

МІКОБІОТА ҐРУНТІВ РІЗНОГО СТУПЕНЯ ДЕГРАДАЦІЇ В БАГАТОРІЧНИХ ПЛОДОВИХ НАСАДЖЕННЯХ

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>

Н.З. Кендзьора

кандидат сільськогосподарських наук

Національний лісотехнічний університет України (м. Львів, Україна)

e-mail: nataly_kend@ukr.net;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0603-7811>

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>

О.Р. Олейнюк-Пухняк

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Національний лісотехнічний університет України (м. Львів, Україна)

e-mail: olejniuk@nltu.edu.ua;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0090-298X1>

М.І. Самарська

аспірантка

Національний лісотехнічний університет України (м. Львів, Україна)

e-mail: orehopitomnik@ukr.net;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1519-9812>

Досліджено чисельність і видовий склад мікроміцетів у різних типах ґрунту з різним ступенем деградації в багаторічних насадженнях яблуні, волоського горіха, фундуку, сливи, груші, малини та полуниці. Дослідження проведено впродовж 2012–2022 рр. у господарствах різних форм власності, які розміщені на території Львівської, Волинської, Вінницької, Дніпропетровської, Харківської та Херсонської областей. Отримані результати засвідчили диференціацію чисельності мікроміцетів залежно від типу ґрунту та ступеня деградації. Найменшу чисельність і видове різноманіття мікобіоти виявлено в слабо- та сильнодегерованих ґрунтах. Усього у досліджуваних зразках різних типів ґрунту було виділено та ідентифіковано 109 видів мікроміцетів, які належали до 25 родів двох відділів *Zygomycota* та *Ascomycota*, серед яких 14 видів (майже 13%) є патогенними або продуцентами мікотоксинів і несуть біологічну небезпеку. Найчастіше ці види виявляли в середньодегерованому чорноземі звичайному малогумусному із частотою трапляння 29,5–48,5%. Серед 13 патогенних видів мікроміцетів у середньодегерованому чорноземі звичайному малогумусному виявлено чотири нетипових для садових агроценозів види: *A. flavus* Link (частота трапляння 32,5%), *A. parasiticus* Speare (34,8%), *A. pseudotamari* Bennet and Klich (37,3%), *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. (29,5%). У слабодегерованому дерновопідзолистому ґрунті виявлено три патогенні види: *Botrytis cinerea* Pers ex Fr, *Paecilomyces lilacinum* (Thom) Samson, *P. verrucosum* Dierckx var. *cyclopium* (Westling) Samson, Stolk, Hadlok із частотою трапляння 35,7–45,2%. У недегерованих ґрунтах виявлено 93 види мікроміцетів, серед яких чотири патогени (*Botrytis cinerea* Pers ex Fr, *Paecilomyces lilacinum* (Thom) Samson, *P. verrucosum* Dierckx var. *cyclopium* (Westling) Samson, Stolk, Hadlok, *P. expansum* Lk) із частотою трапляння 27,5–40,7%.

Ключові слова: мікроміцети, мікотоксини, біологічна безпека, різні типи ґрунту, плодові насадження.

ВСТУП

Галузь садівництва в Україні — одна з галузей, яка стрімко розвивається. Про це свідчить той факт, що за 2016–2020 рр. зріс експорт плодово-ягідної продукції на 65%. Окреме місце в садівництві займає галузь горіхівництва, яка нині активно розвивається та підтримується на державному рівні.

Україна посідає четверте місце у світі за кількістю вирощуваних горіхів поряд із Китаєм, Іраном та Туреччиною. Нині на селекційних ділянках горіхових садів України ростуть і досліджуються горіхи з Америки, Канади, Австралії, вибираються кращі сортоформи та сорти, які є найбільш продуктивними для нашої країни.

Дуже важливим у контексті розвитку здорових садів в Україні є моніторинг земель, створення і впровадження нових технологій при висаджуванні та розвитку багаторічних плодово-ягідних насаджень.

Натомість недосконалість технології догляду за садами, відсутність єдиної регенеративної науково обґрунтованої системи і принципів під час переведення саду з інтенсивних технологій на альтернативні екологічно безпечні, зокрема органічні, спричиняє до появи низки проблем.

Проблема загострюється і внаслідок змін кліматичних умов, надмірним застосуванням хімічних засобів захисту рослин, недотриманням технологічних операцій догляду за садовими культурами і ґрунтами, що призводить до змін у мікробіомі ґрунту, зокрема у популяції грибів і їх патогенних форм. Учені прогнозують, що за змін клімату зросте забруднення сільськогосподарських культур мікотоксинами [1; 2]. Однак через складність зв'язків мікобіоти з певним видом культури та її взаємодію з навколишнім природним середовищем варто поглиблювати дослідження.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Мікроміцети ґрунтів багаторічних плодкових насаджень із 1967 р. до 1984 р. були досліджені практично у всіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Основна увага при вивченні мікроміцетів ґрунтів приділялась яблуні, оскільки в ті часи вона займала понад 90% у структурі насаджень плодкових культур.

За останні 30 років структура насаджень в Україні кардинально змінилась. Старі яблуневі сади були замінені іншими культурами, переважно зерновими та олійними або насадженнями горіхоплідних культур (горіха волоського та фундука). Господарства були переведені у приватну власність, у яких не завжди застосовувалися для обробітку ґрунту відповідні технології, науково обґрунтовані системи удоб-

рення тощо, унаслідок чого почали активно розвиватися деградаційні процеси і ґрунти почали втрачати свою родючість.

Важливе значення для якісного вирощування садових багаторічних культур має технологія, оскільки неправильне використання ґрунту може в подальшому спричинити ураження рослин і плодів збудниками хвороб та забруднення їх мікотоксинами. Ця тема широко обговорюється останніми роками як науковцями, так і практиками в усьому світі [3–8]. Метаболіти, що продукуються видами *Aspergillus*, *Penicillium* (афлатоксини та охратоксини), *Fusarium* (трихотечени, зеараленони та фумонізини) та *Alternaria* (альтернаріотоксини) з токсичною та/або канцерогенною дією, є загрозою для здоров'я людини та тварин [9; 10].

Небезпечні мікотоксини синтезуються різними сапрофітними або фітопатогенними грибами, які можуть інфікувати садові культури протягом усього виробничого процесу [11; 12].

Мікотоксини — це гетерогенна група органічних речовин, що утворюються в результаті вторинного метаболізму багатьох видів мікроміцетів і характеризуються низькою молекулярною масою, активні за низької концентрації, дуже стійкі до деградації. Ризики для здоров'я через їх канцерогенність настільки значні, що Міжнародна агенція з дослідження раку (IARC) на основі комплексних багаторічних досліджень визначає канцерогенний ризик деяких мікотоксинів для людей [13].

Мікотоксини та пов'язані з ними ризики для здоров'я людини, а також сучасні методи виявлення токсинів у деревних рослинах широко описані в літературі, добре задокументовані та повідомляються вченими багатьох країн світу [14]. З історичної точки зору найбільш відомим та описаним мікотоксикозом є ерготизм (ріжок жита), поширений у деяких регіонах Європи з часів середньовіччя [15].

Нині серед найбільш шкідливих для людини мікотоксинів, занесених до списку IARC, вказано афлатоксини, що продукуються грибами роду *Aspergillus*, охратоксини, що продукуються грибами роду *Aspergillus* і *Penicillium*, а також ті, що продукуються різними видами *Fusarium*.

Види роду *Aspergillus* є теплолюбними, віддають перевагу жаркому вологому клімату, але можуть рости в широкому діапазоні температур (7–42°C). В умовах змін клімату їх зустрічається все більша кількість і в ширшому діапазоні видів. Спори зазвичай присутні в аерозолях і можуть легко поширюватися повітрям на великі відстані. Хоча кисле рН і низька кількість вологи зазвичай не сприяють росту мікроміцетів, більшість видів *Aspergillus*

здатні рости в цих умовах, колонізуючи різні харчові продукти, і в тому числі плоди, ягоди, горіхи [16; 17]. Афлатоксини є найбільш важливими та небезпечними токсинами, які виробляються *Aspergillus* у горіхах. Вони продукуються переважно деякими штамми *A. flavus* і *A. parasiticus*. Останніми роками інші види були класифіковані як афлатоксигенні, такі як *A. bombycis*, *A. ochraceoroseus*, *A. nomius* і *A. pseudotamari*, але порівняно з першими двома згаданими, вони рідше зустрічаються в харчових продуктах, а описи їх присутності у ґрунтових пробах садів практично відсутні [18; 19]. Інші вторинні токсичні метаболіти, що синтезуються видами *Aspergillus* і, зокрема, *A. niger* і *A. ochraceus*, є охратоксинами. До цієї групи входять охратоксин А (ОТА), охратоксин В (дехлорований ОТА) і охратоксин С (етильований ОТА). Серед них найбільш вивченим за його високу дифузю та його токсикологічне значення є ОТА. Цей токсин має нефротоксичну дію на людей і тварин і має канцерогенну дію [20].

Види роду *Penicillium* можуть колонізувати рослини під час їх росту, у зв'язку з неправильним відношенням до ґрунту, до збору врожаю або під час зберігання. Вони також здатні рости під час процесу сушіння, заселяючи бідний на воду субстрат, такий як горіхи, а ураження плодів горіхів видами цього роду має значення для якості продукції, яку виготовляють із горіхів [21; 22].

Крім шкоди, спричиненої колонізацією *Penicillium* у фруктах і овочах, деякі види здатні виробляти значний спектр мікотоксинів. До них відносять охратоксин А, патулін, цитринін, пеніцилову кислоту, циклопіазонову кислоту, цитреовіридин, рокфортин С та інші вторинні метаболіти. Охратоксин А та патулін є найбільш вивченими завдяки їх поширеності у світі та їх впливу на захворювання тварин і людей [23]. Зокрема, ці два токсини призводить до мутагенних, тератогенних, нейротоксичних, генотоксичних і нефротоксичних ефектів або гострих ефектів, таких як нудота та шлунково-кишкові пошкодження. Основними продуцентами охратоксину А в природі є *P. verrucosum* і *P. nordicum*, тоді як *P. expansum* є основним продуцентом патуліну [24, 25]. Патулін зазвичай виявляють у свіжих фруктах, таких як яблуко та його похідні, охратоксин А можна виділити з великої кількості харчових продуктів, включаючи горіхи [26].

Анаморфні гриби, що належать до роду *Fusarium*, продукують мікотоксини із гострим і хронічним впливом на здоров'я людей і тварин [27; 28]. Як сапротрофи, вони живуть у ґрунті, на посівах або на розкладеному органічному матеріалі. Багато видів є первинними патоген-

нами в польових умовах, здатними викликати судинні захворювання. Найбільш ураженими польовими культурами є пшениця та кукурудза, але ці види мікроміцетів також можуть уражувати овочі, горіхи, декоративні рослини, дерева та харчові продукти під час зберігання [29; 30]. Деякі види *Fusarium* виробляють небезпечні мікотоксини, які викликають клітинну токсичність, вплив на ріст і розвиток тварин і рак людини [31]. Основні класи токсичних речовин, які виробляє *Fusarium*, включають трихотецени, такі як токсин Т-2, дезоксиніваленон (DON) і ніваленон (NIV), що виробляються переважно з *F. sporotrichioides*, *F. graminearum* і *F. culmorum*; фумонізиди В і В2, отримані в основному з *F. fujikuroi* і *F. proliferatum*; зеараленон, отриманий з *F. culmorum*, *F. graminearum* і *F. crookwellense* [32; 33].

Трихотецени були ідентифіковані як токсичний агент у випадках аліментарно-токсичної алеукії (АТА, септичної ангіни), пов'язаної зі споживанням запліснявілого зерна як тваринами, так і людьми в США, Японії, колишньому Радянському Союзу та в інших країнах. Симптоми захворювання характеризуються спочатку загальнотоксичною стадією (головний біль, слабкість, лихоманка, нудота, блювота, гастроентерит та ін.), потім лейкопенічна стадія, що проявляється змінами крові, і, нарешті, ангіно-геморагічна стадія [34; 35].

Зеараленон (ZEA), який в основному синтезується *F. graminearum* і спорідненими видами, не викликає гострого отруєння в людей, але дослідження щодо канцерогенних ефектів наразі відсутні. ZEA викликає підвищену кількість пухлин у клітинах печінки та гіпофіза в мишей, але канцерогенного ефекту в щурів не спостерігали, тому враховуючи обмежений канцерогенний ефект у тварин, роботи, що описують дію цього виду гриба в людей, відсутні в доступній науковій літературі [36]. Афлатоксини, трихотецени, охратоксин А, фумонізиди, зеараленон, фузаро-хроманон спричиняють імуносупресію та підвищують сприйнятливості тварин до інфекційних захворювань [37].

Види роду *Alternaria* колонізують широкий спектр рослин і ростуть як сапрофіти в рослинних залишках, у ґрунті або як грибкові патогени, колонізуючи переважно фруктові та трав'янисті рослини, і поширюються у вологому середовищі з температурою від 18 до 32°C [38]. *Alternaria* spp. може продукувати токсичні метаболіти, які мають велике значення для безпечності харчових продуктів. Нині відомо близько 70 альтернаріотоксинів, деякі з них дуже небезпечні для людей і тварин [39], включаючи альтернаіол, альтернаіол монометилловий ефір і тентоксин, які зазвичай містяться в таких

субстратах, як томати, олійне насіння, пшениця, чорниця і волоські горіхи. Токсикологічні дані про мікотоксини, що продукуються *Alternaria*, дуже обмежені, але було показано, що вони мають цитотоксичну, фетотоксичну та тератогенну дію на тварин [40]. Останні дослідження були зосереджені на нових групах мікотоксинів, що виробляються видами *Alternaria*, які описуються як потенційно небезпечні [41]. Усі згадані вище гриби часто виділялися з горіхів у всьому світі.

Отже, моніторинг і контроль фітопатогеного фону, у т.ч. який формує мікобіота ґрунту, у багаторічних плодкових насадженнях нині заслуговує особливої уваги, оскільки це пов'язано не лише з отриманням високих врожаїв, а й із біологічною безпекою і здоров'ям людей.

Мета досліджень — дослідити видову структуру та чисельність мікроміцетів ґрунтів багаторічних плодкових насаджень із різним ступенем деградації земель.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження екологічних особливостей видової структури та чисельності мікроміцетів різних типів ґрунту з різним ступенем деградації

(недеградовані, слабодеградовані, середньодеградовані) проводили впродовж 2012–2022 рр. у багаторічних насадженнях горіху волоського, фундуку, яблуні, сливи, груші, малини та полуниці у господарствах різних форм власності (табл. 1).

Зразки ґрунту відбирали із шарів 0–10 см, 10–20 см, 20–40 см, 40–80 см, 80–120 см відповідно до ДСТУ ISO 10381-6-2015 [42].

Виділення мікроміцетів проводили за загальноприйнятою в мікробіології методикою. Визначення кількісного та якісного їх складу здійснювали методом посіву ґрунтової суспензії з децимальних розведень на сусло-агарне середовище, тривалість культивування — 4–14 діб за температури 28°C [43]. Ідентифікацію проводили за відповідними визначниками [44–46].

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

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналізування результатів багаторічних досліджень засвідчило диференціацію чисельності мікроміцетів залежно від типу ґрунту та ступеня деградації (табл. 2). Так, у дерново-

Таблиця 1

Перелік об'єктів дослідження, 2012–2022 рр.

Місце знаходження багаторічних насаджень	Культура	Тип ґрунту
Львівська обл., Городецький р-н, господарство “Воліс” (недеградовані: продуктивність відповідає природній родючості)	Горіх волоський, у міжрядді малина, полуниця	Темно-сірі опідзолені
Волинська обл., Ківерцівський р-н (недеградовані: продуктивність зменшена на 2%)	Фундук	Сірі опідзолені
Дніпропетровська обл., Апостолівський р-н, ТОВ “Сади Сінергії” (недеградовані: продуктивність відповідає природній родючості)	Горіх волоський (сад, розсадник)	Чорноземи південні малогумусні
Вінницька обл., Барська р-н, “Твій горіх” (недеградовані: продуктивність відповідає природній родючості)	Горіх волоський	Темно-сірі опідзолені. Чорноземи опідзолені
Харківська обл., Первомайський р-н, ТОВ “Органічне землеробство” (недеградовані: продуктивність зменшена на 3%)	Горіх волоський	Реградовані чорноземи
Львівська обл., 5-ть господарств ГО “Товариство практиків економічної самоорганізації” (ГО “ТІЕС”): м. Дрогобич, Стрийський р-н.; с. Вівня, с. Конюхів, Стрийський р-н.; смт Дашава, Стрийський р-н.; м. Ходорів, Жидачівський р-н (слабодеградовані: продуктивність зменшена на 8%)	Плодові дерева (яблуні, сливи, груші, малина, полуниця)	Дерново-підзолисті оглеєні ґрунти
Херсонська обл., Монастирський р-н, “Центр промислового горіхівництва та виноградарства” (середньодеградовані, продуктивність зменшена на 25%)	Горіх волоський, виноград	Чорноземи звичайні малогумусні

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Таблиця 2

**Чисельність мікроміцетів у профілі ґрунту різного ступеня деградованості
в багаторічних плодкових насадженнях**

Тип ґрунту	Шар ґрунту, см	Кількість грибних зародків, тис. КУО/г абс. сух. ґрунту
<i>Недеградовані: продуктивність відповідає природній родючості</i>		
Темно-сірі опідзолені	5–10	128
	10–20	96
	20–40	37
	45–100	15
Чорноземи південні малогумусні	0–10	198–234
	10–20	121–151
	20–40	86–112
	40–80	42–98
	80–120	24–56
Темно-сірі опідзолені	0–10	165
	10–20	102
	20–40	78
	40–80	34
	80–120	21
Чорноземи опідзолені	0–10	234
	10–20	161
	20–40	115
	40–80	89
	80–120	56
<i>Недеградовані: продуктивність зменшена на 2%</i>		
Сірі опідзолені	0–10	145
	10–20	108
	20–40	67
	40–80	21
<i>Недеградовані: продуктивність зменшена на 3%</i>		
Реградовані чорноземи	0–10	78
	10–20	82
	20–40	71
	40–80	43
	80–120	24
<i>Слабodeградовані: продуктивність зменшена на 8%</i>		
Дерново-підзолисті оглеєні	0–10	78, 90, 79, 115
	10–20	46, 105, 65, 89, 76
	20–40	23, 64, 45, 43, 42
	40–80	18, 20, 29
<i>Середньodeградовані, продуктивність зменшена на 25%</i>		
Чорноземи звичайні малогумусні	0–10	105–111
	10–20	121–102
	20–40	78–87
	40–80	67–41
	80–120	35

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

підзолистих ґрунтах (Львівська обл., господарства ГО “Товариство практиків економічної самоорганізації”), для яких характерна чітка диференціація ґрунтового профілю за генетичними горизонтами, вони різняться між собою як за морфологічними ознаками, так і за хімічними властивостями, фіксували зменшення кількості грибних зародків залежно від умісту органічної речовини. Крім того, ґрунти досліджуваних господарств були слабодegradованими, і кількість грибних зародків порівняно з літературними даними була меншою на кілька десятків тисяч. За норми 147–152 тис. КУО/г абс. сух. ґрунту ми визначали у верхньому шарі (0–10 см) від 78 до 121 тис. КУО/г абс. сух. ґрунту, а на глибині 20–40 см — їх кількість зменшувалась удвічі.

З досліджуваних ґрунтів нами було виділено загалом 109 видів мікроміцетів, які належали до 25 родів двох відділів *Zygomycota* та *Ascomycota* (табл. 3).

У недеградованих ґрунтах видове різноманіття мікроміцетів налічувало 93 види, слабодegradованому дерново-підзолистому — 52 види, середньодegradованому чорноземі звичайному малогумусному — 58 видів.

Серед виділених видів мікроміцетів із відділу *Zygomycota* були представники, характерні для всіх досліджуваних типів ґрунтів. Переважно всі види були виділені з верхніх шарів ґрунту (0–20 см). У середньодegradованих чорноземах звичайних малогумусних їх виявляли на глибині від 10 до 40 см, а вид *Mucor hiemalis* — на глибині до 60 см. Види *Mortierella minutissima*, *Mucor angulisporus* характерні для чорноземів малогумусних звичайних, *M. circinelloides* — характерний для дерново-підзолистих ґрунтів і чорноземів малогумусних звичайних, але на слабодegradованих та середньодegradованих ґрунтах не зустрічалися. Вид *M. hiemalis*, який є представником усіх типів ґрунтів, зазвичай міститься в поверхневому шарі ґрунту і виділяється з частотою близько 30%, у середньодegradованих ґрунтах виявляли на глибині 20–60 см із частотою трапляння 2,5%.

M. racemosus та *M. ramannianus* також виявляли в нижніх шарах ґрунту. Характерний для дерново-підзолистих ґрунтів багаторічних плодкових насаджень *Mucor silvaticus* виявляли на глибині 40–60 см і 60–80 см із дуже низькою частотою трапляння на рівні 0,5%.

Серед видів відділу *Ascomycota* більшість також залежала від ступеня деградації ґрунту. Види токсинуотворювачів із роду *Aspergillus* *A. fumigatus* та *A. niger*, які були характерними для всіх досліджуваних типів ґрунтів із частотою трапляння 0,5%–12,5% на слабо- та середньодegradованих ґрунтах, були виділені з

глибини від 20 до 80 см і частота їх трапляння становила 35–42% (табл. 4).

Також слід відзначити факт появи видів, які зовсім не характерні для садів, зокрема *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. pseudotamari*, і які є продуцентами афлатоксинів.

Серед небезпечних мікотоксинотворюючих грибів нами на глибині 80–100 см із ґрунту горіхового саду з території середньодegradованих ґрунтів виділено вид *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. Варто відзначити, що в доступній нам науковій літературі цей вид у ґрунті садових насаджень досі не був виявлений.

Щодо видів роду *Penicillium*, слід відзначити, що екологічно вони живуть як сапрофіти, демонструючи оптимальний ріст за низьких і помірних температур у діапазоні від 5 і 37°C. Їх спори постійно поширюються повітряно-крапельним шляхом і оселяються на різноманітних органічних субстратах. На своїх об'єктах досліджень ми виділяли у верхніх шарах ґрунту види роду *Penicillium*, які характерні для садових ценозів, але фіксували і види, які характерні для степової рослинності. З ґрунтового горизонту 20–40 см різних за типом ґрунтів були виділені *P. luteum*, *P. sclerotium*, *P. pallidum*, *P. viridicatum*, *P. puberulum*, що характерно для видів роду *Penicillium*, які в природних умовах заселяють горизонти від 10 до 40 см. У штучно створених садах види роду *Penicillium* заселяють верхні горизонти ґрунту. Це пов'язано з можливістю заселяти опалі плоди, але є також небезпекою контамінації плодів, що перебувають на деревах. Швидка колонізація грибами та висока ферментативна активність спричиняють до активних процесів деструкції у ґрунтових екосистемах. У досліджуваних ґрунтах садів найвище представництво є видів цього роду. Крім того, ми спостерігали приуроченість видів роду *Penicillium* до конкретного типу ґрунту.

Водночас варто також відзначити особливості розповсюдження видів цього роду на досліджуваних типах ґрунтів. У середньодegradованих ґрунтах було виділено небезпечні види *P. verrucosum*, *P. nordicum*, *P. expansum*, які є продуцентами ократоксину А і патуліну. Вид *P. verrucosum* зустрічався із частотою трапляння 3–7% у всіх досліджуваних ґрунтах і займав поверхневі шари ґрунту, у середньодegradованих ґрунтах — із частотою трапляння 27–35% вид заселяв поверхневі шари ґрунту та до 1 м глибиною. *P. nordicum* не характерний для садів.

Серед видів роду *Fusarium*, які здатні продукувати небезпечні мікотоксини (токсин Т-2, дезоксиніваленол (DON), ніваленол (NIV), фумонізину В і В2, zearale-none), нами виявлено *F. sporotrichooides*, *F. graminearum* і *F. culmorum*;

Таблиця 3
Видовий склад мікроміцетів ґрунтів різного ступеня деградації багаторічних плодкових насаджень

Види мікроміцетів	Недеградовані					Слабо-деградовані	Середньо-деградовані
	Темно-сірі опідзолені	Сірі опідзолені	Чорноземи південні	Чорноземи опідзолені	Чорноземи реградовані		
Відділ Zygomycota							
1. <i>Absidia glauca</i> Hagem			0-10*, 20-40			0-10, 10-20	0-10, 10-20
2. <i>A. spinosa</i> Lendn						0-10, 20-40	
3. <i>Cunninghamella echinulate</i> Thaxter						0-10	
4. <i>Mortierella alpine</i> Peyronel			0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20
5. <i>M. elongata</i> Linnemann	0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20, 20-40	0-10, 10-20	0-10, 10-20	10-20, 20-40
6. <i>M. hygrophila</i> Linnemann	0-10	0-10		0-10, 10-20		0-10, 10-20	0-10, 10-20
7. <i>M. isabellina</i> Oudem.	0-10, 10-20	10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20		
8. <i>M. minutissima</i> v. Tieghem	0-10		0-10, 10-20				Типовий, не зустрічався
9. <i>Mucor angulisporus</i> Nautov			0-10	0-10	0-10		Типовий, не зустрічався
10. <i>M. circinelloides</i> Hagem	0-10	0-10	0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20	Типовий, не зустрічався	Типовий, не зустрічався
11. <i>M. corticola</i> Hagem			0-10, 10-20				
12. <i>M. griseo-ochraceus</i> Naumov						0-10	
13. <i>M. hiemalis</i> Wehmer	0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20	10-20, 20-40	20-40, 40-80
14. <i>M. racemosus</i> Fresenius	0-10	0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10	0-10	20-40	20-40, 40-80
15. <i>M. ramannanus</i> Moeller	0-10	0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20	0-10, 10-20	20-40	40-80

Продовження таблиці 3

Види мікроміцетів	Недеградовані					Слабо-деградовані	Середньо-деградовані
	Темно-сірі опідзолені	Сірі опідзолені	Чорноземи південні	Чорноземи опідзолені	Чорноземи реградовані		
16. <i>M. silvaticus</i> Hagem						40–80	
17. <i>M. strictus</i> Hagem			0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20	20–40	40–80
18. <i>Rhizopus nigricans</i> Fhrenb	0–10	0–10	0–10	0–10, 10–20	0–10, 10–20	10–20, 20–40	10–20, 20–40
19. <i>Rh. oryzae</i> Went et Prin.Geerlig			0–10	0–10	0–10, 10–20		20–40
20. <i>Zygorhynchus moelleri</i> Vuill.	0–10, 10–20	0–10, 10–20				0–10, 10–20	
Відділ Ascomycota							
21. <i>Chaetomium globosum</i> Kunze				0–10, 10–20			20–40
22. <i>Acremonium strictum</i> Garis				0–10, 10–20		0–10, 10–20	
23. <i>Aspergillus candidus</i> Lk.			0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20		10–20, 20–40
24. <i>A. fumigatus</i> Fres.	0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20	20–40	20–40
25. <i>A. niger</i> v. <i>Tieghem</i>	10–20	0–10, 20–40	10–20	10–20	10–20, 20–40	20–40	20–40, 40–80
26. <i>A. ochraceus</i> Wilhelm			10–20	10–20	10–20		20–40
27. <i>A. ustus</i> Bainier			10–20	10–20		0–10, 20–40	0–10, 20–40
28. <i>A. terreus</i> Thom			10–20	10–20		20–40	0–10, 20–40
29. <i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tsraboschi			0–10, 20–40	0–10, 10–20	0–10		0–10, 20–40
30. <i>A. oryzae</i> (Ahlb.) Cohn			0–10, 10–20, 20–40				
31. <i>A. wentii</i> Wehmer	0–10, 10–20	0–10	0–10, 10–20	0–10	0–10	40–80	

Види мікроміцетів	Недеградовані					Слабо-деградовані	Середньо-деградовані
	Темно-сірі опідзолені	Сірі опідзолені	Чорноземи південні	Чорноземи опідзолені	Чорноземи реградовані		
32. <i>A. sulphureus</i> (Fres.) Thom	0–10	0–10	0–10	0–10	0–10	0–10	
33. <i>A. flavus</i> Link			Нетиповий для садів				0–10, 10–20
34. <i>A. parasiticus</i> Speare			Нетиповий для садів				0–10, 10–20
35. <i>A. pseudotamari</i> Bennet and Klich			Нетиповий для садів				0–10, 10–20
36. <i>A. nidulans</i> (Fidam) Wint.	0–10	0–10				0–10	
37. <i>Botrytis cinerea</i> Pers ex Fr	0–10, 10–20	0–10				0–10, 10–20	
38. <i>Paecilomyces lilacinus</i> (Thom) Samson			0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20, 40–80	0–10, 10–20, 80–100
39. <i>Paecilomyces</i> sp.	0–10	0–10	0–10, 10–20	0–10	0–10, 10–20	0–10	0–10, 10–20
40. <i>Gliocladium catenulatum</i> Gilm. Et Abbott	0–10, 10–20	10–20	10–20	0–10	0–10	10–20	20–40
41. <i>Penicillium adametzi</i> Zaleski	0–10, 10–20	10–20				10–20	
42. <i>P. citrinum</i> Thom	0–10	0–10				0–10	
43. <i>Penicillium roseopurpureum</i> Dierckx			0–10	0–10	0–10		0–10, 10–20, 20–40
44. <i>P. brevi-compactum</i> Dierckx	10–20	0–10				0–10, 20–40	
45. <i>P. camembertii</i> Thom	0–20	10–20	0–20	10–20	10–20		
46. <i>P. corylophilum</i> Dierckx				10–20		10–20	
47. <i>P. funiculosum</i> Thom	10–20	0–10, 10–20	10–20	0–10	0–10	10–20	10–20
48. <i>P. fellutanum</i> Biourge				10–20			

Продовження таблиці 3

Види мікроміцетів	Недеградовані						Слабо-деградовані	Середньо-деградовані
	Темно-сірі опідзолені	Сірі опідзолені	Чорноземи південні	Чорноземи опідзолені	Чорноземи реградовані	Дерново-підзолисті		
49. <i>P. jensenii</i> Zaleski			10–20	0–10, 10–20	10–20			
50. <i>P. humili</i> van Beyma			10–20	10–20, 20–40	10–20, 20–40			
51. <i>P. oxalicum</i> Thom			0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20			
52. <i>P. ochro-chloron</i> Biourde			0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20			
53. <i>P. stoloniferum</i> Thom			0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20, 20–40			
54. <i>P. rugulosum</i> Thom					0–10			
55. <i>P. spinulosum</i> Thom			0–10, 10–20	0–10, 10–20				
56. <i>P. steckii</i> Zaleski	0–10	0–10		10–20	10–20	10–20		
57. <i>P. lanosum</i> Westling	0–10, 10–20	10–20						
58. <i>P. variabile</i> Sopp.	0–10	0–10				0–10		
59. <i>P. verrucosum</i> Dierckx var. <i>cyclopium</i> (Westling) Samson, Stolk, Hadlok	0–10	0–10	0–10	0–10	0–10	0–10	0–10, 10–20, 20–40, 40–80, 80–100	
60. <i>P. expansum</i> Lk			0–10	0–10	0–10		10–20, 20–40	
61. <i>P. nordicum</i> Dragoni & Cantoni	Нетиповий для садів						0–10, 10–20	
62. <i>P. multicolor</i> Gilman et Abbott	20–40	10–20				0–10		
63. <i>P. piscarium</i> Westling			0–10	0–10		0–10		
64. <i>P. waksmanii</i> Zaleski	20–40	20–40	10–20	20–40	0–10	20–40	20–40	
65. <i>P. lanosum</i> Westling		0–10						

Види мікроміцетів	Недеградовані						Слабо-деградовані	Середньо-деградовані
	Темно-сірі опідзолені	Сірі опідзолені	Чорноземи південні	Чорноземи опідзолені	Чорноземи реградовані	Дерново-підзолисті		
66. <i>P. luteum</i> Zukal		0–10				0–10		
67. <i>P. sclerotium</i> v. <i>Beyma</i>		20–40		20–40				80–100
68. <i>P. pallidum</i> Smith	20–40	20–40						
69. <i>P. puberulum</i> Bain			20–40			20–40		
70. <i>P. viridicatum</i> Westl.	20–40					20–40		
71. <i>P. paxilli</i> Bainier			0–10					
72. <i>P. raciborskii</i> Zaleski	10–20	10–20				10–20		
73. <i>P. ehrlichii</i> Kleb.					10–20			10–20
74. <i>P. chermesinum</i> Biourge				10–20	10–20			
75. <i>P. canescens</i> Sopp.	10–20	10–20	10–20	10–20	10–20			
76. <i>P. commune</i> Thom				20–40				
77. <i>P. citrinum-viride</i> Biourge			10–20	0–10				
78. <i>P. restrictum</i> Gilman et Abbott			10–20	10–20	10–20			10–20
79. <i>P. janthinellum</i> Biourge	10–20			10–20				
80. <i>P. arenoncola</i> Chalabuda			10–20	10–20				
81. <i>Penicillium</i> sp.						10–20		10–20
82. <i>Claviceps purpurea</i> (Fr.) Tul.								80–100
83. <i>F. lateritium</i> Nees			10–20					
84. <i>F. moniliforme</i> Scheld	10–20	10–20	10–20	10–20	10–20			
85. <i>F. gibbosum</i> (App. Et Wr.) Bilai	0–10	10–20	20–40	0–10	0–10			20–40
86. <i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht	0–10	0–10	10–20	0–10, 10–20	0–10,			0–10, 10–20
87. <i>F. langsethiae</i>								0–10, 10–20
88. <i>F. poae</i>								0–10, 10–20

Продовження таблиці 3

Види мікроміцетів	Недеградовані						Слабо-деградовані	Середньо-деградовані
	Темно-сірі опідзолені	Сірі опідзолені	Чорноземи південні	Чорноземи опідзолені	Чорноземи реградовані	Дерново-підзолисті		
89. <i>F. sporotrichioides</i>								0–10, 10–20
90. <i>F. graminearum</i>								0–10, 10–20
91. <i>F. culmorum</i> (Sm.) Sacc.								0–10, 10–20
92. <i>F. crookwellense</i> L.W. Burgess, P.E.Nelson & Toussoun								0–10, 10–20
93. <i>Sporotrichum roseum</i> Fr.			0–10, 10–20					
94. <i>Trichoderma viride</i> Pers.	0–10, 10–20	0–10	0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10		0–10
95. <i>T. koningi</i> Oud.	0–10	0–10				0–10		
96. <i>Trichotecium roseum</i> Lk.	0–10	0–10	0–10	0–10	0–10	0–10		0–10
Родина <i>Dematiaceae</i>								
97. <i>Aureobasidium pullulans</i> (De Bary) Arnaud	0–10, 10–20			0–10		0–10, 10–20		0–10, 10–20
98. <i>Alternaria dianthi</i> Stevans				0–10	0–10			0–10, 10–20
99. <i>A. alternate</i> (Fr.) Keissler	0–10	0–10	0–10, 10–20	0–10, 10–20	10–20	0–10, 10–20		0–10, 10–20
100. <i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Mart.			0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20	10–20		0–10, 10–20
101. <i>C. cladosporioides</i> (Fres.) de Vries	10–20	10–20	10–20	0–10, 10–20	0–10, 10–20	0–10		0–10
102. <i>Humicola grisea</i> Tragen			10–20	10–20	10–20			10–20
103. <i>H. fuscoatra</i> Tragen			10–20					10–20
104. <i>Humicola</i> sp.	10–20	10–20				10–20		10–20
105. <i>H. nigrescens</i> Omwik				10–20				10–20

Мікобіота ґрунтів різного ступеня деградації
в багаторічних плодovих насадженнях

Закінчення таблиці 3

Види мікроміцетів	Недеградовані					Слабо-деградовані	Середньо-деградовані
	Темно-сірі опідзолені	Сірі опідзолені	Чорноземи південні	Чорноземи опідзолені	Чорноземи реградовані		
106. <i>Oidiodendron griseum</i> Robak			0–10, 10–20				20–40
107. <i>Phoma</i> sp.							20–40
108. <i>Ph. rotorum</i> Thum Ph. sp.			20–40				10–20, 20–40
109. <i>Trichocladium asperum</i> Hars			20–40				10–20, 20–40

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.
Примітка: глибина ґрунту, на якій було виділено і ідентифіковано певний вид мікроміцетів.

Таблиця 4

Частота трапляння видів мікроміцетів — патогенів і токсиноутворювачів, %

Види грибів	Недеградовані					Слабо-деградовані	Середньо-деградовані
	Темно сірі опідзолені	Сірі опідзолені	Чорноземи південні	Чорноземи опідзолені	Чорноземи реградовані		
<i>A. flavus</i> Link			Нетиповий для садів				32,5
<i>A. parasiticus</i> Speare			Нетиповий для садів				34,8
<i>A. pseudotamari</i> Bennet and Klich			Нетиповий для садів				37,3
<i>Botrytis cinerea</i> Pers ex Fr	37,8	32,5				45,2	
<i>Raecilomyces lilacinum</i> (Thom) Samson			40,7	34,3	35,2	37,5	42,3
<i>P. verrucosum</i> Dierckx var. <i>cyclopium</i> (Westling) Samson, Stolk, Hadlok	27,5	32,3	33,2	30,7	28,5	35,7	48,5
<i>P. expansum</i> Lk				28,5	34,1		45,2
<i>Claviceps purpurea</i> (Fr.)Tul.			Нетиповий для садів				29,5
<i>F. crookwellense</i> L.W.Burgess, P.E. Nelson & Toussoun							42,3

Закінчення таблиці 4

Види грибів	Недеградовані						Слабо-деградовані	Середньо-деградовані
	Темно сірі опідзолені	Сірі опідзолені	Чорноземі південні	Чорноземі опідзолені	Чорноземі реградовані	Чорноземі звичайні малогумусні		
<i>F. culmorum</i> (Sm.) Sacc.								31,5
<i>F. graminearum</i>								33,2
<i>F. sporotrichioides</i>								34,3
<i>F. langsethiae</i>								37,8
<i>F. poae</i>								34,7

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

F. fujikuroi і *F. proliferatum*; отриманий з *F. culmorum*, *F. graminearum* і *F. crookwellense*.

Види грибів, які найбільше беруть участь у виробленні вторинних метаболітів, — це види *F. langsethiae*, *F. poae* та *F. sporotrichioides* [47]. Токсини, отримані з *F. sporotrichioides*, класифіковані ІАРС до 3 групи канцерогенних речовин (Інформаційний бюлетень ІРС). Нами були виділені ці види та ще низка токсиноутворювачів, які продукують трихотицени, а саме *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. crookwellense* із частотою трапляння 23% і більше.

Загалом, серед виділених 109 видів мікроміцетів 14 видів (майже 13%) є патогенними та продуцентами мікотоксинів. Найчастіше ці види виявляли в середньо-деградованому чорноземі звичайному малогумусному з частотою трапляння 29,5–48,5%. У структурі мікобіому чорнозему звичайного малогумусного частка патогенних грибів становила 22%, серед яких виявлено чотири не-типових для садових агроценозів патогенних види (7%) із частотою трапляння 29,5–37,3%.

У слабодеградованому дерново-підзолистому ґрунті виявлено три патогенні види грибів, що у структурі мікробіому становило 6% із частотою трапляння 35,7–45,2%. У недеградованих ґрунтах серед ідентифікованих 93 видів мікроміцетів виявлено чотири патогени (4,3%) із частотою трапляння 27,5–40,7%.

ВИСНОВКИ

Дослідження показали, що загалом видовий склад мікроміцетів у ґрунтах багаторічних плодкових насаджень садів відповідає типовим видам мікобіоти з певною диференціацією чисельності і видової структури залежно від типу ґрунту та ступеня деградації. Водночас у ґрунтах плодово-ягідних та горіхоплідних культур з'являються не характерні для цього типу насаджень види, серед яких види-патогени та токсиноутворювачі. Серед виділених 109 видів мікроміцетів, 14 видів (майже 13%) є патогенними та продуцентами мікотоксинів, що несе біологічну небезпеку. Найчастіше ці види з родів *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* виявляли в середньодеградованому чорноземі звичайному малогумусному із частотою трапляння 29,5–48,5%. Патогенну мікобіоту виділяли з ґрунтів на глибині від 20 см до 1 м.

ЛІТЕРАТУРА

1. Battilani P., Toscano P., Van der Fels-Klerks H., et al. Aflatoxin B 1 contamination of maize in Europe is increasing due to climate change. *Sci Rep.* 2016. Vol. 6. 24328. DOI: 10.1038/srep24328
2. Medina A., Gonzalez-Jartin J.M., Sainz M. Impact of global warming on mycotoxins. *Current Opinion in Food Science.* 2017. Vol. 18. P. 76–81. DOI: 10.1016/j.cofs.2017.11.009
3. Smith S.N. A review of ecological and habitat aspects of the genus *Fusarium* with special emphasis on soil-borne pathogenic forms. *Plant Pathol. Bull.* 2007. Vol. 16. P. 97–120.
4. Zheng S.J., Garcia-Bastidas F.A., Li X. et al. New geographic information on the latest distribution of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical Race 4 to the greater Mekong subregion. *Front. Plant Sci.* 2018. Vol. 9. P. 457.

5. Algutaimi M., Washington A., Kansas A.M. et al. Mycotoxicity of *Fusarium* isolated from banana fruits: combination of phytopathological analyzes with toxin concentration. *J. King Saud Univ. Sci.* 2020. Vol. 32. P. 1482–1487.
6. Agriopoulou S., Stamatelopoulou E., Varzakas T. Advances in occurrence, importance and control strategies of mycotoxins: prevention and detoxification in food. *Food.* 2020. Vol. 9. P. 137. DOI: 10.3390/foods9020137
7. Paterson R.R.M., Lima N. Toxicology of mycotoxins. *Galanin.* 2010. Vol. 100. P. 31–63. DOI: 10.1007/978-3-7643-8338-1_2
8. Summary of Final Report — MYCORED (New Integrated Strategies to Reduce Global Mycotoxins in Food and Feed Chains). 2021. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/222690/> reporting (дата звернення: 12.01.2023).
9. Wu F., Groopman J.D., Pestka J.J. Effects of food mycotoxins on public health. *Annu. Rev. Food Sci. Technology.* 2014. Vol. 5. P. 351–372. DOI: 10.1146/annurev-food-030713-092431
10. Awuchi C.G., Amagwula I.O., Priya P. et al. Aflatoxins in food and feed: a review of health implications, detection and control. *Bull. Environment. Pharmacol. Life Sci.* 2020. Vol. 9. P. 149–155.
11. Habschied K., Krstanovic V., Zdunic Z. et al. Mycotoxins Biocontrol Methods for Healthier Crops and Stored Products. *J Fungi (Basel).* 2021. Vol. 7(5). P. 348. DOI: 10.3390/jof7050348
12. Abdallah H.F., Ameye M., De Saeger S., Audenaert K., Haesaert G. In: Biological Control of Mycotoxigenic Fungi and Their Toxins: An Update for the Pre-Harvest Approach, Mycotoxins — Impact and Management Strategies. Njobeh PB, Stepman F, editors. IntechOpen; London, UK, 2018. URL: <https://www.intechopen.com/books/mycotoxins-impact-and-management-strategies/biological-control-of-mycotoxigenic-fungi-and-their-toxins-an-update-for-the-pre-harvest-approach> (дата звернення: 20.12.2022).
13. Claes L., Romano C., de Ruyck C. et al. Mycotoxin exposure and human cancer risk: a systematic review of epidemiological of research. *Comprehensive Reviews in Nutrition Science and Food Safety.* 2020. Vol. 19 (4). P. 1449–1464. DOI: 10.1111/1541-4337.12567
14. Perrone G., Ferrara M., Medina A., Pascal M., Magan N. Toxigenic fungi and mycotoxins in a climate change scenario: ecology, genomics, distribution, risk prediction and prevention. *Microorganisms.* 2020. Vol. 8. P. 1496. DOI: 10.3390/microorganisms8101496
15. Міхеев А.О. Мікотоксини та мікотоксикози. Сучасний стан питання (огляд). Південноукраїнський медичний науковий журнал. 2013. № 1. С. 111–113.
16. Perrone G., Susca A., Cozzi G. et al. Biodiversity of *Aspergillus* species in some important agricultural products. *Stud Mycol.* 2007. Vol. 59. P. 53–66. DOI: 10.3114/sim.2007.59.07
17. Navale V., Vamkudoth K.R., Ajmera S., Dhuri V. *Aspergillus* derived mycotoxins in food and the environment: Prevalence, detection, and toxicity. *Toxicol Rep.* 2021. Vol. 8. P. 1008–1030. DOI: 10.1016/j.toxrep.2021.04.013
18. Umesha S., Manukumar H.M.G., Chandrasekhar B. et al. Aflatoxins and foodborne pathogens: effects of biologically active aflatoxins and strategies for their control. *J. Sci. Food Agric.* 2017. Vol. 97. P. 1698–1707. DOI: 10.1002/jsfa.8144
19. Klich M.A. Biogeography of *Aspergillus* species in soil and litter. *Mycology.* 2002. Vol. 94. P. 21–27. DOI: 10.1080/15572536.2003.11833245
20. Koszegi T., Poor M. Ochratoxin A: Molecular Interactions, Mechanisms of Toxicity and Prevention at the Molecular Level. *Toxins (Basel).* 2016. Vol. 8 (4). P. 111. DOI: 10.3390/toxins8040111
21. Kooprasertying P., Maneeboon T., Hongprayoon R., Mahakarnchanakul W. Assessment of aflatoxin exposure in Thai peanut consumption. *Cogent Food & Agriculture.* 2016. Vol. 2. 1204683. DOI: 10.1080/23311932.2016.1204683
22. Lovekor I., Var I. The control of aflatoxin contamination of peanuts during harvest, drying, pre-storage and storage periods: a new approach. In book: Aflatoxin-Control, Analysis, Detection and Health Risks. InTech. 2017. P. 45–65. DOI: 10.5772/intechopen.68675
23. Krska R., Nahrer K., Richard J.L. et al. Guide to Mycotoxins featuring Mycotoxin Risk Management in Animal Production. BIOMIN edition 2012. 127 p.
24. Ostry V., Malir F., Ruprich J. Producers and important dietary sources of ochratoxin A and citrinin. *Toxins (Basel).* 2013. Vol. 5 (9). P. 1574–1586. DOI: 10.3390/toxins5091574
25. Wang Y., Wang L., Liu F. et al. Ochratoxin A Producing Fungi, Biosynthetic Pathway and Regulatory Mechanisms. *Toxins (Basel).* 2016. Vol. 8 (3). P. 83. DOI: 10.3390/toxins8030083
26. Fernandez-Cruz M.L., Mancilla M.L., Tadeo J.L. Mycotoxins in fruits and their processing products: analysis, occurrence and health consequences. *Journal of Prospective Research.* 2010. Vol. 1 (2). P. 113–122. DOI: 10.1016/j.jjare.2010.03.002
27. Perincherry L., Lalak-Kanczugowska J., Stępien Ł. *Fusarium*-Produced Mycotoxins in Plant-Pathogen Interactions. *Toxins (Basel).* 2019. Vol. 11 (11). P. 664. DOI: 10.3390/toxins11110664
28. Ekwomadu T.I., Akinola S.A., Mwanza M. *Fusarium* Mycotoxins, Their Metabolites (Free, Emerging, and Masked), Food Safety Concerns, and Health Impacts. *Int J Environ Res Public Health.* 2021. Vol. 18 (22). P. 11741. DOI: 10.3390/ijerph182211741
29. Yazar S., Omurtag G.Z. Fumonisin, trichothecenes and zearalenone in cereals. *International J. Mol. Sci.* 2008. Vol. 9. P. 2062–2090. DOI: 10.3390/ijms9112062
30. Klyuchkovskiy A.M. Fungal and mycotoxin problems in nut production. *Current Opinion in Food Science.* 2019. Vol. 29. P. 56–63. DOI: 10.1016/j.cofs.2019.07.009

31. Wild C.P., Gong Y.Y. Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health problem. *Carcinogenesis*. 2010. Vol. 31. P. 71–82. DOI: 10.1093/carcin/bgp264
32. Thrane U., Adler A., Clasen P.-E. et al. Diversity of metabolite production by *Fusarium langsethiae*, *Fusarium poae* and *Fusarium sporotrichioides*. *International J. Food Microbiol.* 2004. Vol. 95. P. 257–266. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2003.12.005
33. Rocha O., Ansari K., Dukhan F.M. Effects of trichothecene mycotoxins on eukaryotic cells: a review. *Food Supplement. Contam.* 2005. Vol. 22. P. 369–378. DOI: 10.1080/02652030500058403
34. Arunachalam C., Doohan F.M. Trichothecene toxicity in eukaryotes: cellular and molecular mechanisms in plants and animals. *Toxicol. Lett.* 2013. Vol. 217. P. 149–158. DOI: 10.1016/j.toxlet.2012.12.003
35. Foroud N.A., Baines D., Gagkaeva T.Y. et al. Trichothecenes in Cereal Grains — An Update. *Toxins (Basel)*. 2019. Vol. 11 (11). 634. DOI: 10.3390/toxins11110634
36. Zhang G.L., Feng Y.L., Song J.L., Zhou X.S. Zearalenone: A Mycotoxin With Different Toxic Effect in Domestic and Laboratory Animals' Granulosa Cells. *Front Genet.* 2018. Vol. 9. P. 667. DOI: 10.3389/fgene.2018.00667
37. Eshetu E., Adugna H., Gebretensay A. An Overview on Major Mycotoxin in Animal: Its Public Health Implication, Economic Impact and Control Strategies. *Journal of Health, Medicine and Nursing*. 2016. Vol. 25. P. 64–73.
38. Lee H.B., Patriarca A., Magan N. *Alternaria* in Food: Ecophysiology, Mycotoxin Production and Toxicology. *Mycobiology*. 2015. Vol. 43 (2). P. 93–106. DOI: 10.5941/MYCO.2015.43.2.93
39. Freire F.D.C.O., da Rocha M.E.B. Impact of Mycotoxins on Human Health. In: Mérillon, J.M., Ramawat, K. (eds) *Fungal Metabolites. Reference Series in Phytochemistry*. Springer, Cham. 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-19456-1_21-1
40. Meena M., Samal S. *Alternaria* host-specific (HSTs) toxins: An overview of chemical characterization, target sites, regulation and their toxic effects. *Toxicol Rep.* 2019. Vol. 6. P. 745–758. DOI: 10.1016/j.toxrep.2019.06.021
41. Thomma B.P.H.J. *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Molecular Plant Pathol.* 2003. Vol. 4 (4). P. 225–236.
42. Якість ґрунту. Відбір проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання, оброблення та зберігання ґрунту в аеробних умовах для лабораторного оцінювання мікробіологічних процесів, біомаси та різноманіття: ДСТУ ISO 10381-6-2015 (ISO 10381-6:2009, IDT). (Національний стандарт України).
43. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Л.М. Токмакова та ін.; за наук. ред. В.В. Волкогона. К.: Аграрна наука, 2010. 464 с.
44. Билай В.І., Элланская И.А., Кириленко Т.С. Микромицеты почв / под общ. ред. В.И. Билай. К.: Наукова думка, 1984. 264 с.
45. Билай В.І., Коваль Э.З. Аспергиллы. К.: Наукова думка, 1988. 204 с.
46. Билай В.І. Фузарии. К.: Наукова думка, 1977. 444 с.
47. Ryabova N., Tupolskikh T., Serdyuk V., Gordeeva N. Analysis of infection with fungi of the genus *Fusarium* seed and vegetative organs of crops. *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 273. 01019. DOI: 10.1051/e3sconf/202127301019

MYCOBIOTA IN SOIL OF DIFFERENT DEGREE OF DEGRADATION IN PERENNIAL FRUIT PLANTATIONS

Oliferchuk V.

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

Kendzora N.

Candidate of Agricultural Sciences
National Forestry University of Ukraine (Lviv, Ukraine)
e-mail: nataly_kend@ukr.net;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0603-7811>

Shukel I.

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

Oleiniuk-Pukhniak O.

Candidate of Agricultural Sciences, Docent
National Forestry University of Ukraine (Lviv, Ukraine)
e-mail: olejniuk@nltu.edu.ua;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0090-298X1>

Samarska M.

Postgraduate Student

National Forestry University of Ukraine (Lviv, Ukraine)

e-mail orehopitomnik@ukr.net;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1519-9812>

The number and species composition of micromycetes in different types of soils with different degree of degradation in perennial plantations of *Malus Mill.*, *Juglans regia L.*, *Corylus avellana L.*, *Prunus domestica L.*, *Pyrus communis L.*, *Rubus idaeus L.*, *Fragaria vesca L.* were analyzed. The research was carried out during 2012–2022 years in enterprises of different types of ownership located at the area of the Lviv, Volyn, Vinnytsia, Drinpropetrovsk, Kharkiv and Kherson Oblasts. The obtained results confirmed the differentiation in the number of micromycetes based on the type of soil and the degree of degradation. The smallest number and species composition of mycobiota were found in slightly and severely degraded soils. In total, among the studied samples of different types of soils, 109 species of micromycetes belonging to 25 genera of two divisions Zygomycota and Ascomycota were differentiated and identified, including 14 species (almost 13%) which are pathogenic or producers of mycotoxins and present biohazard. In most cases these species were found in moderately degraded, ordinary chernozem with a low content of humus and its frequency of occurrence was 29.5–48.5%. Among 13 pathogenic species of micromycetes, in moderately degraded ordinary chernozem with a low content of humus, four species non-typical for garden agnocenoses were detected: *A. flavus* Link (frequency of occurrence 32.5%), *A. parasiticus* Speare (34.8%), *A. pseudotamari* Bennet and Klich (37.3%), *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. (29.5%). In slightly degraded sod-podzolic soil, three pathogenic species *Botrytis cinerea* Pers ex Fr, *Paecilomyces lilacinum* (Thom) Samson, *P. verrucosum* Dierckx var. *Cyclopium* (Westling) Samson, *Stolk*, *Hadlok* were identified, and their frequency of occurrence was 35.7–45.2%. In non-degraded soils, 93 species of micromycetes were found, including four pathogens (*Botrytis cinerea* Pers ex Fr, *Paecilomyces lilacinum* (Thom) Samson, *P. verrucosum* Dierckx var. *cyclopium* (Westling) Samson, *Stolk*, *Hadlok*, *P. expansum* Lk), and their frequency of occurrence was 27.5–40.7%.

Keywords: micromycetes, mycotoxines, biological safety, different types of soils, fruit plantations.

REFERENCES

- Battilani, P., Toscano, P., Van der Fels-Klerks H., et al. (2016). Aflatoxin B 1 contamination of maize in Europe is increasing due to climate change. *Sci Rep*, 6, 24328. DOI: 10.1038/srep24328 [in English].
- Medina, A., Gonzalez-Jartin, J.M., Sainz, M. (2017). Impact of global warming on mycotoxins. *Current Opinion in Food Science*, 18, 76–81. DOI: 10.1016/j.cofs.2017.11.009 [in English].
- Smith, S.N. (2007). A review of ecological and habitat aspects of the genus *Fusarium* with special emphasis on soil-borne pathogenic forms. *Plant Pathol. Bull.*, 16, 97–120 [in English].
- Zheng, S.J., Garcia-Bastidas, F.A., Li, X. et al. (2018). New geographic information on the latest distribution of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical Race 4 to the greater Mekong subregion. *Front. Plant Sci*, 9, 457 [in English].
- Algutaimi, M., Washington, A., Kansas, A.M. et al. (2020). Mycotoxicity of *Fusarium* isolated from banana fruits: combination of phytopathological analyzes with toxin concentration. *J. King Saud Univ. Sci.*, 32, 1482–1487 [in English].
- Agriopoulou, S., Stamatelopoulou, E., Varzakas, T. (2020). Advances in occurrence, importance and control strategies of mycotoxins: prevention and detoxification in food. *Food*, 9, 137. DOI: 10.3390/foods9020137 [in English].
- Paterson, R.R.M., Lima, N. (2010). Toxicology of mycotoxins. *Galanin*, 100, 31–63. DOI: 10.1007/978-3-7643-8338-1_2 [in English].
- Summary of Final Report — MYCORED (2021). New Integrated Strategies to Reduce Global Mycotoxins in Food and Feed Chains. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/222690/reporting> [in English].
- Wu, F., Groopman, J.D., Pestka, J.J. (2014). Effects of food mycotoxins on public health. *Annu. Rev. Food Sci. Technology*, 5, 351–372. DOI: 10.1146/annurev-food-030713-092431 [in English].
- Awuchi, C.G., Amagwula, I.O., Priya, P. et al. (2020). Aflatoxins in food and feed: a review of health implications, detection and control. *Bull. Environment. Pharmacol. Life Sci*, 9, 149–155 [in English].
- Habschied, K., Krstanovic, V., Zdunic, Z. et al. (2021). Mycotoxins Biocontrol Methods for Healthier Crops and Stored Products. *J Fungi (Basel)*, 7 (5), 348. DOI: 10.3390/jof7050348 [in English].
- Abdallah, H.F., Ameye, M., De Saeger, S., Audenaert, K., Haesaert, G., Njobeh, P.B., Stepman, F. (Eds.). (2018). In: Biological Control of Mycotoxigenic Fungi and Their Toxins: An Update for the Pre-Harvest Approach, Mycotoxins — Impact and Management Strategies. IntechOpen; London, UK. URL: <https://www.intechopen.com/books/mycotoxins-impact-and-management-strategies/biological-control-of-mycotoxigenic-fungi-and-their-toxins-an-update-for-the-pre-harvest-approach> [in English].
- Claes, L., Romano, C., de Ruyck, C. et al. (2020). Mycotoxin exposure and human cancer risk: a systematic review of epidemiological of research. *Comprehensive Reviews in Nutrition Science and Food Safety*, 19 (4), 1449–1464. DOI: 10.1111/1541-4337.12567 [in English].
- Perrone, G., Ferrara, M., Medina, A., Pascal, M., Magan, N. (2020). Toxigenic fungi and mycotoxins in a

- climate change scenario: ecology, genomics, distribution, risk prediction and prevention. *Microorganisms*, 8, 1496. DOI: 10.3390/microorganisms8101496 [in English].
15. Mikhieiev, A.O. (2013). Mikotoksyny ta mikotoksykozy. Suchasnyi stan pytannia (ohliad) [Mycotoxins and mycotoxicosis. The current state of the issue (review)]. *Pivdennoukraiński medychnyi naukovyi zhurnal — South Ukrainian medical scientific journal*, 1, 111–113 [in Ukrainian].
 16. Perrone, G., Susca, A., Cozzi, G. et al. (2007). Biodiversity of *Aspergillus* species in some important agricultural products. *Stud Mycol*, 59, 53–66. DOI: 10.3114/sim.2007.59.07 [in English].
 17. Navale, V., Vamkudoth, K.R., Ajmera, S., Dhuri, V. (2021). *Aspergillus* derived mycotoxins in food and the environment: Prevalence, detection, and toxicity. *Toxicol Rep*, 8, 1008–1030. DOI: 10.1016/j.toxrep.2021.04.013 [in English].
 18. Umesha, S., Manukumar, H.M.G., Chandrasekhar, B. et al. (2017). Aflatoxins and foodborne pathogens: effects of biologically active aflatoxins and strategies for their control. *J. Sci. Food Agric*, 97, 1698–1707. DOI: 10.1002/jsfa.8144 [in English].
 19. Klich, M.A. (2002). Biogeography of *Aspergillus* species in soil and litter. *Mycology*, 94, 21–27. DOI: 10.1080/15572536.2003.11833245 [in English].
 20. Koszegi, T., Poor, M. (2016). Ochratoxin A: Molecular Interactions, Mechanisms of Toxicity and Prevention at the Molecular Level. *Toxins (Basel)*, 8 (4), 111. DOI: 10.3390/toxins8040111 [in English].
 21. Kooprasertying, P., Maneeboon, T., Hongprayoon, R., Mahakarnchanakul, W. (2016). Assessment of aflatoxin exposure in Thai peanut consumption. *Cogent Food & Agriculture*, 2, 1204683. DOI: 10.1080/23311932.2016.1204683 [in English].
 22. Lovekor, I., Var, I. (2017). The control of aflatoxin contamination of peanuts during harvest, drying, pre-storage and storage periods: a new approach. In book: Aflatoxin-Control, Analysis, Detection and Health Risks. InTech, 45–65. DOI: 10.5772/intechopen.68675
 23. Krska, R., Nahrer, K., Richard, J.L. et al. (2012). Guide to Mycotoxins featuring Mycotoxin Risk Management in Animal Production. BIOMIN edition [in English].
 24. Ostry, V., Malir, F., Ruprich, J. (2013). Producers and important dietary sources of ochratoxin A and citrinin. *Toxins (Basel)*, 5 (9), 1574–1586. DOI: 10.3390/toxins5091574 [in English].
 25. Wang, Y., Wang, L., Liu, F. et al. (2016). Ochratoxin A Producing Fungi, Biosynthetic Pathway and Regulatory Mechanisms. *Toxins (Basel)*, 8 (3), 83. DOI: 10.3390/toxins8030083 [in English].
 26. Fernandez-Cruz, M.L., Mancilla, M.L., Tadeo, J.L. (2010). Mycotoxins in fruits and their processing products: analysis, occurrence and health consequences. *Journal of Prospective Research*, 1 (2), 113–122. DOI: 10.1016/j.jare.2010.03.002 [in English].
 27. Perincherry, L., Lalak-Kanczugowska, J., Stępien, Ł. (2019). *Fusarium*-Produced Mycotoxins in Plant-Pathogen Interactions. *Toxins (Basel)*, 11 (11), 664. DOI: 10.3390/toxins11110664 [in English].
 28. Ekwomadu, T.I., Akinola, S.A., Mwanza, M. (2021). *Fusarium* Mycotoxins, Their Metabolites (Free, Emerging, and Masked), Food Safety Concerns, and Health Impacts. *Int J Environ Res Public Health*, 18 (22), 11741. DOI: 10.3390/ijerph182211741 [in English].
 29. Yazar, S., Omurtag, G.Z. (2008). Fumonisin, trichothecenes and zearalenone in cereals. *International J. Mol. Sci.*, 9, 2062–2090. DOI: 10.3390/ijms9112062 [in English].
 30. Klyuchkovskiy, A.M. (2019). Fungal and mycotoxin problems in nut production. *Current Opinion in Food Science*, 29, 56–63. DOI: 10.1016/j.cofs.2019.07.009 [in English].
 31. Wild, C.P., Gong, Y.Y. (2010). Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health problem. *Carcinogenesis*, 31, 71–82. DOI: 10.1093/carcin/bgp264 [in English].
 32. Thrane, U., Adler, A., Clasen, P.-E. et al. (2004). Diversity of metabolite production by *Fusarium langsethiae*, *Fusarium poae* and *Fusarium sporotrichioides*. *International J. Food Microbiol.*, 95, 257–266. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2003.12.005 [in English].
 33. Rocha, O., Ansari, K., Dukhan, F.M. (2005). Effects of trichothecene mycotoxins on eukaryotic cells: a review. *Food Supplement. Contam*, 22, 369–378. DOI: 10.1080/02652030500058403 [in English].
 34. Arunachalam, C., Doohan, F.M. (2013). Trichothecene toxicity in eukaryotes: cellular and molecular mechanisms in plants and animals. *Toxicol. Lett*, 217, 149–158. DOI: 10.1016/j.toxlet.2012.12.003 [in English].
 35. Foroud, N.A., Baines, D., Gagkaeva, T.Y. et al. (2019). Trichothecenes in Cereal Grains — An Update. *Toxins (Basel)*, 11 (11), 634. DOI: 10.3390/toxins11110634 [in English].
 36. Zhang, G.L., Feng, Y.L., Song, J.L., Zhou, X.S. (2018). Zearalenone: A Mycotoxin With Different Toxic Effect in Domestic and Laboratory Animals' Granulosa Cells. *Front Genet*, 9, 667. DOI: 10.3389/fgene.2018.00667 [in English].
 37. Eshetu, E., Adugna, H., Gebretensay, A. (2016). An Overview on Major Mycotoxin in Animal: Its Public Health Implication, Economic Impact and Control Strategies. *Journal of Health, Medicine and Nursing*, 25, 64–73 [in English].
 38. Lee, H.B., Patriarca, A., Magan, N. (2015). Alternaria in Food: Ecophysiology, Mycotoxin Production and Toxicology. *Mycobiology*, 43 (2), 93–106. DOI: 10.5941/MYCO.2015.43.2.93 [in English].
 39. Freire, F.D.C.O., da Rocha, M.E.B. (2016). Impact of Mycotoxins on Human Health. In: Mérillon, J.M., Ramawat, K. (Eds.) *Fungal Metabolites. Reference Series in Phytochemistry*. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-19456-1_21-1 [in English].
 40. Meena, M., Samal, S. (2019). Alternaria host-specific (HSTs) toxins: An overview of chemical characterization, target sites, regulation and their toxic effects. *Toxicol Rep*, 6, 745–758. DOI: 10.1016/j.toxrep.2019.06.021 [in English].

41. Thomma, B.P.H.J. (2003). *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Molecular Plant Pathol.* 4 (4), 225–236 [in English].
42. Yakist ґuntu. Vidbyrannia prob. Chastyna 6. Nastanovy z vidbyrannia, obroblennia ta zberihannia ґuntu v aerobnykh umovakh dlia laboratornoho otsiniuvannia mikrobiolohichnykh protsesiv, biomasy ta riznomanittia [Soil quality. Sampling Part 6: Guidance on the collection, handling and storage of soil under aerobic conditions for the assessment of microbiological processes, biomass and diversity in the laboratory]. (2015). *DSTU ISO 10381-6:2015 (ISO 10381-6:2009, IDT)*. Natsionalnyi standart Ukrainy [in Ukrainian].
43. Volkohon, V.V., Nadkernychna, O.V., Tokmakova, L.M. (2010). *Eksperymentalna ґruntova mikrobiolohiia: monohrafiia [Experimental soil microbiology: monograph]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
44. Bilay, V.I., Ellanskaya, I.A., Kirilenko, T.S. (1984). *Mikromitsety pochv [Micromycetes of soils]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
45. Bilay, V.I., Koval, E.Z. (1988). *Aspergilly [Aspergillus]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
46. Bilay, V.I. (1977). *Fuzarii [Fusari]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
47. Ryabova, N., Tupolskikh, T., Serdyuk, V., Gordeeva, N. (2021). Analysis of infection with fungi of the genus *Fusarium* seed and vegetative organs of crops. *E3S Web of Conferences*, 273, 01019. DOI: 10.1051/e3sconf/202127301019 [in English].

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>)

Кендзьора Наталія Зеновіївна, кандидат сільськогосподарських наук, в.о директора Ботанічного саду НЛТУ України, Національний лісотехнічний університет України (вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057; e-mail: nataly_kend@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0603-7811>)

Шукель Ігор Володимирович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри ландшафтно́ї 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>)

Олейнюк-Пухняк Оксана Романівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри ландшафтно́ї архітектури, садово-паркового господарства та урбоекології, Національний лісотехнічний університет України (вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057; e-mail: olejniuk@nltu.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0090-298X1>)

Самарська Марія Ігорівна, аспірантка, Національний лісотехнічний університет України (вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057; e-mail: orehopitomnik@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1519-9812>)