

## МІКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОРЕНЕВОЇ ЗОНИ РОСЛИН *CAREX HIRTA* L. У НАФТОЗАБРУДНеноМУ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ

Л. Буньо<sup>1\*</sup>, О. Худик<sup>2</sup>, В. Оліферчук<sup>2</sup>, О. Цвілинюк<sup>1</sup>, О. Терек<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна  
e-mail: biofr@franko.lviv.ua; bioza@ukr.net

<sup>2</sup>Національний лісотехнічний університет України  
вул. Ген. Чупринки, 103, Львів 79057, Україна  
e-mail: dendro@is.lviv.ua

Досліджено вплив нафтового забруднення на видовий склад мікобіоти кореневої зони рослин *C. hirta*. Виявлено зменшення чисельності більшості видів мікроскопічних грибів за дії нафти. Водночас нафтове забруднення ґрунту сприяло зростанню чисельності меланінвмісних грибів, які можуть використовуватись у біоіндикації техногенно забруднених ґрунтів. Встановлено, що навіть через рік після розливу нафти мікроміцетний комплекс не відновлювався до вихідного стану.

*Ключові слова:* мікроскопічні гриби, нафтове забруднення ґрунту, *Carex hirta* L., ризосфера, ризоплана, едафосфера.

Щороку в Україні у ґрунти потрапляє близько 100–120 млн т ксенобіотиків (важкі метали, пестициди, нафта, нафтопродукти та ін.) [27]. Унаслідок тривалого й інтенсивного антропогенного впливу в ґрунтах розвиваються деградаційні процеси [21], і ґрунти змінюють свої властивості [51].

Одним із основних компонентів ґрунтового біоценозу є мікроскопічні гриби [5, 12, 18]. Ці організми чутливі до змін властивостей ґрунту за дії різних полютантів, характеризуються широким спектром адаптивних властивостей [4, 56] і тому використовуються як тест-об'єкти для вивчення забруднених ґрунтів [16], слугуючи індикаторами їх стану [16, 17]. Відомо також, що мікроскопічні гриби забезпечують початкові етапи біологічної деструкції нафти [45].

Нафта впливає на стан асоціацій мікроміцетів у ґрунтах [10]. Особливого значення набувають дослідження мікроценозних угруповань у кореневій зоні (ризоплана та ризосфера) рослин. У цій зоні деструкція нафти відбувається найбільш інтенсивно завдяки взаємодії рослин з мікоризними грибами [53, 54, 58]. Проте роботи щодо порівняльного аналізу комплексів ґрунтових мікроміцетів в умовах антропогенної трансформації ґрунту в літературі практично відсутні [20], за винятком окремих досліджень [31].

Осока шорсткововолосиста (*Carex hirta* L.) – одна із небагатьох рослин родини осокових, яка утворює мікоризу [38] і використовується у фіторекультиватії нафтозабруднених ґрунтів. Аналіз літературних даних свідчить, що відомості про основні кількісні та якісні характеристики мікобіоти кореневої зони осокових досить обмежені. Тому вивчення особливостей формування мікроміцетних комплексів у *C. hirta* за дії нафти є актуальним і потребує еколого-систематичних досліджень.

### Матеріали та методи

Дослідження проводили на дослідних ділянках у м. Бориславі. У рови (4 x 1 x 0,25 м), дно яких вистелене поліетиленовою плівкою з перфораціями, вносили по 1000 кг

грунту. Вологість ґрунту на час зважування становила 15%. Ділянка з чистим ґрунтом (еталонний ґрунт) слугувала контролем. Ділянка із ґрунтом, штучно забрудненим нафтою, була модельним ґрунтом. Нафту вносили до ґрунту в концентрації 50 г нафти на 1 кг ґрунту. Повторність ділянок двократна. Через 16 днів після внесення нафти (необхідний термін для вивітрювання летких токсичних нафтопродуктів) [35] у ґрунт висаджували вегетативні особини *C. hirta*. Рослини були однакові за віком і розмірами. Вологість ґрунту підтримували у межах 60% від повної вологоємності. Відбір зразків ґрунту здійснювали на 30-ту і 381-шу добу росту рослин *C. hirta*, що відповідає 46 та 411 добам деструкції нафти. Відбір із кореневої зони рослин *C. hirta* на 30-ту і 381-шу добу росту здійснювали з-під рослин однакового віку, які перебували на віргінільному етапі розвитку. Оскільки результати досліджень еталонного ґрунту на 30-ту і 381-шу добу перебували в межах похибки, то контролем слугував тільки ґрунт на 30-ту добу росту рослин *C. hirta*.

Об'єктом досліджень були мікроскопічні гриби кореневої зони (ризоплана і ризосфера) рослин *C. hirta* і міжрядь (едафосфера) еталонного та модельного ґрунтів.

Проби ґрунтів для виділення мікроскопічних грибів із дотриманням стерильності відбирали на глибині 5–8 см (вересень 2010 р.), де акумулюється найбільша кількість політантів і спостерігається найвищий вміст мікроорганізмів [18]. Відбір ґрунтових зразків здійснювали згідно з існуючими методами [22, 25] та діючими ДСТУ [41].

Для виділення мікроскопічних грибів із ґрунту й ризосфери використовували метод ґрунтового розведення; з ризоплани – метод водних змивів [22, 23]. Ґрунтову суспензію висівали на живильне агаризоване середовище: сусло-агар (СА) із додаванням поліміксину (50 мг на 0,5 л середовища) для гальмування розвитку бактеріальної мікрофлори. Повторність кожного посіву була трикратною. Кількісний і якісний склад грибів визначали за методом Теппер [3]. Тривалість культивування грибів – 4–14 діб за температури 28°C. Чисельність мікроміцетів виражали в одиницях КУО (колонієутворюючі одиниці) на 1 г ґрунту чи маси сирової речовини. Ідентифікацію виділених ізолятів грибів проводили за макро-, мікоморфологічними та фізіолого-культуральними ознаками, користуючись визначниками [1, 13, 24, 28, 33, 34, 43, 44, 46, 48–50, 52, 55].

Систематичну належність мікроміцетів визначали за системою, опублікованою у 9-му виданні „Ainsworth & Bisby's Dictionary of the fungi” [42], а в окремих випадках – згідно з іншими сучасними літературними джерелами [28, 57]. Назви видів проводили у відповідності до бази даних [48]. Латинські назви грибів подані за книгою “Fungi of Ukraine” [47]. Оскільки для більшості грибів родів *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* та *Fusarium* ще не встановлені зв'язки з телеоморфами, то в нашій роботі ми розглядаємо їх у складі групи *Anamorphic fungi*.

Визначення еколого-систематичного аналізу стану мікобіоти ґрунтів проводили з використанням відповідних екологічних показників: частоти трапляння мікроміцетів, коефіцієнта подібності Сьоренсена-Чекановського, коефіцієнта різноманіття Шеннона й індексу домінування Сімпсона [25, 29], а також індексу меланізації мікобіоти [7, 25, 26], які є основними універсальними показниками реакції біоти на різні фактори впливу [29].

Частоту трапляння виду розраховували за формулою:

$$C = A100/B,$$

де  $C$  – частота трапляння, %;  $A$  – кількість зразків, у яких виявлено даний вид;  $B$  – загальна кількість досліджених зразків [23]. Якщо частота трапляння мікроскопічних грибів становить більше 50%, то ці види є домінуючими; 30–50% – ті, що часто трапляються; трапляння на рівні 10% і менше – рідкісні види [7].

Для порівняння ступеня подібності й відмінності списку видів мікроскопічних грибів, виділених із різних ґрунтів, використовували коефіцієнт Сьоренсена-Чекановського [25]:

$$S = 2C/(A+B),$$

де  $S$  – коефіцієнт Сьоренсена-Чекановського;  $C$  – кількість спільних видів грибів для двох пунктів;  $A$  і  $B$  – загальна кількість видів грибів, виділених з першого ( $A$ ) та другого ( $B$ ) пунктів дослідження.

Коефіцієнт біологічного різноманіття (коефіцієнт Шеннона) розраховували за формулою [29]:

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i, \quad p_i = n_i/N,$$

де  $H$  – коефіцієнт Шеннона;  $p_i$  – ймовірність значущості для кожного виду гриба в певному типі ґрунту;  $n_i$  – значущість кожного виду гриба в певному типі ґрунту;  $N$  – значущість у всіх видів грибів у певному типі ґрунту. Чим вищий цей коефіцієнт, тим видовий склад мікроскопічних грибів ґрунту є різноманітніший.

Індекс домінування (індекс Сімпсона) розраховували за формулою [29]:

$$C = \sum (n_i/N)^2 = \sum (p_i)^2,$$

де  $C$  – індекс Сімпсона. Позначення аналогічні вищевказаним при розрахунку коефіцієнту Шеннона.

Для порівняння видового складу грибів застосовувався коефіцієнт дискримінації Стургена-Радулеску [39], який розраховували за формулою:

$$P = \frac{X + Y - Z}{X + Y + Z},$$

де  $P$  – коефіцієнт Стургена-Радулеску;  $X$  – кількість видів грибів, які трапляються в чистому ґрунті;  $Y$  – кількість видів грибів, які реєструються в нафтозабрудненому ґрунті, але відсутні в чистому ґрунті;  $Z$  – кількість спільних видів, які знайдено в обох типах ґрунту. Зміна коефіцієнта є допустимою в межах від -1 до +1. При  $\rho = -1$  подібність видових спектрів мікроміцетів є повною, а при  $\rho = +1$  доведено їх повну відмінність (дискримінацію).

Визначення кольору колоній, який необхідний для опису ізолятів, проводили двома способами. За допомогою шкали Бондарцева [2] і за допомогою адитивної моделі RGB. Оцінювали інтенсивність забарвлення за допомогою програми Adobe Photoshop CS5.

Статистичну обробку одержаних результатів проводили з використанням загальноприйнятих методів [15, 40] за допомогою програм Microsoft Excel та Statistica 9.0.

### Результати і їхнє обговорення

Результати досліджень загальної чисельності мікроміцетів кореневої зони та міжряддя дали змогу встановити, що чисельність ґрунтових грибів, виділених із ризоплани рослин *C. hirta*, які росли на нафтозабрудненому ґрунті, перевищувала показники контролю: в 6 разів за терміну деструкції нафти 46 діб і в 2 рази за терміну деструкції нафти 411 діб (табл. 1). У ризосфері рослин *C. hirta* за дії нафти ці показники були нижчими, порівняно з еталонним ґрунтом: у 2,1 (46 доба) та 1,4 (411 доба) рази відповідно. Чисельність грибів у міжрядді нафтозабрудненого ґрунту була в 1,3 разу (46 доба деструкції нафти) та 2,5 разу (411 доба деструкції нафти) більшою щодо міжряддя еталонного ґрунту (табл. 1). Ці дані узгоджуються з літературними відомостями, в яких показано, що комплекс ґрунтових мікроміцетів після короточасного інгібування відповідає на нафтове забруднення збільшенням чисельності й посиленням активності. Водночас розвиваються так звані «спеціалізовані» групи мікроскопічних грибів, які беруть участь у різних етапах утилізації вуглеводнів [45].

Таблиця 1

Загальна чисельність мікроміцетів, виділених із кореневої зони *C. hirta* та едафосфери у дерново-підзолистому ґрунті

Варіанти досліджу	Кількість мікроміцетів, КУО x г <sup>-1</sup> ґрунту x 10 <sup>4</sup>				Кількість мікроміцетів, КУО x г <sup>-1</sup> кореня x 10 <sup>4</sup>	
	міжряддя		ризосфера		ризоплана	
	$\bar{X}$	<i>m</i>	$\bar{X}$	<i>m</i>	$\bar{X}$	<i>m</i>
Еталонний ґрунт	13,0	3,5	12,3	1,6	18,5	0,5
Модельний ґрунт (46 днів деструкції нафти)	17,5	1,0	6,0	1,0	109,3	4,4
Модельний ґрунт (411 доба деструкції нафти)	33,1	1,4	8,5	0,5	34,5	1,0

Аналіз виділених ізолятів мікроскопічних грибів за морфолого-культуральними ознаками показав, що мікоценози ризосфери і ризоплани відрізнялися за родовим і видовим різноманіттям від ґрунту міжряддя як в еталонному ґрунті, так і в модельних ґрунтах (рис. 1).

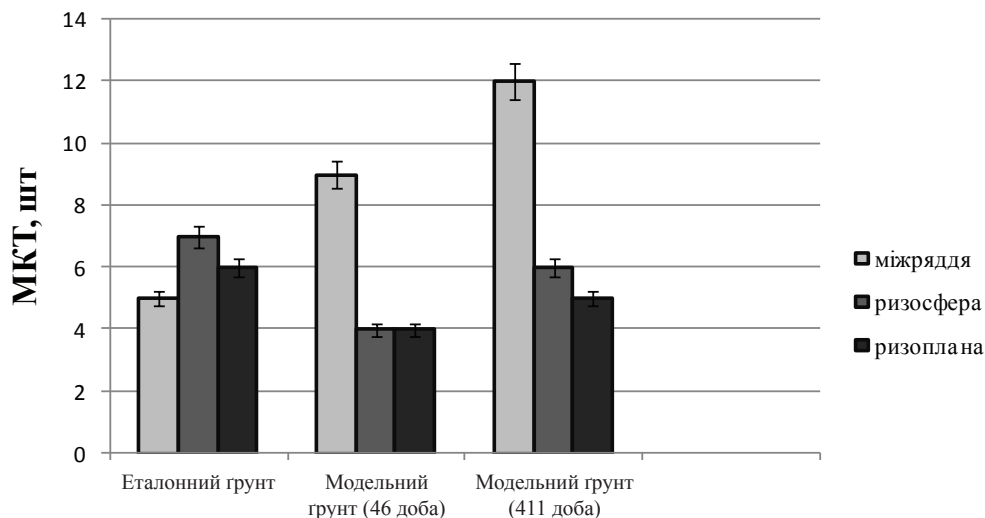


Рис. 1. Співвідношення кількості морфотипів мікроскопічних грибів, виділених із кореневої зони рослин *C. hirta* та едафосфери на 46-ту і 411-ту добу деструкції нафти.

З кореневої зони *C. hirta*, які росли у чистому ґрунті, виділено 13 видів грибів; з нафтозабрудненого ґрунту через 46 та 411 днів деструкції нафти – 8 і 11 видів відповідно. Найбільшим видовим різноманіттям характеризується міжряддя нафтозабрудненого ґрунту на 411-ту добу деструкції нафти (рис. 1). Найменш різноманітним за видовим складом був комплекс грибів ризосфери та ризоплани рослин *C. hirta* із нафтозабрудненого ґрунту з терміном деструкції нафти 46 днів (рис. 1).

Нами було ідентифіковано 26 видів мікроскопічних грибів із 11 родів, які належать до 3 класів: *Zygomycetes*, *Leotiomycetes*, *Hyphomycetes*. Найбагатшим за видовим складом виявився рід *Penicillium* – 10 видів. Його представники становили 38,5% усіх виділених грибів. Три види було ідентифіковано з роду *Aspergillus*, по 2 види з родів *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Cladosporium*. Інші роди були представлені одним видом (табл. 2).

Таблиця 2

Мікологічна характеристика нафтозабрудненого ґрунту в кореневій зоні рослин  
*C. hirta* й едафосфері на 46-ту і 411-ту доби деструкції нафти

Найменування класів, родів і видів	Еталонний ґрунт			Модельний ґрунт (46 доба деструкції нафти)			Модельний ґрунт (411 доба деструкції нафти)		
	ризоплана	ризосфера	міжряддя	ризоплана	ризосфера	міжряддя	ризоплана	ризосфера	міжряддя
	Відділ <i>Zygomycota</i>								
	Клас <i>Zygomycetes</i>								
	Родина <i>Mucoraceae</i>								
<i>Mortierella ramanniana</i> (Möller)		+	+						
Linnem. var. <i>ramanniana</i>									
<i>Rhizopus oryzae</i> var. <i>oryzae</i> Went & Prins. Geerl.	+		+				+		
<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb.: Fr.) Lind var. <i>stolonifer</i>		+							
	Відділ ASCOMYCOTA								
	Клас <i>Leotiomycetes</i>								
	Родина <i>Sclerotiniaceae</i>								
<i>Monilia</i> sp.						+	+	+	+
	Анаморфні гриби								
	Клас <i>Hyphomycetes</i> (Клас <i>Deuteromycetes</i> )								
	Родина <i>Moniliaceae</i>								
<i>Aspergillus fumigatus</i> Fresen.					+				
<i>Aspergillus niger</i> van Tieghem									+
<i>Aspergillus</i> sp		+						+	
<i>Trichoderma lignorum</i> (Tode) Harz.		+			+		+		
<i>Trichoderma viride</i> Pers.: Fr.	+	+				+			
<i>Penicillium chrysogenum</i> Thom									+
<i>Penicillium citrinum</i> Thom	+	+							+
<i>Penicillium digitatum</i> Pers.:Fr.									+
<i>Penicillium janczewskii</i> Zaleski									+
<i>Penicillium ochraceum</i> Bainier in Thom						+		+	
<i>Penicillium</i> sp.			+		+	+		+	+
<i>Penicillium expansum</i> Lk: Gray						+			+
<i>Penicillium ochro-chloron</i> Biaour	+			+		+			+
<i>Penicillium notatum</i> Westl.					+		+		+
<i>Penicillium rozeopurpureum</i> Dierckx					+				+
	Родина <i>Tuberculariaceae</i>								
<i>Fusarium oxysporum</i> Schldl.						+			
	Родина <i>Dematiaceae</i>								
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) G. Arnaud					+		+	+	+
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries	+	+	+	+		+			
<i>Cladosporium resinae</i> Lindau (Hormoconis <i>resinae</i> f. <i>resinae</i> (Lindau))						+			
<i>Humicola grisea</i> Traaen									+
<i>Torula herbarum</i> (Pers.) Link							+		

Аналіз таксономічного складу мікроскопічних грибів показав, що за впливу нафти відбулися зміни видового складу мікобіоти ґрунтів (табл. 2). Найбільш різноманітними за видовим складом виявилися мікоценози міжрядь нафтозабрудненого ґрунту на 411-ту добу деструкції нафти. Тут ідентифіковано 12 видів (рис. 1). У цих комплексах мікроміцетів за кількістю видів переважали гриби роду *Penicillium* (7 видів), їхня частка становила 58,3% (табл. 2). Можливо, така резистентність грибів *Penicillium* обумовлена наявністю склероціїв – міцеліальних структур, що допомагають їм пристосуватися до несприятливих умов навколишнього середовища; в даному випадку – вплив нафти.

З нафтозабрудненого ґрунту серед виділених видів переважали меланінвмісні гриби (рис. 2). Індекс меланізації мікобіоти (кількість темнозабарвлених грибів) у нафтозабрудненому ґрунті становив 25–34%, що свідчить про меланізацію мікобіоти і може слугувати біоіндикаційним показником забруднення довкілля [6–8, 18, 20, 30].

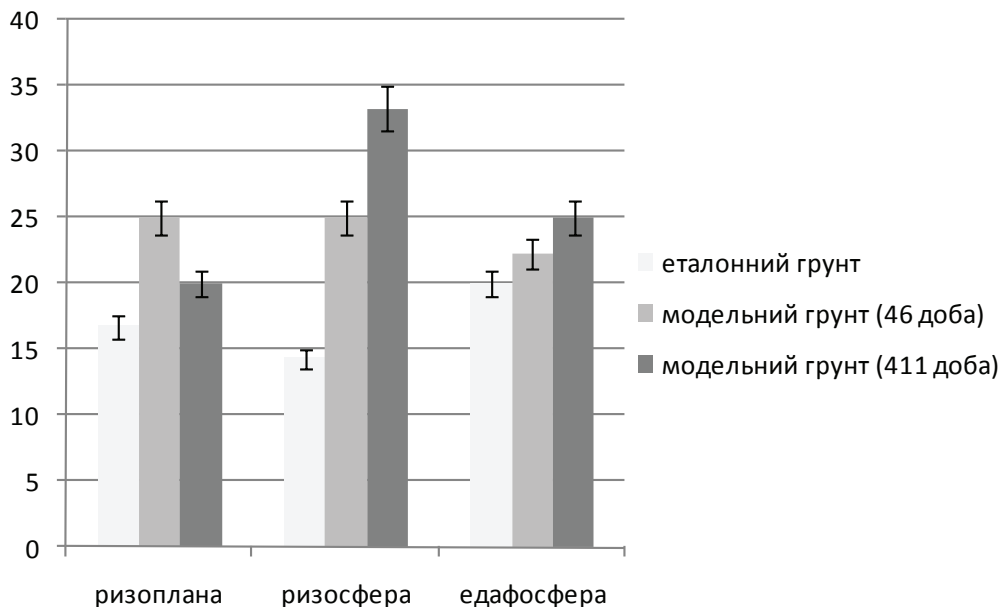


Рис. 2. Частка темнозабарвлених мікроміцетів у складі мікобіоти нафтозабрудненого дерново-підзолистого ґрунту.

Індекс меланізації був найвищим для колоній, які проросли із ґрунту, забрудненого нафтою з терміном деструкції 46 діб (рис. 3). Проростали абсолютно чорні колонії: R=0 G=0 B=0 (C=75% M=68% Y=67% K=90%). В еталонному ґрунті темних колоній не зафіксовано. Для найтемніших колоній RGB становило: R=29 G=54 B=18 (C=77% M=51% Y=92% K=64%) (рис. 3).

Переважаання темнозабарвлених мікроміцетів у нафтозабрудненому ґрунті можливе саме завдяки нагромадженню у них темних пігментів, які мають антиоксидантні властивості й забезпечують захист від посухи і підвищеної інсоляції, що характерне для ґрунтів, забруднених сировою нафтою [37].

Цікавим виявилось спостереження у мікобіоті нафтозабрудненого ґрунту, у складі якої трапляється два види меланінвмісних грибів: *Aspergillus niger* van Tieghem і *Hormoconis resinae* f. *resinae* (Lindau). Перший – патогенний гриб, який може викликати у людини алергічні реакції [32] та глибокі мікози внаслідок вдихання спор або занесення інфекції з



грунтовим пилом унаслідок пошкодження шкірних покривів. Другий представник меланінвмісних грибів – найвідоміший у світі деструктор різних видів пального і нафтопродуктів, який утворює колонії на бензині, гасі тощо. Його знайдено у фільтрах і паливних баках літаків багатьох країн: Великобританії, Данії, Індії, Японії, Нової Зеландії, Бразилії, Каліфорнії тощо [11]. Він вважається основним чинником псування авіапального [14].

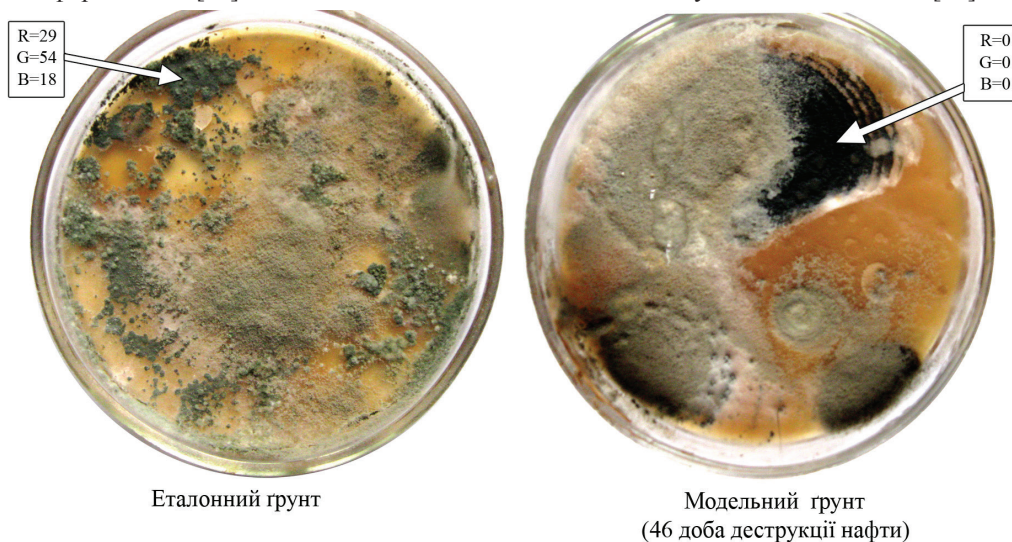


Рис. 3. Колонії мікроміцетів з едафосфери, які проросли з чистого та забрудненого нафтою ґрунтів (46-та доба деструкції нафти).

За шкалою домінантності видів Работнова [36], абсолютні домінанти (частота трапляння виду понад 50%) виявлено у модельному ґрунті з терміном деструкції нафти 411 діб, а також у еталонному ґрунті. У контролі це *Mortierella ramanniana*, *Rhizopus oryzae* (56%), у модельному ґрунті (411 доба деструкції) – *Aureobasidium pullulans* (67%), *Monilia sp.* (56%). У забрудненому нафтою ґрунті через 41 добу деструкції абсолютних домінант не виявлено (табл. 3). Наші дані узгоджуються з літературними [19], у яких вказано, що в забруднених ґрунтах можуть зберігатися лише кілька домінуючих видів, або ж вони зовсім відсутні.

Із домінант другого рангу (частота трапляння від 25 до 50%) у контрольному ґрунті виявлено тільки один вид – *Cladosporium cladosporioides* (44%), у нафтозабрудненому ґрунті як на 46-ту, так і на 411-ту добу деструкції нафти в основному це представники роду *Penicillium* (табл. 3). Для інших видів мікроміцетів частота трапляння не перевищувала 11% (табл. 3).

Аналіз подібності видового складу мікобіоти показав, що найбільшу подібність видової структури мікобіоти еталонного та нафтозабрудненого ґрунтів зафіксовано в зоні ризоплани ( $p=0,67$ ;  $S=0,40$ ) і едафосфери ( $p=0,65$ ;  $S=0,43$ ) на 46-ту добу деструкції нафти (табл. 4). Таку ж подібність ( $p=0,67$ ;  $S=0,40$ ) виявлено в ризосфері рослин *C. hirta* з нафтозабрудненого ґрунту на 46-ту і 411-ту доби деструкції нафти (табл. 4).

Найбільшу відмінність за видовим складом грибів, порівняно з контролем, виявлено у зоні едафосфери із ґрунту, забрудненого нафтою, на 411-ту добу деструкції нафти ( $p=0,89$ ;  $S=0,12$ ) (табл. 4). У цьому зразку (на 411-ту добу деструкції нафти) сформувалась найрізноманітніша мікобіота. Тут було виявлено вид *Monilia sp.*, що не є типовим для ін-

ших зразків (крім міжряддя нафтозабрудненого ґрунту на 46-ту добу деструкції нафти). Даний вид трапляється на ґрунтах, де є надлишок органіки. Оскільки нафта є органічною речовиною, а дерново-підзолистий ґрунт бідний на органічні речовини, – це може бути причиною появи даного виду гриба у нафтозабрудненому ґрунті.

Таблиця 3

Частота трапляння видів мікроскопічних грибів у ґрунті, забрудненому нафтою через 46 і 411 діб деструкції нафти, %

Види мікроміцетів	Еталонний ґрунт	Модельний ґрунт (46 доба)	Модельний ґрунт (411 доба)
<i>Mortierella ramanniana</i>	56	–	–
<i>Rhizopus oryzae</i>	56	–	11
<i>Rhizopus stolonifera</i>	11	–	–
<i>Monilia sp.</i>	–	22	56
<i>Aspergillus fumigatus</i>	–	11	11
<i>Aspergillus niger</i>	–	–	11
<i>Aspergillus sp.</i>	11	–	11
<i>Trichoderma lignorum</i>	11	11	11
<i>Trichoderma viride</i>	22	11	–
<i>Penicillium chrysogenum</i>	–	–	11
<i>Penicillium citrinum</i>	22	–	22
<i>Penicillium digitatum</i>	–	–	11
<i>Penicillium jensen</i>	–	–	11
<i>Penicillium ochraceus</i>	–	11	11
<i>Penicillium sp.</i>	11	33	33
<i>Penicillium gray</i>	–	11	–
<i>Penicillium ochro-chloron</i>	11	33	11
<i>Penicillium notatum</i>	–	33	44
<i>Penicillium rozeo-purpureum</i>	–	22	–
<i>Fusarium oxysporum</i>	22	11	11
<i>Aureobasidium pullulans</i>	–	11	67
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	44	33	–
<i>Cladosporium resiniae</i>	–	22	–
<i>Humicola grisea</i>	–	–	11
<i>Torula herbarum</i>	–	–	11

Таблиця 4

Порівняння видового складу мікроміцетів, виділених з еталонного та модельного дерново-підзолистого ґрунтів на різній відстані від кореня *C. hirta*, за коефіцієнтами Стугрена-Радулеску (р) та Сьоренсена-Чекановського (S)

Варіанти дослідів	Модельний ґрунт (46 доба)			Модельний ґрунт (411 доба)		
	ризоплана	ризосфера	міжряддя	ризоплана	ризосфера	міжряддя
Еталонний ґрунт	0.67/0,40	0.83/0,18		0.83/0,18	0.86/0,15	0.89/0,12
Модельний ґрунт (46 доба)			0.65/0,43	0.80/0,22	0.67/0,40	0.75/0,29

**Примітка.** Чисельник: коефіцієнт Стугрена-Радулеску (р); знаменник: коефіцієнт Сьоренсена-Чекановського (S).

Коефіцієнти подібності Сьоренсена-Чекановського для всіх зразків є досить низькими ( $S < 0,5$ ). За Марфеніною [19], ґрунти з невисоким вмістом нафти мають низькі коефіцієнти подібності Сьоренсена-Чекановського.

Індекси видової різноманітності мікроміцетів показують, що найрізноманітніший видовий склад характерний для мікроміцетів міжряддя модельних ґрунтів із терміном



деструкції 411 діб (H=3,17) та з терміном деструкції 46 діб (H=3,12). Найменш різноманітний видовий склад мікроміцетів був у ризосфері нафтозабрудненого ґрунту на 46-ту добу деструкції нафти (H=1,72) (табл. 5).

Таблиця 5

Індекси різноманіття мікроскопічних грибів у нафтозабрудненому ґрунті за дії росту рослин *C. hirta*

Проби ґрунту	Місце відбору проб	Коефіцієнт Шеннона (H)	Індекс Сімпсона (C)
Еталонний ґрунт	Едафосфера	2,04	0,278
	Ризосфера	2,66	0,159
	Ризоплана	2,30	0,229
Модельний ґрунт (46 доба деструкції нафти)	Едафосфера	3,12	0,118
	Ризосфера	1,72	0,333
	Ризоплана	1,92	0,231
Модельний ґрунт (411 доба деструкції нафти)	Едафосфера	3,17	0,169
	Ризосфера	2,51	0,183
	Ризоплана	1,97	0,298

Коефіцієнт Шеннона також виявився досить низьким у всіх варіантах, крім едафосфери нафтозабрудненого ґрунту. Низькі показники у коефіцієнта Шеннона характерні для ґрунтів, які зазнають постійного хронічного нафтового навантаження. Низькі значення коефіцієнта Шеннона виявили також А. В. Зачиняєва, Є. В. Лебедева [9] та О. Є. Марфеніна для дерново-підзолистих ґрунтів, забруднених важкими металами [19].

Варто відзначити, що при меншому терміні деструкції нафти значення коефіцієнта Шеннона (H) збільшувались, а індексу Сімпсона (C) – знижувались (табл. 5): H=3,17 і C=0,169; H=3,12 і C=0,118. За О. Є. Марфеніною та Т. Г. Мірчик [17], значення коефіцієнта Шеннона за антропогенного впливу знижується, а індекс Сімпсона збільшується.

Нафтове забруднення призвело до перебудови мікоценозу ґрунту. Отримані результати дають змогу констатувати, що у ґрунтах, які відрізняються за терміном деструкції нафти, виявлено низку спільних видів. Водночас подібність між мікобіотою ґрунту міжрядь, ризосфери і ризоплани рослин *C. hirta* досить незначна.

Забруднення ґрунту нафтою призвело до збільшення чисельності мікроміцетів і їхнього видового різноманіття в едафосфері. Таке збільшення відбувалося за рахунок мікроміцетів родів *Penicillium* і темнозабарвлених видів, які можуть слугувати індикаторами забруднення дерново-підзолистого ґрунту нафтою.

Нафта мала токсичний вплив на мікроміцети. Навіть через рік після вилливу нафти мікроміцетний комплекс не відновився до вихідного стану.

Коренева зона рослин *C. hirta* не сприяла виживанню мікроскопічних грибів за дії нафти. Навпаки, кількість видів у цій зоні зменшувалася порівняно з едафосферою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білай В. І., Коваль Э. З. Аспергиллы. К.: Наук. думка, 1988. 204 с.
2. Бондарцев А. С. Шкала цветов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 28 с.
3. Векірчик К. М. Практикум з мікробіології: навч. посібник для студ. вищих навч. закладів. К.: Либідь, 2001. 189 с.
4. Власов Д. Ю. Микромицеты в литобиотных сообществах: разнообразие, экология, эволюция, значения: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.24. СПб., 2008. 36 с.

5. Головченко А. В., Полянская А. В. Влияние нефти на численность, биомассу и жизнеспособность грибов в верховых торфяниках // Микробиология. 2001. № 1. С. 111–117.
6. Дяченко А. І., Гуца М. І., Шиліна Ю. В. Перспективи використання фітопатогенних мікроміцетів як тест-об'єктів для моніторингу стану навколишнього середовища // Наукові праці ІКБГІ. Т. 53. Вип. 40. 2006. С. 65–69.
7. Жданова Н. М. Моніторинг міксоміцетів при визначенні санітарного стану ґрунтів / Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель. К.: Фітосоціоцентр, 2002. С. 146–152.
8. Жданова Н. Н., Василевская А. И. Меланинсодержащие грибы в экстремальных условиях. К.: Наук. думка, 1988. 196 с.
9. Зачиняева А. В., Лебедева Е. В., Ярмишко М. А. и др. Микологическая индикация почв Череповецкого промышленного района // Микология и фитопатология. 2006. Т. 40. Вып. 1. С. 39–46.
10. Иванов А. В., Тафеева Е. А., Давлетова Н. Х. Почва и эколого-гигиеническая безопасность на территории нефтедобывающих районов Республики Татарстан. Казань, 2007. 137 с.
11. Каневская И. Г. Биологическое повреждение промышленных материалов. Л.: Наука, 1984. 232 с.
12. Киреева Н. А., Мифтахова А. М., Бакаева М. Д. и др. Комплексы почвенных микромицетов в условиях техногенеза. Уфа: Гилем, 2005. 360 с.
13. Кириленко Т. С. Определитель почвенных сумчатых грибов. К.: Наук. думка, 1978. 264 с.
14. Коваль Э. З., Сидоренко Л. П. Микодеструкторы промышленных материалов. Л.: Наука, 1989. 192 с.
15. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
16. Лебедева Е. В. Микромицеты – индикаторы техногенного загрязнения почв // Микология и криптогамная ботаника в России: традиции и современность: Тр. междунар. конф. СПб.: СПбХФА, 2000. С. 173–176.
17. Марфенина О. Е., Мирчик Т. Г. Микроскопические грибы при антропогенном воздействии на почву // Почвоведение. 1988. № 9. С. 107–112.
18. Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005а. 196 с.
19. Марфенина О. Е. Реакция микроскопических грибов на загрязнение почв тяжелыми металлами // Биол. науки. 1989. № 9. С. 89–93.
20. Марфенина О. Е. Микроскопические грибы в антропогенно нарушенных почвах: результаты исследований и нерешенные вопросы // Экология и биология почв: материалы Междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону, 2005б. С. 304–306.
21. Медведев В. В. Мониторинг почв Украины. Харьков: Антиква, 2002. 428 с.
22. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 304 с.
23. Методы экспериментальной микологии грибов / под ред. В. И. Билай. К.: Наук. думка, 1982. 432 с.
24. Милько А. А. Определитель мукоральных грибов. К.: Наук. думка, 1974. 304 с.
25. Мирчинк Т. Г. Почвенная микология. М.: МГУ, 1988. 220 с.
26. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 182 с.

27. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році / наук. ред. Ю.І. Бистрякова, А.І. Сташук. К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. 254 с.
28. Новое в систематике и номенклатуре грибов / под ред. Ю. Т. Дьякова, Ю. В. Сергеева. М.: Нац. академия микологии; Медицина для всех, 2003. 496 с.
29. *Одум Ю.* Экология: в 2-х т. / пер. с англ. Т. 2. М.: Мир, 1986. 376 с.
30. *Олишевская С. В., Маничев В. И., Захарченко В. А.* и др. Влияние тяжелых металлов на микобиоту почв некоторых промышленных регионов Украины // Микология и фитопатология. 2006. Т. 40. № 2. С. 133–142.
31. *Олишевська С. В.* Еколого-систематична характеристика та біологічна активність мікроскопічних грибів, виділених із забруднених важкими металами ґрунтів України: дис. ... канд. біол. наук: 03.00.07. К., 2005. 192 с.
32. Определитель патогенных и условнопатогенных грибов / Д. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди; пер. с англ.; под ред. И.Р. Дорожковой. М.: Мир, 2001. 486 с.
33. *Пидопличко Н. М.* Грибы – паразиты культурных растений: определитель. К.: Наук. думка, 1978. Т.2. 299 с.
34. *Пидопличко Н. М.* Пеницилли. К.: Наук. думка, 1972. 150 с.
35. *Пиковский Ю. И., Геннадиев А. Н., Чернявский С. С.* и др. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами // Почвоведение. 2003. № 9. С. 1132–1140.
36. *Работнов Т. А.* Фитоценология. М.: Изд-во МГУ, 1978. 384 с.
37. *Свистова И. Д., Щербаков А. П., Корецкая И. И.* и др. Накопление токсичных видов микроскопических грибов в городских почвах // Гигиена и санитария. 2003. № 5. С. 54–57.
38. *Цвілинюк О. М., Буньо Л. В., Карпин О. В., Терек О. І.* Мікориза у *Carex hirta* L. як одна із умов виживання в нафтозабрудненому ґрунті // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2012. Вип. 60. С. 320–326.
39. *Шеляг-Сосонко Ю. Р.* Ліси України: біорізноманіття та збереження // Укр. ботан. журнал. 2001. Вип. 58. № 5. С. 519–529.
40. *Шмид В. М.* Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 288 с.
41. Якість ґрунту. Відбір проб: ДСТУ ISO 10381-6-2001. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 18 с.
42. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 9<sup>th</sup> ed. / P.M. Kirk, P.F. Cannon, J.C. David, J.A. Stalpers. Wallingford (UK): CAB International, 2001. 655 p.
43. *Bissett J.* A revision of the genus *Trichoderma* (II). Intra-generic classification // Can. J. Bot. 1991. Vol. 69. P. 2357–2372.
44. *Booth C.* The Genus *Fusarium*. Kew: Common. Mycol. Inst., 1971. 237 p.
45. *Chi-Yuan Fanand, Krishnamurthy S.* Enzymes for Enhancing Bioremediation of petroleum-contaminated soils // J. Air & Waste Management Association. 1995. Vol. 45. Iss. 6. P. 453.
46. *Domsch K. H., Gams W., Anderson T. H.* Compendium of Soil Fungi. (2nd ed.). Lubrecht & Cramer Ltd. 2007. 322 p.
47. Fungi of Ukraine: A preliminary Checklist / Ed. by D.W. Minter & I.O. Dudka. CAB International & M. G. Kholodny Institute of Botany, 1996. 361 p.
48. <http://indexfungorum.org>.
49. Integration of modern taxonomic methods for *Penicillium* and *Aspergillus* classification / Ed. by R. A. Samson, J. I. Pitt. Netherlands, Australia, 2000. 510 p.

50. Introduction to Food and Airborne Fungi / Ed. by R.A. Samson, E.S. Hoekstra, J.C. Frisvad. Utrecht.: Centralbureau voor Schimmelcultures. Seventh edition. 2004. 384 p.
51. Kucharski J., Jastrzebska E. Effect of heating oil on the activity of soil enzymes and the yield of yellow lupine // Plant Soil Environ. 2006. Vol. 52. N 5. P. 220–226.
52. List of Cultures. Fungi (filamentous fungi and yeasts). Bacteria. Plasmids. Phages. 35<sup>th</sup> edition. Baarn: Institute of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences. 2001. 365 p.
53. Lupwayi N. Z., Rice W.A., Clayton G. W. Soil microbial density and community structure under wheat as influenced by tillage and crop rotation // Soil Biol. Biochem. 1998. N 30. P. 1733–1741.
54. Mahaffee W. F., Kloepper J. W. Temporal changes in the bacterial communities of soil rhizosphere and endorhiza associated with field-grown cucumber (*Cucumis sativus* L.) // Microb. Ecol. 1997. N 34. P. 210–223.
55. Modern concept in *Penicillium* and *Aspergillus* classification / Ed. by R.A. Samson, J.I. Pitt. New York: Plenum Press, 1990. 460 p.
56. Rosario de Filipe Anton Ma. Interacciones microorganismos-suelo-planta en la preservación del Medio Ambiente y la Salud // An. Real acad.nac.farm. 2004. Vol. 70. N 3. P. 743–776.
57. Samson R. A., Pitt J. I. Integration of Modern Taxonomic Methods for *Penicillium* and *Aspergillus* Classification. Harwood Academic Publishers, Amsterdam, The Netherlands. 2000. 510 p.
58. Yang Ch-H., Crowley D. E. Rhizosphere microbial community structure in relation to root location and plant iron nutritional status // Appl. Environ. Microbiol. 2000. Vol. 66. N 1. P. 345–351.

Стаття: надійшла до редакції 01.06.13

доопрацьована 03.10.13

прийнята до друку 07.10.13

## MYCOLOGICAL CHARACTERISTIC OF ROOT AREA OF PLANTS *CAREX HIRTA* L. IN OIL-POLLUTED SOD-PODZOLIC SOIL

L. Bunio<sup>1</sup>, O. Hudyk<sup>2</sup>, V. Oliferchuk<sup>2</sup>, O. Tsvilnyuk<sup>1</sup>, O. Terek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ivan Franko National University of Lviv  
4, Hrushevskiyi St., Lviv 79005, Ukraine  
e-mail: bioza@ukr.net

<sup>2</sup>National Forestry University of Ukraine  
103, Gen. Chuprynky St., Lviv 79057, Ukraine  
e-mail: dendro@is.lviv.ua

Influence of oil pollution on specific structure of microbiota of root zone of plants *C. hirta* has investigated. Reduction of number of the majority of kinds of microscopic fungi at oil influence is revealed. At the same time, oil pollution of a soil promoted number increase melanin fungi which can be used in bioindication the anthropogenic polluted soils. It is established, that even in a year after oil flood *Micromicetes* complex was not restored to an initial condition.

**Keywords:** fungi, ground oil pollution, *Carex hirta* L., rhizosphere, rhizoplane, edaphosphere.

**МИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
КОРНЕВОЙ ОБЛАСТИ РАСТЕНИЙ *CAREX HIRTA* L.  
В НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ**

**Л. Буньо<sup>1</sup>, О. Худик<sup>2</sup>, В. Олиферчук<sup>2</sup>, О. Цвильнюк<sup>1</sup>, О. Терек<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Львовский национальный университет имени Ивана Франко  
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина  
e-mail: bioza@ukr.net

<sup>2</sup>Национальный лесотехнический университет Украины  
ул. ген. Чупринки, 103, Львов 79057, Украина  
e-mail: dendro@is.lviv.ua

Исследовано влияние нефтяного загрязнения на видовой состав микобиоты корневой зоны растений *C. hirta*. Выявлено уменьшение численности большинства видов микроскопических грибов под воздействием нефти. Вместе с тем, нефтяное загрязнение почвы содействовало возрастанию численности меланинсодержащих грибов, которые могут использоваться в биоиндикации техногенно загрязненных почв. Установлено, что даже через год после разлива нефти микромицетный комплекс не восстанавливался до исходного состояния.

*Ключевые слова:* микроскопические грибы, нефтяное загрязнение почвы, *Carex hirta* L., ризосфера, ризоплана, эдафосфера.