



В. П. Оліферчук¹, І. В. Шукель¹, Н. З. Кендзьора¹, І. Ф. Коляджин²

¹ Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

² Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна

СТРУКТУРА ҐРУНТОВОЇ МІКОБІОТИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПОЛІВ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ ДЕГРАДАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ

Досліджено рівень токсичності ґрунтів та інтегральну оцінку шкоди, заподіяної інтенсивною технологією обробітку ґрунту. Ступінь деградації ґрунтів класифіковано за рівнем зниження природної родючості. Класифікацію ґрунтів виконано методом біотестування за допомогою інфузорії стилоніхії (*Stylonychia mynili* Ehrenberg, 1838). Таксономічну належність видів мікроміцетів визначено методом світлової мікроскопії з ґрунтових зразків верхнього (0-15 см) шару ґрунту. Структуру та рівень ґрунтових грибних комплексів визначено у процесі дослідження зміни мікобіоти ґрунтів на територіях різного ступеня деградації агробіоценозів методом побудови кореляційних плеяд. Окрім цього, встановлено кореляційні зв'язки між частотою трапляння певного виду та ступенем деградації ґрунту. Контролем слугували аналогічні типи ґрунтів, на яких були застосовані регенеративні No-till-технології. Показано, що недеградовані ґрунти відрізняються широким різноманіттям видів мікроскопічних грибів родів *Penicillium* та *Aspergillus*. У спектрі ідентифікованих видів більшість представлених з частотою трапляння від 0,5 до 12,7 %. Тільки *Trichoderma viride*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium lilacinum*, *Penicillium brevicompactum*, *Penicillium verrucosum* var. *cyclopium* та *Mucor angulisporus* і *Mucor hiemalis* визначені з частотою трапляння 27,9-32,5 %. Комплекси мікроміцетів у недеградованих землях представлені світлозбарвленими видами, які характерні для природних ґрунтів. У сильно деградованих ґрунтах сформувалися стійкі комплекси мікроміцетів, структурними родами в яких є патогени та токсиноутворювачі. Деградовані ґрунти характеризуються "уніфікацією мікроміцетного складу", різким зниженням видового біорізноманіття, наявністю більш ніж 50 % патогенних видів та 40 % токсиноутворювачів. No-till-технологія є одним з ефективних заходів рекультивації деградованих земель та перспективною у використанні для сільськогосподарського виробництва.

Ключові слова: деградовані ґрунти; мікроміцети; інтенсивні технології обробітку земель; No-till-технології.

Вступ / Introduction

Сьогодні актуальними є питання регенеративного землекористування не тільки на територіях лісів, де проводили різного типу рубання, або видобування корисних копалин, але й в агроландшафтах. Учені та експерти різних організацій прогнозують підвищення температури на 2,8°C до 2030 року. При цьому прогнозують, що буде відбуватися 4 % втрати запасів органічного вуглецю (SOC) у чорноземах за традиційного використання орних земель, 3 % втрати – за дещо покращеного управління орними землями, і без втрати SOC – за прогресивного регенеративного чи то органічного управління орними землями. Прогнозують також, що в разі управління орними землями, який отримав назву "зелене зростання", збільшення запасів вуглецю у чорноземах SOC збільшиться від 1 до 5 %. Окрім різноманітних економічних заходів, які пропонують для збереження органічного вуглецю ґрунту, ключовими у цьому процесі є екологічні заходи, зокрема виведення з використання не менше 5 % чорноземних ґрунтів та широке запровадження вуглецевого землеробства. Основою для ефективного процесу відновлення українських чорноземів є заміна агротехніки регенеративним та органічним землекористуванням. В Україні було запропоновано проєкт боротьби з деградацією ґрунтів під назвою "Ін-

раження орними землями. Прогнозують також, що в разі управління орними землями, який отримав назву "зелене зростання", збільшення запасів вуглецю у чорноземах SOC збільшиться від 1 до 5 %. Окрім різноманітних економічних заходів, які пропонують для збереження органічного вуглецю ґрунту, ключовими у цьому процесі є екологічні заходи, зокрема виведення з використання не менше 5 % чорноземних ґрунтів та широке запровадження вуглецевого землеробства. Основою для ефективного процесу відновлення українських чорноземів є заміна агротехніки регенеративним та органічним землекористуванням. В Україні було запропоновано проєкт боротьби з деградацією ґрунтів під назвою "Ін-

Інформація про авторів:

Оліферчук Вікторія Петрівна, канд. біол. наук, доцент, кафедра екології.

Email: victoriaoliferchuk@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2800-2254>

Шукель Ігор Володимирович, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра ландшафтно́ї архітектури, садово-паркового господарства та урбоекотології. Email: shukel@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-9331-1523>

Кендзьора Наталія Зенонівна, канд. с.-г. наук, в.о. директора Ботанічного саду.

Email: nataly_kend@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-0603-7811>

Коляджин Ігор Федорович, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра лісового і аграрного менеджменту.

Email: koliadjuif@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8045-5678>

Цитування за ДСТУ: Оліферчук В. П., Шукель І. В., Кендзьора Н. З., Коляджин І. Ф. Структура ґрунтової мікобіоти сільськогосподарських полів з різним ступенем деградації земель. Науковий вісник НЛТУ України. 2023, т. 33, № 2. С. 45–53.

Citation APA: Oliferchuk, V. P., Shukel, I. V., Kendziora, N. Z., & Koliadzhyn, I. F. (2023). The structure of soil microbiota of agricultural fields with different degrees of land degradation. *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(2), 45–53. <https://doi.org/10.36930/40330206>

тегроване управління природними ресурсами деградованих земель лісостепової та степової зон України", який започаткувала організація ФАО-ГЕФ (Глобальний екологічний фонд) [15, 16, 26, 39, 40, 42]. Він передбачає мінімальний обробіток ґрунту, постійне покриття його рослинами або рослинними рештками, підтримання біорізноманіття завдяки сівозмінам щонайменше з трьох культур, застосуванню No-till-технологій.

Об'єкт дослідження – ґрунти Сарненського північно-західного, Житомирсько-Коростенського та Тернопільсько-Білоцерківського агроґрунтових районів, де вирощували кукурудзу, зернові, бобові та овочеві культури.

Предмет дослідження – особливості видового складу та комплексів ґрунтових мікроміцетів ґрунтів різного ступеня деградації.

Мета роботи – обґрунтувати біоіндикаційну роль ґрунтових мікроміцетів в агроценозах різного рівня деградації.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі **основні завдання дослідження**: щорічна посезонна ідентифікація мікроміцетів ґрунтів під посівами сільськогосподарських культур (зокрема впродовж десяти років), вивчення структури комплексів мікроміцетів досліджуваних агроєкосистем, аналіз досліджуваних технологій обробітку землі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Гриби відіграють важливу роль у процесах, пов'язаних з динамікою води, колообігом поживних речовин і придушенням захворювань. Поряд з бактеріями, гриби є важливим редуцентом у ґрунтовому харчовому ланцюгу. Вони перетворюють важкорозчеплювані органічні речовини у форми, придатні до споживання іншими організмами. Гриби широко використовують як біоіндикатори під час аналізу ґрунтів на вміст біогенних елементів мінерального живлення вищих рослин [4, 24, 29, 30, 31, 42]. Зокрема, наведено дані з оцінювання реакції мікобіоти на вміст важких металів у ґрунті та рослинні угруповання деградованих земель Новороздільського сірчаного кар'єру. Вміст важких металів зумовлений сорбуючою дією упродовж сезонної вегетації грибів: *Fusarium oxysporum*, *Trichoderma viride*, *Cladosporium cladosporioides*, *Aspergillus niger*. Відзначено, що з найпоширенішою кількістю видів грибів та найменшим вмістом важких металів упродовж вегетації є дубові насадження, луки, мішані насадження на східному схилі відвалу, тополевіми та мішаними з чагарниковими заростями деревостанами. Найменша чисельність ґрунтових видів грибів і більший вміст важких металів визначено на вершині відвалу [18]. Доказано, що мікробіом ризосфери томатів безпосередньо впливає на хімічний склад коренів та ексудатів коренів за допомогою системного механізму сигналізації від кореня до кореня. Зокрема, бактерії роду *Bacillus* використовують цей процес системно-індукованої кореневої ексудації метаболітів (SIREM), щоб спричинити секрецію ацилсахарів у всій кореневій системі. Відкриття SIREM – це перший крок до розплутування регуляторної мережі, що охоплює складні коренево-мікробні відносини рослин [19]. Проводять пошук перспективних штамів для продукування фітогормональних речовин, що стимулюють ріст рослин у сільському господарстві [2, 44] та пошук стійких рослин до ураження збудниками різних хвороб [1].

Здійснюють дослідження зі збільшення ферментативної активності, що супроводжується посиленням біо-

охімічних процесів трансформації азоту та є сприятливими для формування високого біологічного стану ґрунтів в екологічній системі землеробства відкритого та закритого ґрунтів [7, 15, 32, 39, 42]. Формування комплексів мікобіот, суворе детермінованість і чітка кореляційна структура у компонентах мортмаси дають підґрунтя для використання їх у ролі індикаторів стану біогеоценозів і змін умов природного середовища за дії природних та антропогенних факторів [14].

Фітотоксичний ефект впливу токсиканту зумовлений одночасною дією кількох факторів: його прямою дією на розвиток рослин, впливом на проростки продуктів напіврозпаду токсиканту у ґрунті та токсичною дією продуктів мікробної деградації токсиканта ґрунтовими мікроорганізмами на розвиток рослин [4].

Зі застосуванням промислової системи землеробства і поверхневого обробітку ґрунту мікробіологічні процеси трансформації органічної речовини ґрунту з її мінералізацією проходять інтенсивніше. А створення сприятливих умов повнішого використання поживних ґрунтових речовин рослинами можливе після виявлення послідовності основних мікробіологічних процесів за стимулювання надходження засвоюваних речовин з ґрунту та включення їх у біологічний колообіг [38]. Тривале перебування ґрунтів у перелоговому стані сприяє урівноваженню природних ґрунтових процесів, що зумовлено стабілізацією мікробних угруповань: чим триваліше перебування ґрунту у перелозі, тим стабільніша структура зв'язків мікоугруповань [24]. Нітрифікаційну здатність ґрунтів вдається підтримати на рівні перелогу і лісосмуги тільки після тривалого застосування орґано-мінеральної системи удобрення в польовій сівозміні [37]. Оцінюють вплив системи обробітку ґрунту та способу внесення добрив на біологічну активність ґрунту [3, 5, 9, 12, 20, 23, 41]. Наводять порівняльні характеристики насіння, вирощеного за умов органічної та традиційної систем [21].

Матеріали та методи дослідження. Дослідженнями охоплено низку агроґрунтових районів, де вирощували різні сільськогосподарські культури (табл. 1). Зокрема, Сарненський північно-західний агроґрунтовий район містив господарства у Рівненській та Волинській областях.

У Волинській області вирощували ячмінь на перегнійно-карбонатних опідзолених ґрунтах. Попередником була кукурудза. Господарства проводили сівозміни тричі за час дослідження. На дослідних ділянках щороку міняли культури з ячменю на кукурудзу і навпаки. У Рівненській області на лугових середньо-легкосуглинкових ґрунтах вирощували пшеницю, попередником перед вирощуванням зернової культури були соя та люпин. Характер сівозмін був також почерговим упродовж шести років. Житомирсько-Коростенський агроґрунтовий район містив господарства Житомирської області. На лугових піщаних легкосуглинкових і дерново-середньо і сильноопідзолених лісових ґрунтах вирощували ячмінь, попередниками були буряк та картопля. Умови дослідів були без змін у часі досліджень – шість років. Встановлено, що Тернопільсько-Білоцерківський агроґрунтовий район містив господарства Київської та Тернопільської областей. На темно-сірому опідзоленому ґрунті вирощували пшеницю, культурою-попередником була кукурудза.

Наступним об'єктом наших досліджень були поля українського аграрного холдингу Агрофірми "Світанок", другого за величиною власника землі в Україні, який на більшості своїх територій довгі роки здійснював інтенсивний обробіток землі, але останні сім років частину земель переводив шляхом регенеративного землекористування в землі, де були використані No-till-технології, тобто ґрунти, які не обробляли взагалі, або проводили частковий обробіток землі, відмовившись від глибокої оранки та застосування важкої техніки. Землі підприємства знаходились в Київській області поблизу сіл Ковалівка і Вінницькі Стави, Паляничинці і Червоне. Зернові (пшеницю та ячмінь) і кукурудзу вирощували на дерново-підзолистих, опідзолених та неглибоких лісостепових чорноземах. Попередниками бу-

ли бобові культури – горох і соя та овочеві культури – цукровий буряк і картопля. Овочеві бобові культури призначені для вживання в їжу: у вигляді зерен, або бобів (зернобобові культури: горох, квасоля, соя, сочевиця), або у вигляді зелених стручків (стручкова квасоля, горох).

Класифікацію ґрунтів проводили за поширеним методом визначення токсичності ґрунтів, а саме методом біотестування (ДСТУ ISO 11268-1:2003, ДСТУ ISO 22030:2007, ДСТУ ISO 11269-1:2004, ДСТУ ISO 11269-2:2002, ДСТУ ISO 17126:2007, ДСТУ ISO 20963:2007 та ін.) Використовували цей метод для визначення токсичних властивостей ґрунту і фіксували реакцію тест-об'єкта, яким був в наших умовах одноклітинний організм інфузорія стилоніхії (*Stylonychia mynilis* Ehrenberg, 1838).

Табл. 1. Характеристика об'єктів мікологічних досліджень / Characteristics of the objects of mycological research

Агроґрунтовий район	Пункт відбору зразків	Ґрунт	Культура	Культура-попередник	Рівень деградації ґрунту
Сарненський північно-західний	Волинська обл.	Перегнійно-карбонатний опідзолений	Ячмінь	Кукурудза	Слабо деградовані
	Рівненська обл.	Луговий середньо-легко-суглинистий	Пшениця	Соя	Слабо деградовані
	Рівненська обл.	Луговий середньо-легко-суглинистий	Пшениця	Люпин	Слабо деградовані
Житомирсько-Коростенський	Житомирська обл.	Луговий піщаний легко-суглинистий	Ячмінь	Буряк	Слабо деградовані
	Житомирська обл.	Дерново-середньо і сильно опідзолений лісовий глеєвий	Ячмінь	Картопля	Слабо деградовані
Тернопільсько-Білоцерківський	Київська область Феофанія	Темно-сірий опідзолений	Пшениця	Кукурудза	Середньо деградовані
Агрофірма "Світанок" (інтенсивні технології + поля з No-till-технологією)	Підприємство в Київській обл. с. Ковалівка і Вінницькі Стави, Паляничинці і Червоне.	Дерново-підзолисті опідзолені, чорноземи неглибокі лісостепові	Пшениця; ячмінь; кукурудза; горох; соя; цукровий буряк; картопля	Проводяться сієвозміни з вказаних культур при застосуванні No-till-технологій	Сильно деградовані Недеградовані ґрунти при застосуванні No-till-технологій

Методика біотестування на інфузоріях ґрунтується на визначенні кількості загинувших організмів у водній витяжці аналізованого ґрунту. Критерієм токсичності ґрунту була загибель 50 і більше відсотків інфузорій у витяжці аналізованого ґрунту, порівняно з їх вихідною кількістю за тривалості біотестування одна година. Метод дав змогу визначити інтегральну оцінку шкоди, заподіяної організму забруднювальною речовиною. Під час досліджень використовували не окрему речовину, а технологію, яка передбачає використання хімічного обробітку ґрунту та перевертання ґрунтового пласта під час вирощування сільськогосподарських рослин.

За ступенем деградації ґрунти класифіковано так:

- 0 – недеградовані: продуктивність відповідає природній родючості або менша за 5 %;
- 1 – слабо деградовані: продуктивність зменшена від 5 до 25 %;
- 2 – середньо деградовані: продуктивність зменшена від 25 до 50 %;
- 3 – сильно деградовані: продуктивність зменшена від 50 до 75 %;
- 4 – дуже сильно деградовані: продуктивність зменшена більше 75 %.

Відбір та аналіз ґрунтових зразків проводили з верхнього (0-15 см) шару ґрунту. Для встановлення таксономічної належності видів застосовано метод світлової мікроскопії. Чисті культури грибів, виділені із ґрунту, ідентифікували до виду, використовуючи відомі посібники [8, 22, 25, 27]. Отримані внаслідок досліджень дані статистично оброблено за методом дисперсійного,

кореляційного та регресійного аналізу. Частоту трапляння мікроміцетів визначали згідно з Мирчинк [28].

Ґрунти досліджуваних господарств у Сарненському північно-західному та Житомирсько-Коростенському районах визначили як слабо деградовані – їх продуктивність становила близько 8 %. Ґрунти Тернопільсько-Білоцерківського району визначено як середньо деградовані – продуктивність становила 27 %. Сильно деградовані ґрунти, продуктивність зменшена на 57 %. Ці ґрунти визначені в Агрофірмі "Світанок". За цих самих умов проводили дослідження недеградованих ґрунтів, продуктивність яких відповідала природній родючості внаслідок ведення регенеративних технологій.

Для дослідження реакції мікобіоти ґрунту ми класифікували їх за ступенем деградації. Відбір ґрунтових зразків з полів, де вирощували сільськогосподарські культури, проводили впродовж семи років від 2014 до 2021 років. За цей період було відібрано 265 зразків ґрунту, виділено 2500 ізолятів мікроміцетів ґрунтів, які належать до 81 виду з 29 родів.

Контролем слугували ті самі типи ґрунтів, на яких було застосовано регенеративні No-till-технології.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Обробіток ґрунту є основним елементом системи землеробства. За допомогою обробітку контролюють фізичні властивості та основні ґрунтові режими, глибину загортання насіння. Різні системи обробітку ґрунту

передбачають різне поводження із ґрунтом: класичний та поверхневий обробіток ґрунту, з оборотом пласта та без нього. У нашому випадку сильно деградовані ґрунти були там, де застосовували технологію з оборотом пласта і не проводили сівозміни за останні три роки. Середньо деградовані ґрунти також обробляли з оборотом пласта, але останні роки проводили сівозміни, слабо деградовані ґрунти обробляли у спосіб дискування без обороту пласта та проводили сівозміни. Недеградовані ґрунти останні 5 років не піддавались жодним типам обробітку ґрунту, що передбачено No-till-технологіями. Видовий склад ґрунтових мікроміцетів сільськогосподарських полів різного ступеня деградації в зонах Лісостепу та Полісся під зерновими (ячмінь, пшениця) культурами наведено в табл. 2.

Табл. 2. Видовий склад мікроміцетів ґрунтів полів різного ступеня деградації в зонах Лісостепу та Полісся під зерновими культурами / The species composition of micromycetes in the soils of fields with different degrees of degradation in the zones of the Forest Steppe and Polyssia under grain crops

№ з/п	Вид мікроміцетів	Ступінь деградації			
		слабо	середньо	сильно	недег-радова-ні
	Відділ Zygomycota				
1	<i>Mucor angulisporus</i> Naumov	+	+	—	++
2	<i>M. hiemalis</i> Wehmer	++	++	+	++
3	<i>Zygorhynchus moelleri</i> Vuill.	+	+	—	+
4	<i>Absidia spinosa</i> Lendner	+	—	—	+
5	<i>A. cylindrospora</i> Hagem	+	+	—	+
6	<i>A. butleri</i> Lendner	—	—	—	+
7	<i>Circinella spinosa</i> v. Tieghem et LeMonn	—	—	—	+
8	<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrend	+	++	++	+
	Відділ Ascomycota				
9	<i>Gymnoascus roseus</i> (Raillou) Apinis	—	—	—	+
10	<i>Eurotium herbariorum</i> Fuckel	+	—	—	+
11	<i>Talaromyces flavus</i> (Klocker) Stolk et Samson	—	—	—	+
12	<i>Chaetomium globosum</i> Kunze ex Fr.	+	+	+	+
13	<i>Ch. aureum</i> Chivers	+	+	+	+
14	<i>Dactiella minuta</i> Grove	—	+	—	+
15	<i>Rhinochladium</i> sp.	—	—	—	+
16	<i>Trichocladium asperum</i> Hars	—	—	—	+
17	<i>T. opacum</i> (Corda) Hughes	—	—	—	+
18	<i>Penicillium roseopurpureum</i> Dierck	+	+++	+++	+
19	<i>P. verrucosum</i> Dierckx var. <i>cyclopium</i> (Westling) Samson, Stolk, Hadlok	+	+	—	+++
20	<i>P. claviforme</i> Bainier	+	+	—	+
21	<i>P. piceum</i> Raper et Fennell	—	—	—	+
22	<i>P. variabile</i> Sopp	+	+	—	+
23	<i>P. rugulosum</i> Thom	—	—	—	+
24	<i>P. tardum</i> Thom	+	+	+	+
25	<i>P. brevi-compsectum</i> Dierckx	+	—	—	+++
26	<i>P. stoloniferum</i> Thom	+	+	+	+
27	<i>P. rogueforti</i> Thom	—	—	—	+
28	<i>P. implicatum</i> Biourge	+	+	+	+
29	<i>P. corylophilum</i> Dierckx	—	—	—	+
30	<i>P. ochro-chloron</i> Biourde	+	++	+++	+
31	<i>P. decumbens</i> Thom	+	+	+	+
32	<i>P. lilacinum</i> Thom	+	+	+	+++
33	<i>P. citrinum</i> Thom	+	+	+	+++

34	<i>P. adametzi</i> Zaleski	—	—	—	+
35	<i>P. fellutanum</i> Biourge	—	—	—	+
36	<i>P. charlesii</i> Smitt	—	—	—	+
37	<i>P. janthinellum</i> Biourge	—	—	—	+
38	<i>P. nigricans</i> (Bainier) Thom	++	++	+++	+
39	<i>P. funiculosum</i> Thom	++	++	+++	+
40	<i>Aspergillus fumigatus</i> Fresenius	++	+++	+++	+
41	<i>A. niger</i> v. Tieghem	++	+++	+++	+
42	<i>A. ustus</i> Bainier	+	+	+	+
43	<i>A. terreus</i> Thom	+	+	+	+
44	<i>A. awamori</i> Nakazawa	+	—	—	+
45	<i>A. oryzae</i> (Ahlb.) Cohn	+	+	—	—
46	<i>A. wentii</i> Wehmer	—	+	—	+
47	<i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tsraboschi	—	—	—	+
48	<i>Gliocladium roseum</i> (Link) Bain	—	—	—	+
49	<i>G. varians</i> Pidopl.	—	+	—	+
50	<i>G. radicola</i> Pidopl.	—	—	—	+
51	<i>Acremonium strictum</i> Gams				
52	<i>Paecilomyces lilacinum</i> (Thom) Samson	++	+++	+++	+
53	<i>P. marguandii</i> (Masse) Hughes	—	—	—	+
54	<i>Trichoderma viride</i> (Pers. Et S.F. Gray.)	+++	+++	+++	+++
55	<i>T. harcianum</i> Rifai	+	+	+	+
56	<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht	+++	+++	+++	+
57	<i>F. avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	—	+	++	—
58	<i>F. semitectum</i> Berk. et Rav.	+	+	++	—
59	<i>F. graminearum</i> Schwabe	+	+	+++	—
60	<i>F. lateritium</i> Nees	+	++	++	—
61	<i>F. sambucinum</i> Fuckel	+	++	+++	+
62	<i>F. culmorum</i> (W.G. Sm.) Sacc.	+	++	+++	+
63	<i>F. solani</i> (Mart.) App. et Wr.	++	++	++	—
64	<i>F. gibbosum</i> (App. Et Wr.) Bilai	+	++	+++	+
65	<i>F. moniliforme</i> Scheld	+	+	++	—
66	<i>Myrothecium verrucaria</i> (Abb. Et Schw.) Ditm.ex Fr.	+	+	+	+
67	<i>Colletotrichum dematium</i> (Pers.ex Fr.) Grove	—	—	—	+
68	<i>Botrytis cinerea</i> Pers ex Fr.	+	++	+++	—
69	<i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn	++	++	+++	—
70	<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fres.) de Vries	++	+++	+++	+
71	<i>Cl. herbarum</i> (Pers.) Link et Gray	—	—	—	+
72	<i>Cl. macrocarpum</i> Preuss	—	—	—	+
73	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	++	++	+++	+++
74	<i>Aureobasidium pululans</i> (de Bary) Arnaud	+	++	+++	+
75	<i>Humicola grisea</i> Traaen	+	+	+	+
76	<i>Arthrobotrys robusta</i> Duddingfon	—	—	—	+
77	<i>A. superba</i> Corda	—	—	—	+
78	<i>A. oligospora</i> Fresenius	—	—	—	+
79	<i>Contiothyrium fuckelii</i> Sacc.	—	—	—	+
80	<i>Mycelia sterilia</i> (white)	++	++	++	+
81	<i>Mycelia sterilia</i> (darc)	++	++	++	+

Примітка: +++ — домінуючі види, що часто траплялись у досліджуваних екотопах (частота трапляння вище 50 %); ++ — види, що постійно траплялись у досліджуваних екотопах (частота трапляння 30 %); + — види з низькою частотою трапляння або випадкові види.

Недеградовані ґрунти відрізнялись широким різноманіттям видів мікроскопічних грибів, вони були представлені 71 видом з 27 родів мікроміцетів. Згідно з даними табл. 2, збільшення ступеня деградації сільськогосподарського поля призводить до зменшення видового різноманіття ґрунтових мікроміцетів. Так, на недеградованих полях ідентифіковано 71 вид, або 87,65 % від усього видового різноманіття мікроміцетів. На сільсь-

когосподарських полях зі слабким та середнім рівнями деградації визначено по 50 видів ґрунтових мікроміцетів (відповідно по 61,73 %), а на сильно деградованих полях 40 видів (49,38 % видового різноманіття ґрунтових мікроміцетів. Особливістю видового різноманіття досліджених полів є ще те, що зі збільшенням ступеня деградації змінюється розподіл груп мікроміцетів за частотою трапляння. Так, на сильно деградованих полях сформувались стабільні комплекси з частотою трапляння мікроміцетів вище 50 % – їх частка сягає 45,00 % від ідентифікованих видів. А для недеградованих полів характерне панування видів з низькою частотою трапляння, або ж випадкові види. Їх частка сягає 88,73 % від ідентифікованих видів (табл. 3).

Табл. 3. Структура видового складу мікроміцетів ґрунтів полів різного ступеня деградації в зонах Лісостепу та Полісся під зерновими культурами / The structure of the species composition of micromycetes in the soils of fields with different degrees of degradation in the zones of the Forest-Steppe and Polyssia under grain crops

Частота трапляння	Стадія деградації, одиниць / частка			
	слабо	середньо	сильно	недеградовані
вище 50 %	2 / 4,0	7 / 14,0	18 / 45,0	6 / 8,45
30 %	12 / 24,0	16 / 32,0	8 / 20,0	2 / 2,82
Низька, випадкові види	36 / 72,0	27 / 54,0	14 / 35,0	63 / 88,73
Разом, од	50	50	40	71
Разом, % від усіх	61,73	61,73	49,38	87,65

Під час дослідження видового різноманіття та структури угруповань мікроміцетів ґрунтів земель з різним рівнем їх деградації ми виявили певні закономірності у видовому їх складі та структурі кореляційних зв'язків. Передусім, варто відзначити, що мікофлору ґрунтів під сільськогосподарськими культурами досліджували вчені України ще у 40-80-х роках ХХ ст. у відділі систематики та фізіології мікроміцетів Інституту мікробіології та вірусології НАН України, зокрема В. Й. Білай, І. А. Еланська та Т. С. Кириленко. Систематичні дослідження були припинені у 90-х роках через розформування колгоспів, створення невеликих фермерських господарств, або, навпаки, холдингів з десятками та сотнями гектарів землі [15, 23]. Наступне, що хотілось би відзначити – це численні дослідження в минулому та тепер, спрямовані на з'ясування причин та умов накопичення та розвитку різноманітних бактерій та актиноміцетів, і дуже невеликої кількості – ґрунтових мікроміцетів, які і є основними агентами процесів утворення гумусу та депонування вуглецю в екосистемах. Уже в Україні не існує єдиних технологій обробітку землі, і не існує єдиної системи землеробства. Тому наша спроба провести такі дослідження є унікальною можливістю відновити експерименти та зробити деякі узагальнення, змінивши підхід та методологію досліджень.

Численними дослідженнями низки авторів доведено, що інтенсивність трансформації органічних речовин у ґрунтах збільшується у напрямку від північних до південних регіонів. У ґрунтах північних регіонів, де перебіг процесів мінералізації повільний, найпоширеніші гриби роду *Penicillium*. Із просуванням на південь спостерігається збільшення у ґрунтах вмісту представників роду *Aspergillus*. Динамічні зміни вмісту мікробної біомаси в ґрунті пов'язані зі змінами таких чинників, як

температура і вологість [15]. Ми не спостерігали цієї закономірності на наших дослідних полях. Характерною особливістю недеградованих ґрунтів було широке біорізноманіття видів родів як *Penicillium*, так і *Aspergillus*. Серед усього спектра виділених видів більшість були представлені з частотою стрічання від 0,5 % – до 12,7 %. Тільки *Trichoderma viride*, *P. citrinum*, *P. lilacinum*, *P. brevi-compactum*, *P. verrucosum* var. *cyclopium* з відділу *Ascomycota* та *Mucor angulisporus* і *M. hiemalis* з відділу *Zygomycota* мали частоту трапляння 27,9-32,5 %.

Першою закономірністю, яку нам вдалось спостерігати, є таке явище, як "уніфікація мікроміцетного складу сильно деградованих ґрунтів". З високою частотою стрічання ми виділяли тут види патогенів *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*. Частота стрічання цих видів була 45-52 %. Щодо сильно деградованих земель, варто зазначити також про різке зниження видового біорізноманіття: всього з цих земель виділено 40 видів, які належали до 14 родів. Десять з видів, які траплялись з частотою 30-50 %, належали до роду *Fusarium*, основні представники якого є токсиноутворювачами та патогенами рослин. Серед них *Fusarium oxysporum*, *F. graminearum*, *F. sambucinum*, *F. culmorum*, *F. gibbosum*.

Також з високою частотою трапляння ми ідентифікували види *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma viride*, *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *Penicillium roseopurpureum*, *P. nigricans*, *Cladosporium cladosporioides*, *Alternaria alternata*, постійно та у великій кількості траплявся стерильний міцелій *Mycelia sterilia* (white) та *Mycelia sterilia* (darc) (табл. 2).

Середньо деградовані ґрунти з продуктивністю 27 % були представлені 50 видами з 19 родів мікроміцетів. З високою частотою тут також траплялись види родів *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Alternaria* (див. табл. 2). Слабо деградовані ґрунти були представлені 50 видами з 19 родів мікроміцетів.

Структуру та рівень ґрунтових грибних комплексів визначали як і у процесі дослідження зміни мікобіоти ґрунтів на територіях різного ступеня деградації агробіоценозів – методом побудови кореляційних плеяд (рис. 1-4). В цих рисунках введено такі позначення:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. <i>Mucor angulisporus</i> | 15. <i>Trichoderma viride</i> |
| 2. <i>Mucor hiemalis</i> | 16. <i>Fusarium oxysporum</i> |
| 4. <i>Penicillium roseopurpureum</i> | 18. <i>Fusarium lateritium</i> |
| 5. <i>Penicillium verrucosum</i> | 19. <i>F. graminearum</i> |
| 6. <i>P. brevi-compactum</i> | 21. <i>F. sambucinum</i> |
| 7. <i>Fusarium lateritium</i> | 22. <i>F. solani</i> |
| 8. <i>P. lilacinum</i> | 23. <i>F. gibbosum</i> |
| 9. <i>P. citrinum</i> | 25. <i>Botrytis cinerea</i> |
| 10. <i>P. nigricans</i> | 26. <i>Rhizoctonia solani</i> |
| 12. <i>Aspergillus fumigatus</i> | 27. <i>Cladosporium cladosporioides</i> |
| 13. <i>Aspergillus niger</i> | 28. <i>P. ochro-chloron</i> |
| 14. <i>Paecilomyces lilacinus</i> | 29. <i>Aureobasidium pullulans</i> |

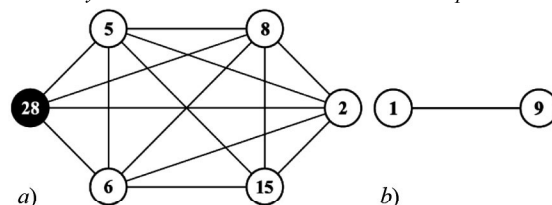


Рис. 1. Комплекси мікроміцетів недеградованих ґрунтів з використанням No-till-технології / Complexes of micromycetes of non-degraded soils using (No-till) technology

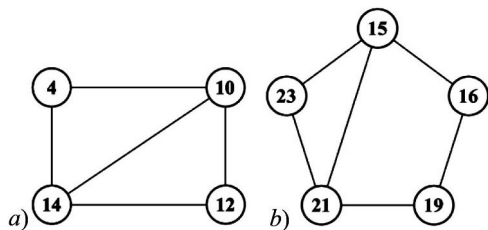


Рис. 2. Комплекси мікроміцетів сильно деградованих ґрунтів / Complexes of micromycetes of highly degraded soils

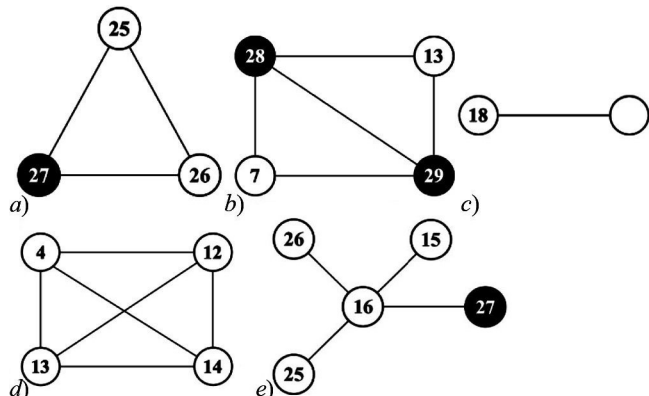


Рис. 3. Комплекси мікроміцетів середньо деградованих ґрунтів / Complexes of micromycetes of moderately degraded soils

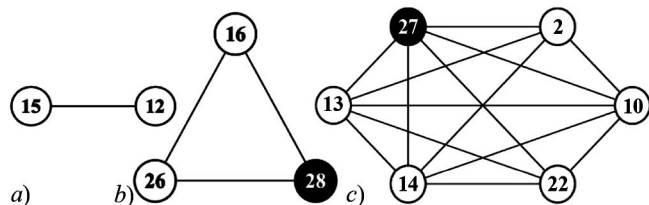


Рис. 4. Комплекси мікроміцетів слабо деградованих ґрунтів / Complexes of micromycetes of slightly degraded soils

В процесі проведеного дослідження встановлювали кореляційні зв'язки між частотою трапляння певного виду та ступенем деградації ґрунту. Значення коефіцієнта кореляції обчислювали на рівні $r = 1,0; 0,95; 0,9$ і т.д. до $0,65$ і наносили у вигляді точок у межах кругової діаграми, з'єднуючи їх лініями між собою.

Табл. 4. Домінантні і ті, що постійно трапляються, види грибів полів різного ступеня деградації в зонах Лісостепу та Полісся під зерновими культурами / Dominant and constantly occurring fungi species of fields of varying degrees of degradation in the Forest-Steppe and Polyssya zones under grain crops

№ з/п	Вид мікроміцетів	Частота трапляння залежно від ступені деградації, (%)			
		слабо	середньо	сильно	недеградовані
1	2	3	4	5	6
<i>Відділ Zygomycota</i>					
1	<i>Mucor angulisporus</i> Naumov	7,8	12,5	—	30,2
2	<i>M. hiemalis</i> Wehmer	32,7	30,5	11,7	37,5
3	<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrend	12,5	30,2	35,4	5,7
<i>Відділ Ascomycota</i>					
4	<i>Penicillium roseopurpureum</i> Dierck	5,7	52,4	50,7	2,5
5	<i>P. verrucosum</i> Dierckx var. <i>cyclopium</i> (Westling) Samson, Stolk, Hadlok	7,8	2,5	—	50,5
6	<i>P. brevi-compactum</i> Dierckx	12,5	—	—	52,7
7	<i>P. ochro-chloron</i> Biourde	2,5	32,4	50,5	7,5
8	<i>P. lilacinum</i> Thom	5,7	2,5	11,7	62,5
9	<i>P. citrinum</i> Thom	7,8	12,5	5,7	50,5
10	<i>P. nigricans</i> (Bainier) Thom	32,4	30,5	52,5	7,8
11	<i>P. funiculosum</i> Thom	32,7	37,2	57,3	5,7
12	<i>Aspergillus fumigatus</i> Fresenius	40,5	50,5	52,5	0,5
13	<i>A. niger</i> v. Tieghem	30,5	52,5	55,2	4,7
14	<i>Paecilomyces lilacinum</i> (Thom) Samson	37,2	50,5	57,4	0,5
15	<i>Trichoderma viride</i> (Pers. Et S.F. Gray.)	50,5	55,2	64,7	52,7
16	<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht	54,3	55,7	64,3	5,7

Отримані графічні структури відрізнялись за складністю будови. Цікавою була закономірність, яка простежується у побудові кореляційних плеяд ґрунтів з різним ступенем деградації, і тим, які були переведені у недеградовані землі. На недеградованих землях до складу кореляційних плеяд входили здебільшого світлозбарвлені види, *Mucor angulisporus*, *M. hiemalis*, *Penicillium verrucosum* Dierckx var. *cyclopium*, *P. brevi-compactum*, *P. lilacinum*, *P. citrinum*, *Trichoderma viride*, *Cladosporium cladosporioides*, *Alternaria alternata* – звичайні види, які заселяють здорові ґрунти.

Плеяди цих ґрунтів були складноорганізовані, вони складались з чотиричленних і тричленних структур, що свідчить про процес відновлення мікоценозу ґрунтів у разі застосування No-till-технологій. Нагадаємо, система нульового обробітку ґрунту, також відома як No-Till – сучасна система землеробства, за якої висаджування насіння відбувається у необроблений ґрунт шляхом нарізання борозни потрібної ширини і глибини, достатньої для заглиблення насіння. Інші види обробітку не застосовуються.

Видове різноманіття таких ґрунтів характеризується наявністю широкого спектра видів, ріст яких був простимульований наявністю великої кількості рослинних решток та відповідно високою біохімічною активністю. Целюлоза, яка міститься у сухій масі рослин від 40 до 70 %, спричиняє формування грибних асоціацій, які переважно складаються з видів родів *Penicillium*, *Trichoderma*, *Alternaria*. На сильно деградованих ґрунтах формуються стійкі комплекси мікроміцетів, структурними родами в яких є патогени та токсиноутворювачі. Структурними видами плеяд середньо деградованих ґрунтів є види *Fusarium oxysporum*, *F. culmorum*, *F. gibbosum*, *F. moniliforme*, *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *P. ochro-chloron*, *Paecilomyces lilacinum*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*. На слабо деградованих ґрунтах комплекси мікроміцетів формують види *Aspergillus fumigatus*, *Fusarium oxysporum*, *Mucor hiemalis*, *Trichoderma viride*, *Cladosporium cladosporioides*, *Alternaria alternata*, *Mycelia sterilia* (white), *Mycelia sterilia* (darc).

1	2	3	4	5	6
17	<i>F. semitectum</i> Berk. et Rav	5,7	7,8	32,4	—
18	<i>F. lateritium</i> Nees	3,7	32,7	43,5	—
19	<i>F. graminearum</i> Schwabe	6,7	12,4	52,5	—
20	<i>F. culmorum</i> (W.G. Sm.) Sacc	0,5	30,5	50,2	2,5
21	<i>F. sambucinum</i> Fuckel	3,7	35,7	57,3	5,7
22	<i>F. solani</i> (Mart.) App. et Wr.	32,7	33,2	35,7	—
23	<i>F. gibbosum</i> (App. Et Wr.) Bilai	7,8	30,5	52,5	8,4
24	<i>F. moniliforme</i> Scheld	5,2	7,5	55,3	—
25	<i>Botrytis cinerea</i> Pers ex Fr.	2,5	52,3	55,3	—
26	<i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn	30,5	50,5	52,5	—
27	<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fres.) de Vries	32,5	55,7	64,2	12,7
28	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	32,7	35,7	50,2	55,7
29	<i>Aureobasidium pululans</i> (de Bary) Arnaud	2,5	30,5	52,5	8,7
30	<i>Mycelia sterilia</i> (white)	30,2	32,5	35,3	8,4
31	<i>Mycelia sterilia</i> (darc)	32,5	30,5	30,5	15,7

Обговорення результатів дослідження. Результати наших досліджень узгоджуються з дослідженнями Роса-Медіна М. із співавторами, які вивчали різноманітність грибів у ґрунтах з різним ступенем деградації в Німеччині та Панамі [33]. Дослідники проаналізували різноманіття грибів у ґрунтах з різним рослинним покривом, і визначили незначний вплив на грибні угруповання, що пов'язане з тим, що досліджувались природні деградаційні процеси в непорушених екосистемах. Видове різноманіття угруповань ґрунтових грибів за екологічними факторами змінюється відповідно до конкретних умов кожного ґрунту. Деякі дослідження з методологією, подібною до цієї, показали різні результати [43]. Вахегаонкар зі співавторами описали 45 родів, розподілених у 85 видах у сільськогосподарських ґрунтах, які були виділені з деградованих екосистем. Ми виділено 81 вид з 29 родів мікроміцетів. Гаддея та інші виявили загалом 15 видів, що належать до шести родів, на оброблюваних полях, де домінують видами були види роду *Aspergillus*, *Trichoderma viride*, *T. harzianum*, *Fusarium oxysporum* і *Fusarium solani*, які виділені з високою частотою трапляння і з нами описаних агроєкосистем [11]. У зразках у Німеччині домінують порядком були *Eurotiales*, які становили 38 % від загальної кількості ізолюваних видів. У нашому випадку їх кількість становила 27 % від загальної кількості видів, що свідчить про їх космополітичне поширення із запасами в багатьох місцях існування по всьому світу [5, 10, 36]. Більшість видів *Eurotiales* мають піонерну стратегію колонізації у ґрунті та пристосовані до екстремальних умов навколишнього середовища, але навіть вони реагували зниженням кількості в ущільнених ґрунтах [17]. Багато авторів відзначали, що ущільнення ґрунту негативно впливає на ґрунтові мікрогриби, оскільки воно зменшує поровий простір, що водночас впливає на ріст, поширення та розвиток грибів [13]. Оцінювання впливу деградації ґрунту на грибні спільноти авторами Саманьєго-Гаксіола та Чу-Мадінавейтія вказують, що на засолених ґрунтах різноманіття грибів було нижчим [34]. Спільноти ґрунтових грибів беруть участь у родючості ґрунту [35] і сприяють полегшенню деградації ґрунту. Наше дослідження закладає основу для подальших системних досліджень у цьому напрямі та для перевірки зв'язків мікроміцетів із більшою кількістю факторів навколишнього середовища.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше за останні 20 років на території України відновлено дослідження зміни мікобіоти на деградованих ґрунтах і продовжено комплексні дослідження (припинені ще у 1990-х роках), які проводив відділ систематики та фізіології мікроміцетів Інституту мікробіології та вірусології НАН України. Це дало змогу частково простежити зміну у комплексах ґрунтових грибів упродовж тривалого часу, систематизувати отримані дані та створити модель відновлення агроєкосистем.

Практична значущість результатів дослідження – вивчення реакції мікобіоти ґрунтів у процесі їх деградації є частиною моніторингових досліджень, які дають змогу створити технології біологічної рекультиваци земель та відновити загальну мікоризну сітку в агроландшафтах.

Висновки / Conclusions

Визначено структуру ґрунтової мікобіоти сільськогосподарських полів з різним ступенем деградації земель у зонах Лісостепу та Полісся під зерновими (ячмінь, пшениця) культурами. Методом біотестування визначено рівень токсичності ґрунтів та інтегральну оцінку шкоди, заподіяної інтенсивною технологією обробітку зернових культур. Встановлено, що недеградовані ґрунти вирізнялись широким різноманіттям видів мікроскопічних грибів родів *Penicillium* та *Aspergillus*. У спектрі ідентифікованих видів більшість мають частоту трапляння від 0,5 до 12,7 %. Тільки *Trichoderma viride*, *P. citrinum*, *P. lilacinum*, *P. brevi-compsectum*, *P. verrucosum* var. *cyclopium* та *Mucor angulisporus* і *M. hiemalis* визначені з частотою трапляння 27,9-32,5 %. Комплекси мікроміцетів у недеградованих землях представлені світлозабарвленими видами, які характерні для природних ґрунтів. У сильно деградованих ґрунтах сформувалися стійкі комплекси мікроміцетів, структурними родами в яких є патогени та токсиноутворювачі. Деградовані ґрунти характеризуються "уніфікацією мікроміцетного складу", різким зниженням видового біорізноманіття, наявністю більш ніж 50 % патогенних видів та 40 % токсиноутворювачів. No-till-технологію розглянуто як один з ефективних заходів рекультиваци деградованих земель.

References

1. Balan, N. O., & Tkachyk, S. O. (2020). Identification of pathogenic mycobiota of breeding samples of annual sunflower in the Black Sea Steppe of Ukraine. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 28, 182–194. <https://doi.org/10.47414/np.28.2020.211072>

2. Biliavska, L. O., Nadkernychna, O. V., & Kopilova, O. B. (2017). Phytohormones biosynthesis by soil molds *Cladosporium cladosporioides*. *Mikrobiol. Z.*, 79(3), 3–13. <https://doi.org/10.15407/microbiolj79.03>
3. Chebanova, V. (2019). Dynamics of enzymatic activity of typical black earth under application of different types of fertilizers. *Ekologichni nauky*, 1(24), 82–86. <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-14>
4. Dimova, M. I., & Yamborko, N. A. (2019). Phytotoxicity of chernozem soil contaminated with hexachlorobenzene. *Current issues of agricultural microbiology: Math. All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference*. Chernihiv, 46–48. [In Ukrainian].
5. Domsch, K. H., Gams, W., & Anderson, T. H. (1980). Compendium of soil fungi, Vol. 1. Academic Press (London) Ltd.
6. Doran, J. W. (1980). Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society of America Journal*, 44(4), 765–771. <https://doi.org/10.2136/sssaj1980.03615995004400040022x>
7. Dubovy, V. I., Dubovy, O. V., & Patyka, V. P. (2020). Soil microbiota of greenhouses and greenhouses during the long-term period of its use. *Innovative technologies of cultivation, storage and processing of horticulture and crop production: Math. VI International scientific and practical conference*. Uman National University of Horticulture, 79–82. [In Ukrainian].
8. Ellis, M. B., & Ellis, J. P. (1987). Microfungi on land plants: An identification handbook. Croom Helm, London, Sydney.
9. Eun-Ji Oh, Ji-Su Park, Jin Yoo, Suk-Jin Kim, Sun-Hee Woo, & Keun-Yook Chung. (2017). Effect of tillage system and fertilization method on biological activities in soil under soybean cultivation. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 36(4), 223–229. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2017.36.4.42>
10. Frisvad, J. C., & Samson, R. A. (2004). Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*. A guide to identification of food and air-borne terverticillate *Penicillia* and their mycotoxins. *Studies in mycology*, 49(1), 1–174.
11. Gaddeyya, G., Niharika, S., Bharathi, P., & Ratna Kumar, P. K. (2012). Isolation and identification of soil mycoflora in different crop fields in Salur Mandal. *Adv Appl Sci Res.*, 3(4), 2020–2026.
12. Gospodarenko, G. M., Nikitina, O. V., & Kryvda I. U. (2013). The contents and stocks of mobile forms of potassium in the soil after long application of fertilizers in the field rotation. *Visn. Sums'kogo nac. agrar. univ.*, 26(11), 51–56. [In Ukrainian].
13. Harris, K., Young, I. M., Gilligan, C. A., Otten, W., & Ritz, K. (2003). Effect of bulk density on the spatial organisation of the fungus *Rhizoctonia solani* in soil. *FEMS Microbiology Ecology*, 44(1), 45–56. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2003.tb01089.x>
14. Holyaka, M. A., Voloshchuk, N. M., Bilous, A. M., Holyaka, D. M., Vasylyshyn, R. D., & Bilous, S. Yu. (2017). Species composition of mycobiota of betula pendula roth coarse woody debris of Ukrainian Polissya. *Mikrobiol. Z.*, 3(79) 84–97. [In Ukrainian]. URL: https://nbuv.gov.ua/UJRN/MicroBiol_2017_79_3_10
15. Iutynska, G. O., Biliavska, L. O., Babich, O. A., Tsygankova, V. A., & Babich, A. G. (2019). Plant protection and bioregulation in modern agriculture. "Diamond trading". Warszawa, Poland.
16. Kaminsku, V. F., et al. (2015). Agriculture in the 21st century. Problems and their solutions. Kyiv, Edelveis. [In Ukrainian].
17. Kara, O., & Bolat, I. (2007). Influence of soil compaction on microfungal community structure in two soil types in Bartin Province, Turkey. *Journal of basic microbiology*, 47(5), 394–399. <https://doi.org/10.1002/jobm.200710341>
18. Kopy, M. L., & Kopy, L. I. (2017). Formed plant communities influence on the biodiversity of soil biota and heavy metals content within Novyj Rozdil sulfur quarry. *Scientific Bulletin of UN-FU*, 27(4), 95–99. <https://doi.org/10.15421/40270421>
19. Korenblum, E., Dong, Y., Szymanski, J., Panda, S., Jozwiak, A., Massalha, H., Meir, S., Rogachev, I., & Aharoni, A. (2020). Rhizosphere microbiome mediates systemic root metabolite exudation by root-to-root signaling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(7), 3874–3883. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912130117>
20. Kwiatkowski, C. A., & Harasim, E. (2020). Chemical properties of soil in four-field crop rotations under organic and conventional farming systems. *Agronomy*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy10071045>
21. Kwiatkowski, C. A., Harasim, E., Feledyn-Szewczyk, B., & Joniec, J. (2022). The antioxidant potential of grains in selected cereals grown in an organic and conventional system. *Agriculture*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/agriculture12091485>
22. Leontev, D. V. (2008). Floristic analysis in mycology. Kharkov, Ranok-NT. [In Russian].
23. Lisovi, M. M., Targonia, V. S., Fedorchuk, S. V., Klymenko, T. V., Trembitska, O. I., Zhuravel, S. V., & Bakalova, A. V. (2018). Technology of bioproduction (based on biotechnologies): textbook. Zhytomyr, ZhNAEU. [In Ukrainian].
24. Malinowska, I. M. (2019). Stability of microbial communities of fallows of different durations. *Current issues of agricultural microbiology: Math. All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference*. Chernihiv, 67–69. [In Ukrainian].
25. Marcos, M. S., & Olivera, N. L. (2016). Microbiological and biochemical indicators for assessing soil quality in drylands from Patagonia. In book: *Biology and Biotechnology of Patagonian Microorganisms*, 91–108. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42801-7_6
26. Medvediev, V. V. (2017). About some debatable and unresolved problems in soil research. Kharkiv, FOP Brovin O.V. [In Ukrainian].
27. Miller, G. M., Bills, G. F., & Foster, M. S. (2004). Biodiversity of Fungi: Inventory and monitoring methods. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
28. Myrchynk, T. H. (1988). *Pochvennaia mykologiya*. MHU.
29. Oliferchuk, V. P., & Shukel, I. V. (2022). The structure of micromycete complexes in ecotopes of sulfur quarries in the western region of Ukraine. *Balanced nature management*, 4, 129–140.
30. Oliferchuk, V., Kendzora, N., Hotsii, N., Shukel, I., Olejniuk-Puchniak, O., Samarska, M., Nahurskyi, O., & Vasiichuk, V. (2023). Changes in the structure of soil microscopic fungi in the territories of Yavoriv and Podorozhenie sulfur quarries. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 3, 120–134. <https://doi.org/10.12912/27197050/159629>
31. Oliferchuk, V., Kendzora, N., Shukel, I., Samarska, M. & Olejniuk-Puchniak, O. (2023). The role of V-strategist endophytes in stimulating the formation of mycorrhizal interactions and soil regeneration. submitted: December 11th, 2022 Reviewed: January 9th, 2023 Published: March 25th, 2023. <https://doi.org/10.5772/intechopen.109912>
32. Pogromska, Y. A. (2019). The microbiological activity of chernozem ordinary depending on the technological load of the soil. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 2, 33–38. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-2-33-38>
33. Rosas-Medina, M., Maciá-Vicente, J. G., & Piepenbring, M. (2019). Diversity of fungi in soils with different degrees of degradation in Germany and Panama. *Mycobiology*, 48(1), 20–28. <https://doi.org/10.1080/12298093.2019.1700658>
34. Samaniego-Gaxiola, J. A., & Chew-Madinaveitia, Y. (2007). Diversity of soil fungi genera in three different condition agricultural fields in La Laguna, Mexico. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 78(2), 383–390.
35. Sterkenburg, E., Bahr, A., Brandström Durling, M., Clemmensen, K. E., & Lindahl, B. D. (2015). Changes in fungal communities along a boreal forest soil fertility gradient. *New Phytologist*, 207(4), 1145–1158. <https://doi.org/10.1111/nph.13426>
36. Tedersoo, L., May, T. W., & Smith, M. E. (2010). Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: global diversity, distribution, and evolution of phylogenetic lineages. *Mycorrhiza*, 20, 217–263. <https://doi.org/10.1007/s00572-009-0274-x>
37. Trus, O. M. (2018). Biological activity of podzolized chernozem after prolonged application of fertilizers in the field crop rotation. *Agrobiology*, 1, 106–114. [In Ukrainian].
38. Trus, O. M., Prokopenko, E. V., & Polishchuk, T. V. (2021). Biological activity of soil, its importance for soil fertility and plant nutrition. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university*, 5(130), 36–41. <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2021.5.36-41>

39. Tsyhichko, H. O., & Makliuk, O. I. (2015). The dynamics of chemical activity of typical chernozem organic and conventional farming systems. *Agrochemicals & Soil.*, 82, 91–97.
40. Tsyliuryk, O. I., Shevchenko, S. M., Gonchar, N. V., Shevchenko, O. M., Derevenets-Shevchenko, K. A., & Svetset, N. V. (2022). Soil biological activity of short rotation crop at the maximum saturation with sunflower. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 30, 105–115.
41. Tsylyurik, O. I., Kulik, A. F., & Gonchar, N. V. (2017). Biological activity of soil under different methods of its cultivation and fertilization in sunflower crops. *Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 2(44), 42–48.
42. Tsyuk, O. A., Kyrylyuk, V. I., & Yushchenko, L. P. (2017). Vioc-hemical activity of typical chernozem in different farming systems. *Mikrobiol. Z.*, 79(3), 65–71. <https://doi.org/10.15407/mikrobiolj79.03.065>
43. Wahegaonkar, N., Salunkhe, S. M., Palsingankar, P. L., & Shinde, S. Y. (2011). Fungal diversity from soils of Aurangabad, MS, India. *Ann Biol Res.*, 2(2), 198–205.
44. Yurieva, O. M., Dragovoz, I. V., Leonova, N. O., Biliavska, L. O., Syrchin, S. O., & Kurchenko, I. M. (2018). Biosynthesis of phyto-hormones by *Penicillium funiculosum* strains from different ecological niches. *Mikrobiol. Z.*, 80(2), 44–55. <https://doi.org/10.15407/mikrobiolj80.02.044>

V. P. Oliferchuk¹, I. V. Shukel¹, N. Z. Kendziara¹, I. F. Koliadzhyn²

¹ Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

² Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

THE STRUCTURE OF SOIL MICROBIOTA OF AGRICULTURAL FIELDS WITH DIFFERENT DEGREES OF LAND DEGRADATION

To analyze the toxicity level of soils and integral damage assessment caused by an intensive farming practice. The degree of soil degradation was classified according to the degree of natural fertility decline. The classification of soils was performed with a biotesting method with the application of *Stylonychia mynili* Ehrenberg, 1838. Taxonomic relation of micromycetes species was defined through the method of light microscopy from soil samples of the upper (90–15 cm) layer of soil. The structure and level of soil fungal complexes were determined through the analysis of changes in soil mycobiota on the terrain of different degrees of agrobiocenoses degradation by forming correlation pleiades. Moreover, correlation relationships were established between the frequency of occurrence of certain species and the degree of soil degradation. Similar types of soils on which regenerative No-till methods were applied served as controls. It was shown that non-degraded soils were distinguished with a wide diversity of species of micromycetes of genera *Penicillium* and *Aspergillus*. Among the identified species, the greater part is represented according to the frequency of occurrence ranging from 0.5 % to 12.7 %. At most *Trichoderma viride*, *P. citrinum*, *P. lilacinum*, *P. brevi-compsectum*, *P. verrucosum* var. *Cyclopium*, and *Mucor angulisporus* and *M. hiemalis* were identified based on the frequency of occurrence of 27.9–32.5 %. Micromycete complexes in the devastated lands were presented by light-coloured species, which are typical for natural soils. In the severely devastated soils, stable complexes of micromycetes developed where structural species are pathogens and toxin-producers. Degraded soils are characterized by "unification of micromycetes composition", drastic decrease in species biodiversity, presence of more than 50 % of pathogenic species and 40 % of toxin producers. No-till method is regarded as one of the effective measures of reclamation of devastated lands and allows considering it a promising method to be used in agricultural production.

Keywords: degraded soils; micromycetes; intensive farming techniques; No-till methods.