруповань Яворівського сірчаного кар'єру з перевищенням фонових концентрацій  $\text{SO}_4^{2-}$  у 44–50 разів

Джерело: виконано авторами на основі власних досліджень.

із двох або більше членів. До складу високо-організованих міцеліальних комплексів в якості структурних видів входили як меланінвмісні, так і світло забарвлені види.

За результатами кореляційного аналізу, у ґрунтах Яворівського сірчаного кар'єру сформувалися за вмістом  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтового розчині, який перевищував фонові концентрації у 44–50 разів, складно організовані комплекси ґрунтових мікроміцетів (рис. 3). Структурними були світло забарвлені види родів *Penicillium* та *Aspergillus*, а також меланінвмісні дейтеромицети родів *Cladosporium*, *Ulocladium*, *Humicola*, *Aureobasidium*.

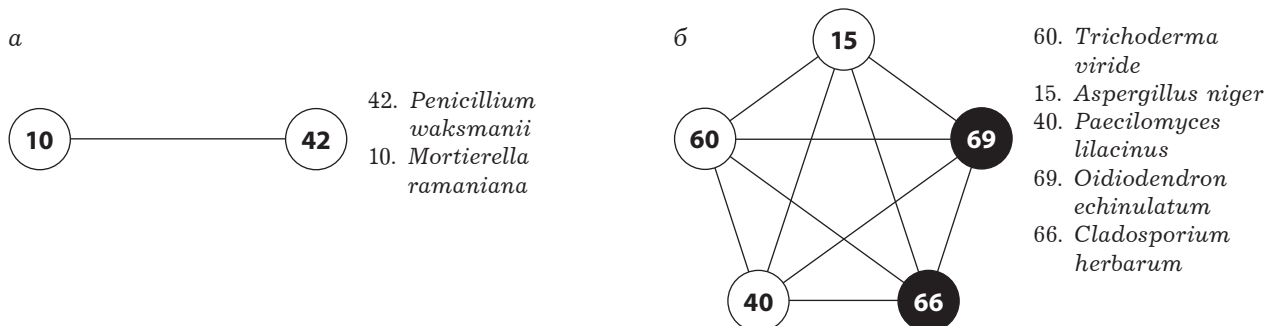
На територіях, де за вмістом  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтового розчині, який перевищував фонові концентрації у 7,5–8 разів кореляційні плеяди мали лінійні структури, тобто, або формувались, або знаходились у стані розпаду (рис. 4). Серед складно організованих були шестичленна та семичленна плеяди, де серед меланінвмісних видів були *Cladosporium herbarum*, *Ulocladium catenulatum*, *Humicola grisea*, *Aureobasidium pullulans*.

Кореляційні плеяди міцеліальних угруповань ґрунту, які сформувалися на Подорожненському сірчаному кар'єрі, де вміст  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтового розчині, перевищував фонові кон-

центрації у 9,5–10 разів були чотиричленними та шестичленними складно організованими структурами (рис. 5). Структурними родами у плеядах були види родів *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Tichoderma*, *Ulocladium*, *Humicola*.

Найбільш складно організованими виявилися восьмичленні структури у ґрунтах, де вміст  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтового розчині, перевищував фонових концентрацій у 4,0–4,4 раза (рис. 6). Вони були пов'язані міцними трофічними зв'язками та сформували структури з видів родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Ulocladium*, *Paecilomyces*, а також у структурні роди увійшли *Mycelia sterilia* (white) та *Mycelia sterilia* (dark) і формують стабільні міцеліальні комплекси, що свідчить про заселення деваствованих територій r- та L-стратегіями.

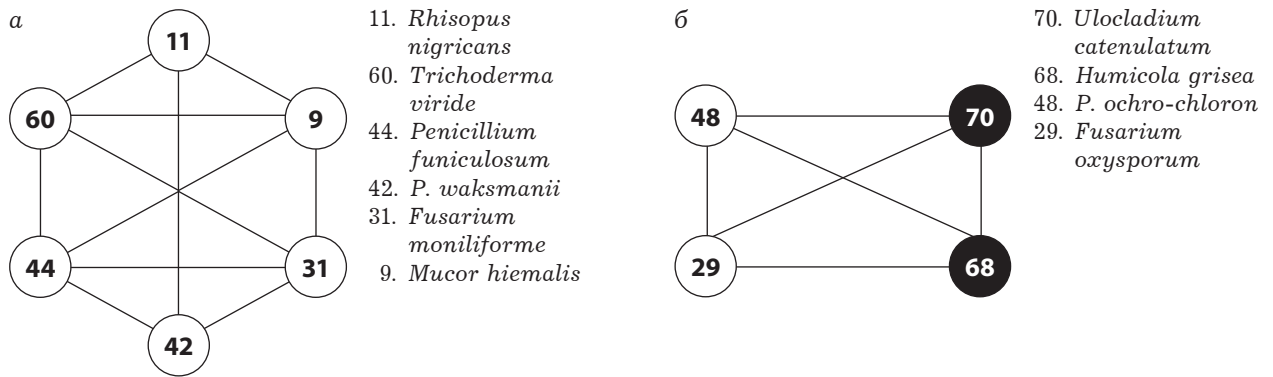
Варто відзначити, що в усі періоди року особливою активністю відзначався розвиток виду *Tichoderma viride*, що є позитивним екологічним фактором для деваствованих ґрунтів. Вид *Tichoderma viride* використовують для обробки насіння і вносять безпосередньо до ґрунту, щоб контролювати рівень патогенів. Фунгіцидний вплив цього виду також використовують у біологічному контролі фітопатогенних грибів



**Рис. 4.** Кореляційні плеяди міцеліальних угруповань Яворівського сірчаного кар'єру з перевищенням фонових концентрацій  $\text{SO}_4^{2-}$  у 8,0–7,5 раза

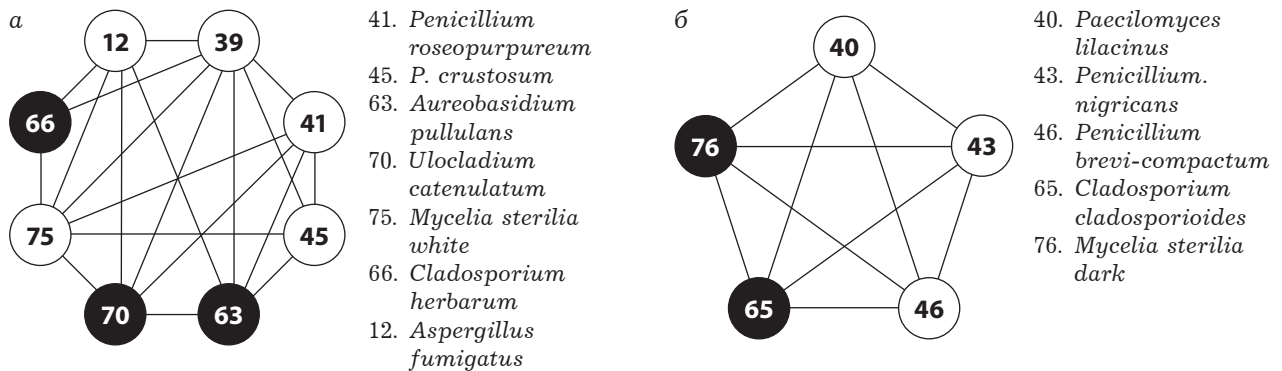
Джерело: виконано авторами на основі власних досліджень.





**Рис. 5.** Кореляційні плеяди міцеліальних угруповань Подорожненського сірчаного кар'єру з перевищенням фонових концентрацій  $\text{SO}_4^{2-}$  у 9,5–10 разів

Джерело: виконано авторами на основі власних досліджень.



**Рис. 6.** Кореляційні плеяди міцеліальних угруповань Подорожненського сірчаного кар'єру з перевищенням фонових концентрацій  $\text{SO}_4^{2-}$  у 4,0–4,4 раза

Джерело: виконано авторами на основі власних досліджень.

*Rhizoctonia*, *Pythium*, *Fusarium*, *Macrophomina phaseolina* та ряду дереворуйнуючих грибів, зокрема опенька.

### ВИСНОВКИ

За результатами досліджень ґрунтів із різними рівнями забруднення сіркою встановлено, що екотопи, які за вмістом  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтового розчині різнилися у 1,8–4,4 рази характеризувалися високим коефіцієнтом порівняння ( $V$ ). Це свідчить про достовірну схожість мікобіоти досліджуваних екотопів, що характерно для досліджуваних територій Подорожненського сірчаного кар'єру. Для Яворівського сірчаного

кар'єру характерні низькі значення коефіцієнта порівняння ( $V$ ), що найбільше проявлялось у ґрунтах із перевищенням фонових концентрацій у 40–50 разів за вмістом  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтового розчині.

Видовий склад мікроміцетів, виділених упродовж 2011–2021 рр., представлено 76 видами із 31 роду. Встановлені структурні види, які пов'язані між собою тісними кореляційними зв'язками і формують комплекси мікроміцетів на Подорожненському та Яворівському сірчанних кар'єрах, що свідчить про заселення дегазованих територій r- та L-стратегіями.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Тарас У.М. Проблеми рекультивации сірчаного кар'єру в зоні діяльності Яворівського державного гірничо-хімічного підприємства "Сірка". *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.2. С. 154–158.
2. Бардась А.В., Богач К.С. Вплив гірничих робіт на техногенне руйнування ґрунтового покриву та екологічне використання земельних ресурсів. *Економічний простір*. 2013. № 71. С. 277–286.
3. Качановський О.І. Класифікація порушених земель для реабілітації. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2021. Вип. 5. С. 91–96.
4. Концепція рекультивации земель порушених за відкритого та підземного видобутку корисних копалин / С.А. Балюк та ін. Харків: Національний науковий центр "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського", 2012. 50 с.

5. Poesen J. Soil erosion in the Anthropocene: Research needs. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2018. Vol. 43. P. 64–84.
6. FAO. 2021. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture — Systems at breaking point. Synthesis report 2021. Rome. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb7654en>
7. FAO. 2015. A/RES/70/1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, Agenda items 15 and 116 of UN Seventieth session. FAO, 21 October 2015. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld> (дата звернення: 09.09.2022).
8. Johnson A.C., Jin X., Nakada N., Sumpter J.P. Learning from the past and considering the future of chemicals in the environment. *Science*. 2020. 367. P. 384–387.
9. Балюк С.А., Медведєв В.В., Воротинцева Л.І., Шимель В.В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 8. С. 5–11.
10. Дем'янюк О.С., Бойко А.Л. Земля потребує стратегічного аналізу. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 2. С. 82–85.
11. Дідух Я.П. Основи біоіндикації. К.: Наукова думка, 2012. 344 с.
12. Bioindication in Soil Ecosystems / Ed. by T.J. Heger, G. Imfeld, E.A.D. Mitchell. *European Journal of Soil Biology*. 2012. Vol. 49. P. 1–118.
13. Дем'янюк О.С., Симочко Л.Ю., Тертична О.В. Сучасні методичні підходи до оцінювання екологічного стану ґрунту за активністю мікробіоценозу. *Питання біоіндикації та екології*. 2017. Вип. 22, № 1. С. 55–68.
14. Мусич О.Г., Парфенюк А.І., Ландін В.П., Дем'янюк О.С. Порушення екологічної рівноваги мікробіоценозу на радіаційно забруднених ґрунтах Полісся України. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 3. С. 70–76.
15. Иутинская Г.А., Пономаренко С.П., Андреюк Е.И. и др. Биорегуляция микробно-растительных систем: монография / под ред. Г.А. Иутинской, С.П. Пономаренка. К.: Ничлава, 2010. 464 с.
16. Paul E.A. Soil microbiology, ecology and biochemistry. Academic press, 2014. 573 p.
17. Chandra P. Soil–microbes–plants: Interactions and ecological diversity. In Plant Microbe Interface; Varma, A., Tripathi, S., Prasad, R., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2019.
18. Demyanyuk O., Symochko L., Hosam E.A.F. Bayoumi Hamuda, Symochko V., Dmitrenko O. Carbon pool and biological activities of soils in different ecosystems. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2019. Vol. 9 (1). P. 189–200.
19. Hofman J., Bezchlebova J., Dusek L. Novel approach to monitoring of the soil biological quality. *Environ. Int.* 2003. Vol. 28 (88). P. 771–778.
20. Мирчинк Т.Г. Почвенные грибы как компоненты биогеоценоза / Почвенные организмы как компоненты биогеоценоза. М., 1984. С. 114–130.
21. Kaisermann A., Maron P., Beaumelle L. et al. Fungal communities are more sensitive indicators to non-extreme soil moisture variations than bacterial communities. *Applied Soil Ecology*. 2015. Vol. 86. P. 158–164.
22. Devi R., Kaur T., Kour D., Rana K.L., Yadav A., Yadav A.N. Beneficial fungal communities from different habitats and their roles in plant growth promotion and soil health. *Microbial Biosyst.* 2020. Vol. 5. P. 21–47.
23. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. С. 45–47.
24. Билай В.И., Элланская И.А., Кириленко Т.С. Микромицеты почв / под общ. ред. В.И. Билай. К.: Наукова думка, 1984. 264 с.
25. Жданова Н.Н., Василевская А.П. Меланинсодержащие грибы в экстремальных условиях. К.: Наукова думка, 1988. 196 с.
26. Коріновська О.М., Гришко В.М. Чутливість мікроміцетів до важких металів. *Вісник Дніпропетровського національного університету. Біологія. Медицина*. 2011. Вип. 2. Т. 2. С. 49–55.
27. Гришко В.М., Коріновська О.М., Бондаренко А.М. Видовий склад та чисельність мікроміцетів у технозомах. *Вісник ХНАУ*. 2012. Вип. 1(25). С. 70–77.
28. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Л.М. Томакова та ін.; за наук. ред. В.В. Волкогона. К.: Аграрна наука, 2010. 464 с.
29. Билай В.И., Коваль Э.З. Аспергиллы. К.: Наукова думка, 1988. 204 с.
30. Билай В.И. Фузари. К.: Наукова думка, 1977. 444 с.

## THE STRUCTURE OF MICROMYCETES COMPLEXES IN THE ECOTOPES OF SULFUR QUARRIES IN THE WESTERN REGION OF UKRAINE

**Oliferchuk V.**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor  
National Forestry University of Ukraine (Lviv, Ukraine)  
e-mail: [victorijaoliferchuk@gmail.com](mailto:victorijaoliferchuk@gmail.com);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2800-2254>

**Shukel I.**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
National Forestry University of Ukraine (Lviv, Ukraine)  
e-mail: [shukel@ukr.net](mailto:shukel@ukr.net);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9331-1523>

*Species composition and structure of micromycetes in the soil samples of the Yavoriv and Podorozhnie sulfur quarries with different degree of sulfur contamination were studied. The monitoring points were selected based on the considerable variation of the level of sulfur pollution. Soil samples with comparatively insignificant excess of  $SO_4^{2-}$  background concentration in soil solution were compared with those exceeding the concentration by 1.5–1.9 times (ecotope ZH1), by 4.0–4.6 times (ecotope E3), 48–50 times (ecotope T5), 40–44 times (ecotope T6), by 7.5–8.0 times (ecotope E7). It was established that the ecotopes with  $SO_4^{2-}$  content in soil solution differing 1.5–1.9 times were characterized with the high comparison coefficient (V). It indicates exact similarity of microbiota of the studied ecotopes, which is typical for the studied area of the Podorozhnie sulfur quarry. The Yavoriv sulfur quarry is characterized with low values of comparison coefficient (V) which was mostly demonstrated in the soils with excessive background concentration of  $SO_4^{2-}$  in soil solution by 40–50 times. Species composition of micromycetes was defined, which were distinguished during 2011–2021 and classified as 76 species of 31 genera. Based on the calculation of even correlations between species of micromycetes in soils of the studied sulfur quarries and  $SO_4^{2-}$  content in soil solution structural species were defined, which are interconnected with close correlation relations and form micromycetes complexes at the Podorozhnie and Yavoriv sulfur quarries, which indicates the spread of r- and L- strategists on the devastated areas.*

**Keywords:** mycobiome structure, contaminated soils, species composition, biodiversity.

## REFERENCES

1. Taras, U.M. (2013). Problemy rekultyvatsii sirchanoho karieru v zoni diialnosti Yavorivskoho derzhavnogo hirnycho-khimichnogo pidpriemstva "Sirka" [The revegetation problems of sulphuric pit during activity of the Yavoriv state mines-chemical enterprise "Sirka"]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific bulletin of UNFU*, 23 (2), 154–158 [in Ukrainian].
2. Bardas, A.V., Bohach, K.S. (2013). Vplyv hirnychykh robit na tekhnohenne ruinuvannya gruntovoho pokryvu ta ekolohichne vykorystannia zemelnykh resursiv [The impact of mining on man-made soil destruction and environmental use of land resources]. *Ekonomichnyi prostir – Economic scope*, 71, 277–286 [in Ukrainian].
3. Kachanovskiy, O. (2021). Klasyfikatsiia porushenykh zemel dlia reabilitatsii. [Classification of distributed lands for rehabilitation]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Ekonomika – Taurida Scientific Herald. Series: Economics*, 5, 90–96 [in Ukrainian].
4. Baliuk, S.A. (2012). Kontseptsii rekultyvatsii zemel porushenykh za vidkrytoho ta pidzemnogo vydobutku korysnykh kopalyn [The concept of reclamation of lands disturbed by open and underground mining]. *Natsionalnyi naukovyi tsentr "Instytut gruntoznastva ta ahrokhimii imeni O.N. Sokolovskoho"* [in Ukrainian].
5. Poesen, J. (2018). Soil erosion in the Anthropocene: Research needs. *Earth Surface Processes and Landforms*, 43, 64–84 [in English].
6. FAO (2021). The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture — Systems at breaking point. Synthesis report 2021. Rome. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb7654en> [in English].
7. FAO (2015). A/RES/70/1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, Agenda items 15 and 116 of UN Seventieth session. FAO, 21 October 2015. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>. [in English].
8. Johnson, A.C., Jin, X., Nakada, N., Sumpter, J.P. (2020). Learning from the past and considering the future of chemicals in the environment. *Science*, 367, 384–387 [in English].
9. Baliuk, S., Medvediev, V., Vorotyntseva, L., Shymel, V. (2017). Suchasni problemy dehradatsii hruntiv i zakhody shchodo dosiahnennia neitralnogo yii rivnia [Problems of degradation of soils and measures on reaching its neutral level]. *Visnyk ahraryoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 8, 5–11 [in Ukrainian].
10. Demianiuk, O.S., Boiko, A.L. (2019). Zemlia potrebuie stratehichnogo analizu [Land demands strategic analysis]. *Visnyk ahraryoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 2, 82–85 [in Ukrainian].
11. Didukh, Ya.P. (2012). *Osnovy bioindykatsii [Basics of bioindication]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
12. Heger, T.J., Imfeld, G., Mitchell, E.A.D. (Eds.). (2012). Bioindication in Soil Ecosystems. *European Journal of Soil Biology*, 49, 1–118 [in English].
13. Demianiuk, O.S., Symochko, L.Yu., Tertychna, O.V. (2017). Suchasni metodychni pidkhody do otsiniuvannya ekolohichnogo stanu gruntu za aktyvnistiu mikrobiotsenozu [Modern methodical approaches to evaluation the ecological condition of soil by microbial activity]. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii – Problems of bioindication and ecology*, 22 (1), 55–68 [in Ukrainian].
14. Musych, O.H., Parfeniuk, A.I., Landin, V.P., Demianiuk, O.S. (2018). Porushennia ekolohichnoi rivnovahy mikrobiotsenozu na radiatsiino zabrudnenykh gruntakh Polissia Ukrainy [Violation of the ecological balance of microbocenosis on radiation-contaminated soils of Polissia of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 3, 70–76 [in Ukrainian].
15. Iutinskaya, G.A., Ponomarenko, S.P., Andreyuk, Ye.I. (2010). *Bioregulyatsiya mikrobnno-rastitelnykh sistem: monografiya [Bioregulation of microbial-plant systems: monograph]*. Kyiv: Nichlava [in Russian].
16. Paul, E.A. (2014). Soil microbiology, ecology and biochemistry. Academic press [in English].

17. Chandra, P., Varma, A., Tripathi, S., Prasad, R., (Eds.). (2019). Soil–microbes–plants: Interactions and ecological diversity. *Plant Microbe Interface*. Springer: Cham, Switzerland [in English].
18. Demianiuk, O., Symochko, L., Hosam, E.A.F. Bayoumi Hamuda, Symochko, V., Dmitrenko, O. (2019). Carbon pool and biological activities of soils in different ecosystems. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 9 (1), 189–200 [in English].
19. Hofman, J., Bezchlebova, J., Dusek, L. (2003). Novel approach to monitoring of the soil biological quality. *Environ. Int.*, 28 (88), 771–778 [in English].
20. Mirchink, T.G. (1984). *Pochvennye griby kak komponenty biogeocenoza / Pochvennye organizmy kak komponenty biogeocenoza [Soil fungi as components of biogeocenosis / Soil organisms as components of biogeocenosis]*. Moscow [in Russian].
21. Kaisermann, A., Maron, P., Beaumelle, L. et al. (2015). Fungal communities are more sensitive indicators to non-extreme soil moisture variations than bacterial communities. *Applied Soil Ecology*, 86, 158–164 [in English].
22. Devi, R., Kaur, T., Kour, D., Rana, K.L., Yadav, A., Yadav, A.N. (2020). Beneficial fungal communities from different habitats and their roles in plant growth promotion and soil health. *Microbial Biosyst*, 5, 21–47 [in English].
23. Marfenina, O.Ye. (2005). *Antropogennaya ekologiya pochvennyh gribov [Anthropogenic ecology of soil fungi]*. Moscow: Medicina dlya vseh [in Russian].
24. Bilay, V.I., Ellanskaya, I.A., Kirilenko, T.S. (1984). *Mikromitsety pochv [Micromycetes of soils]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
25. Zhdanova, N.N., Vasilevskaya, A.P. (1988). *Melaninsoderzhashie griby v ekstremalnykh usloviyakh [Melanin-containing fungi under extreme conditions]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
26. Korinovska, O.M., Hryshko, V.M. (2011). Chutlyvist mikromitsetiv do vazhkykh metaliv [Sensitivity of micromycetes to heavy metals]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu. Biologiya. Medytsyna – Bulletin of the Dnipropetrovsk National University. Biology. Medicine*, 2 (2), 49–55 [in Ukrainian].
27. Hryshko, V.M., Korinovska, O.M., Bondarenko, A.M. (2012). Vydovyi sklad ta chyselnist mikromitsetiv u tekhnozemakh [Species composition and number of micromycetes in technozems]. *Visnyk KhNAU – The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*, 1(25), 70–77 [in Ukrainian].
28. Volkohon, V.V., Nadkernychna, O.V., Tokmakova, L.M. (2010). *Ekspyrymentalna gruntova mikrobiologiya: monohrafiia [Experimental soil microbiology: monograph]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
29. Bilay, V.I., Koval, E.Z. (1988). *Aspergilly [Aspergillus]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
30. Bilay, V.I. (1977). *Fuzarii [Fusari]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Оліферчук Вікторія Петрівна**, кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології, Національний лісотехнічний університет України (вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057; e-mail: victorijaoliferchuk@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2800-2254>)

**Шукель Ігор Володимирович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства та урбоекології, Національний лісотехнічний університет України (вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057; e-mail: shukel@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9331-1523>)

## НОВИНИ

### НОВИНИ

## НОВИНИ • НОВИНИ • НОВИНИ

Організація Об'єднаних Націй оголосила про створення нової супутникової системи для виявлення метану, який впливає на зміну клімату. Система оповіщення та реагування на метан (MARS) була презентована в рамках конференції зі зміни клімату COP27, що відбувається у Єгипті. Цей проєкт дасть змогу Програмі ООН з довкілля (ЮНЕП) фіксувати викиди парникового газу та зміни, до яких це призводить. Отримавши супутникові дані, ЮНЕП повідомлятиме уряди та компанії про викиди безпосередньо або через партнерів, щоб відповідальні органи могли вжити відповідних заходів. За запитом партнери MARS надаватимуть консультаційні послуги щодо оцінки можливостей пом'якшення наслідків. ЮНЕП продовжуватиме моніторинг місця викиду та протягом 45–75 днів оприлюднюватиме дані й відповідний аналіз.