

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БІОЛОГІЧНИЙ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота
магістра

на тему МІКРОБНІ КОМПЛЕКСИ ҐРУНТІВ О. ХОРТИЦЯ ЯК ПОКАЗНИК
ЇХНЬОГО ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ

Виконала: студентка 2 курсу, групи 8.1018

спеціальності 101 екологія, освітньої програми
екологія та охорона навколишнього середовища

Терещенко О. О.

Керівник доц., доц., к.б.н. Костюченко Н. І.

Рецензент д.б.н., проф. Рильський О. Ф.

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет біологічний

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Освітній рівень магістр

Спеціальність 101 екологія

Освітня програма екологія та охорона навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології,
д.б.н., проф.

_____ О.Ф. Рильський
« _____ » _____ 2019 року

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студентці

_____ Терещенко Ользі Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Мікробні комплекси ґрунтів о. Хортиця як показник їхнього екологічного стану

керівник роботи Костюченко Наталія Іванівна, к.б.н., доцент
затверджена наказом ЗНУ від « 12 » червня 2019 р. № 940-с

2. Строк подання студентом роботи грудень 2019 року

3. Вихідні дані до роботи курсова робота на тему «Вплив рекреаційного навантаження на урбоземі», кваліфікаційна робота бакалавра «Вплив викидів автотранспорту на мікробні показники ґрунтів о. Хортиця»

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) визначити чисельність основних еколого-трофічних груп ґрунтової мікрофлори в екосистемах о. Хортиця, що зазнали різного ступеню антропогенної трансформації; 2) охарактеризувати екологічний стан ґрунтів о. Хортиця за мікробіологічними показниками (коефіцієнтами мінералізації-імобілізації і педотрофності); 3) провести порівняльний аналіз мікробних комплексів різних ландшафтів о. Хортиця за мікробіологічними показниками.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) таблиці: Таблиця 3.1–3.3; Рисунок. 2.1, 3.1–3.5; Додатки А, Б, В, Г.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	КОНСУЛЬТАНТ	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Притула Н. М., к. с. г. н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____ 11.02.2018р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Огляд наукової літератури. написання розділу 1	Жовтень – грудень 2018	Виконано
2	Написання розділу «Матеріали та методи дослідження»	Лютий 2019	Виконано
3	Проведення експериментальних досліджень, оформлення результатів досліджень. Статистична обробка даних. Написання відповідного розділу	Квітень 2019	Виконано
4	Оформлення кваліфікаційної роботи магістра	Вересень 2019	Виконано
5	Передзахист. Рецензування кваліфікаційної роботи	Грудень 2019	Виконано
6	Захист кваліфікаційної роботи	Січень 2020	Виконано

Студентка _____

Терещенко О.О.

Керівник роботи _____

Костюченко Н.І.

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____

Притула Н.М.

РЕФЕРАТ

Дана робота викладена на 63 сторінки друкованого тексту, з них 48 сторінок основного тексту, містить 3 таблиці, 5 рисунків та 4 додатків. Перелік використаної літератури включає 89 джерел, з них 66 латиницею.

Мета роботи: дослідження екологічного стану ґрунтів о. Хортиця з різним ступенем антропогенної трансформації за мікробіологічними показниками.

Об'єкт дослідження: особливості формування мікробних ценозів ґрунтів острова Хортиця, що зазнали антропогенної трансформації.

Методи дослідження: мікробіологічні, кількісний і якісний аналіз основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, статистичні.

Новизна роботи полягає у тому, що подібні роботи з вивчення впливу антропогенної трансформації на ґрунти о. Хортиця не проводились.

Значущість роботи: результати роботи можуть слугувати підґрунтям для комплексного моніторингу різних екосистем о. Хортиці.

За результатами досліджень було встановлено, що техногенне навантаження на ґрунти о. Хортиця позначилось на зменшенні в посттехногенних ґрунтах порівняно з фоновими ґрунтами чисельності органотрофів і грибів, проте зростала чисельність мікрофлори розсіювання, що свідчить про уповільнення процесів гумусоутворення й активізацію процесів мінералізації.

ОСТРІВ ХОРТИЦЯ, АНТРОПОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕХНОЗЕМИ, МІКРОБОЦЕНОЗ, ОРГАНОТРОФИ, АКТИНОМІЦЕТИ, ТРАНСФОРМАЦІЯ, МІКРОМІЦЕТНІ КОМПЛЕКСИ

ABSTRACT

The work is described in 63 pages of printed text, 48 of them main text, contain 3 tables, 5 figures and 4 addition. The list of references includes 89 sources, 66 of them in Latin.

Purpose of work: study of the ecological state of soils of the island Khortytsia, with different degrees of anthropogenic transformation by microbiological indicators.

The object of study: features of the formation microbial cenosis of soils of the island Khortytsia, that underwent anthropogenic transformation.

Research methods: microbiological, quantitative and qualitative analysis of main ecological-trophic groups microorganisms, statistical.

The novelty of the work lies in the fact that similar works on the influence of anthropogenic transformation on the soils of the island Khortytsia was not carried out.

Significance of work: the results of the work can serve the basis for integrated monitoring different ecosystems of the island of Khortytsia.

By results of researches it was found that technogenic load on soils of the island of Khortytsia reflected in a decrease in post-technogenic soils in comparison with background soils number of organotrophs and fungi, but increase the number of microflora scattering, that reports on slowing down processes humus formation and activation of mineralization processes.

THE ISLAND OF KHORTYTSYA, ANTHROPOGENIC LOAD, TECHNO SOIL, MICROBOCENOSIS, ORGANOTROPHS, ACTINOMYCETES, TRANSFORMATION, MICROMYCETE COMPLEXES

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Ландшафтні комплекси острова Хортиця	9
1.2 Мікробне біорізноманіття ґрунтів як показник їхнього екологічного стану.....	12
1.3 Оцінка якості ґрунтів за показниками видової структури мікробоценозів.....	20
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	29
2.1.1 Об'єкт дослідження.....	29
2.1.2 Відбір зразків і підготовка ґрунту до аналізу.....	29
2.2 Лабораторні дослідження.....	30
2.3 Статистична обробка даних	33
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	35
3.1 Загальна чисельність бактерій і мікроскопічних грибів, виділених з ґрунтів о. Хортиця.....	35
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	46
ВИСНОВКИ.....	53
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	55
ДОДАТКИ	64

ВСТУП

Острів Хортиця – найбільший острів на Дніпрі, розташований в межах міста Запоріжжя, нижче Дніпровської ГЕС, який є унікальним природним та історичним комплексом. Острів з'єднаний з містом трьома мостами, через які проходять кілька великих автодоріг і залізнична магістраль. Інтенсивний потік транспорту, а також будівництво двох мостів, розпочатих ще в 2004 році, сильно порушило природний ландшафт острова.

Актуальність теми. Одним з головних якісних показників ґрунту є його мікробіологічна активність. Мікробіоценоз ґрунту характеризує її потенційну родючість, сумарний результат біохімічних процесів, обумовлених життєдіяльністю мікроорганізмів. Якісний і кількісний склад комплексів ґрунтових мікроорганізмів є також важливим діагностичним показником стану ґрунту, що пов'язано з високою чутливістю окремих представників мікробіоти ґрунту до зміни екологічних умов. Тому дослідження мікробіоценозів ґрунтів з різним ступенем антропогенної трансформації, зокрема о. Хортиця, є важливою складовою комплексного моніторингу стану порушених екосистем.

Мета даної роботи полягала в дослідженні екологічного стану ґрунтів о. Хортиця з різним ступенем антропогенної трансформації за мікробіологічними показниками.

Об'єкт дослідження: особливості формування ґрунтової мікрофлори острова Хортиця, що зазнали різного ступеня антропогенної трансформації.

Предмет дослідження: кількісні й якісні показники мікробних комплексів ґрунтів о. Хортиця, що зазнали антропогенної трансформації.

Для реалізації поставленої мети, були вирішені наступні завдання:

1) визначити чисельність основних еколого-трофічних груп ґрунтової мікрофлори в екосистемах о. Хортиця, що зазнали різного ступеню антропогенної трансформації;

2) охарактеризувати екологічний стан ґрунтів о. Хортиця за мікробіологічними показниками (коефіцієнтами мінералізації-іммобілізації і педотрофності);

3) провести порівняльний аналіз мікробних комплексів різних ландшафтів о. Хортиця за мікробіологічними показниками.

Отримані результати кваліфікаційної роботи були апробовані на VII Регіональній науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук» (2018 р.), XII університетській науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих учених «МОЛОДА НАУКА-2019» та VIII Регіональній науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук» (2019 р.).

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Ландшафтні комплекси острова Хортиця

Острів Хортиця знаходиться у межах Степової природної зони півдня України, яка характеризується спокійними рівнинно-хвилистими формами рельєфу, а рослинний компонент представлений справжнім (різнотравно-типчакowo-ковилowym) степом. Природна цінність острова визначається за його критеріями унікальності, тобто різноманіття природних комплексів і ландшафтів.

Приблизно 10 тисяч років тому, після відступу останнього льодовика, кліматичні умови наблизилися до сучасних, на острові Хортиця почався процес утворення ландшафтів. Льодовикові води залишили на Хортиці масу дрібного матеріалу у вигляді піску, глини і каменів. З цих наносів завдяки діяльності вітру, який переносив масу дрібного пилу, сформувався лес, який укрит товстим шаром значну частину острова. Надалі лес став основою (материнською породою) для утворення чорноземних ґрунтів.

Майже 2,5 тисячі років тому межі природних зон зайняли сучасне положення і вік ландшафтів острова Хортиця, як правило, датується цим часом.

Ландшафти о. Хортиця ділять на типові (зональні) і нетипові (унікальні). Типові (зональні) ландшафти – це ландшафти, характерні для даної природної зони. Наприклад, лісові ландшафти – для лісової зони, степові – для степової, пустельні – для зони пустель тощо. Нетипові (унікальні) ландшафти – це ландшафти, які не характерні для даної природної зони і утворюють вкраплення в зональні ландшафти, але не переважають їх за площею.

Типовими ландшафтами Хортиці є зональні – степові – ландшафти. У недавньому минулому, всього 100 років тому, степами були зайняті піднесені

північна і центральна частина острова та схили балок. Сьогодні цю частину острова займають антропогенні ландшафти.

Майже уся північна частина плато, яку в минулому покривав піщаний (псамофітний) степ, сьогодні зайнята штучними лісонасадженнями з акації білої, ясена, дуба, клена і сосни. Це значно підвищило комфортність території для відпочинку, але невпізнанно змінило природний ландшафт.

Центральна частина острова, яка в недалекому минулому була вкрита справжнім степом – зайнята антропогенними ландшафтами, які представлені садами і ріллею. Степові ділянки збереглися лише на схилах уздовж західного і східного узбережжя острова та характеризуються високою естетичною, науковою і природоохоронною цінністю як ландшафти, які зберегли свій історичний вигляд. Вони представлені угрупованнями дерновинних злаків – ковили і костриці (типчака) з яскравим степовим різнотрав'ям, серед якого мешкають метелики, бджоли, джмелі, рідкісні комахи – дибка степова, сколія-гігант, бджола-тесляр звичайна, метелик поліксена і багато інших. Серед птахів мешканцями степів є жайворонки, перепілка, сіра куріпка, боривітер. У степу можна зустріти зайця сірого, полівку, сліпака подільського. Виходить у степ на полювання лисиця, буде нори тхір степовий.

На сході і заході острова плато круто обривається до Дніпра, визначаючи розвиток яружно-балкових ландшафтів (природних комплексів), які прорізають степовий ландшафт. Розвиток балок і ярів залежить, в основному, від складу ґрунтоутворюючих порід і потужності ерозійних процесів. Як відомо [1], ґрунтоутворюючі породи острова Хортиця представлені, у більшості, лесами, які мають пилоподібну структуру і легко піддаються водній ерозії. А потужність ерозійних процесів визначається глибиною залягання гранітів, які підстилають леси, та їх неоднорідністю (наявністю западин, тріщин тощо).

У межах яружно-балкових комплексів Хортиці розташовані 18 великих балок, які мають високу естетичну цінність і представлені степовою,

байрачною, чагарниковою і штучно-лісовою рослинністю. Ділянки схилів яружно-балкової системи зайняті степовою рослинністю, яка представлена справжнім, петрофітним (або кам'янистим), чагарниковим і лучним степом.

У більшості балок острова Хортиця склалися умови, сприятливі для розвитку лісу. Вони дають притулок лісовим угрупованням, які дістали назву байрачні ліси, або байрачно-лісові ландшафти. Основу лісової байрачної рослинності складають діброви із дуба звичайного, клену польового, в'язу польового (або бересту) і чорноклену татарського, до складу яких по днищах балок приєднуються тополя чорна і біла. Ранньою весною тут цвіте рястка Буше, фіалки, проліска дволиста, тюльпан дібровний, рябчик руський, різні види рястів. У затишних місцях влаштовують нори лисиця і ласка, які полюють на мишу лісову, полівку, білозубку малу та інших невеличких жителів байраку, іноді живляться ящірками і птахами. Тут же можна зустріти безліч рідкісних комах: красотіл пахучий, вусач пахучий і великий дубовий, жук олень, бражники дубовий і скабіозовий тощо.

Між байраками і степовою рослинністю балок розташована смуга чагарників. Деякі з них, таволга звіробоелиста і мигдаль степовий (або бобівник), поширюючись далеко за межі деревної крони, утворюють самостійні угруповання – ділянки чагарникового степу. Взагалі, острів Хортиця є південною межею байрачно-лісових ландшафтів України в підзоні справжніх степів і набуває, у зв'язку з цим, великої наукової та природоохоронної цінності. У центральній частині Запорізької області та Приазов'ї подібні ландшафти відсутні [1].

На острові також знаходиться дендропарк, що складається з декількох алей і галявин, де висаджено безліч видів дерев і чагарників. Він був заснований поблизу колишнього Центрального інституту механізації й електрифікації тваринництва в 60-ті роки минулого століття. Сьогодні хортицький дендропарк – це неймовірно різноманітний куточок природи, де в єдиній композиції зібрана велика кількість рослин як місцевих, так і екзотичних форм, не властивих нашим краям. Парк дуже гармонійно

вписався в навколишній природний ландшафт острова Хортиця, і став справжньою прикрасою природної перлини на Дніпрі. Будучи цікавою пам'яткою Хортиці, парк містить в собі окремі елементи, кожен з яких сам по собі став цікавинкою парку. Серед них – ялівцевий гай з надзвичайно чистим повітрям, сонячна галявина в самому відкритому місці парку, дубова алея, і алея закоханих з чарівних чагарників спіреї [2].

За радянських часів відношення до острова Хортиця поступово змінювалося, що відбилося на його статусі:

1958 рік – острів Хортиця оголошений пам'яткою природи місцевого значення.

1963 р. – пам'ятка природи загальнодержавного значення.

1965 р. – державний історико-культурний заповідник.

1974 р. – державний геологічний заказник «Дніпровські пороги».

1993 р. – національний історико-культурний заповідник «Хортиця».

У 2008 році за підсумками Всеукраїнського народного голосування острів Хортиця увійшов до переліку семи історико-культурних чудес України. Тому сьогодні острів Хортиця – історична і природна святиня та гордість не лише Запорізького краю, а й усієї України.

1.2 Мікробне біорізноманіття ґрунтів як показник їхнього екологічного стану

Ґрунтові мікроорганізми опосередковують багато процесів, які мають важливе значення для сільськогосподарської продуктивності ґрунту. Ці процеси включають переробку рослинних поживних речовин, підтримання структури ґрунту, деградацію агрохімікатів та забруднювачів та боротьбу з шкідниками рослин та тварин [3].

Оскільки мікробне різноманіття може бути швидко спричинене змінами в екосистемних процесах, тимчасова закономірність мікробного різноманіття може бути чутливим показником функціонування екосистеми та для оцінки порушених або забруднених систем [4].

Біоту ґрунту важко вивчити через їх малі розміри, величезну кількість та різноманітність та проблеми, пов'язані з виявленням біотичної спільноти ґрунту та його функціонування [5]. Здоров'я посушливих ґрунтів може погіршуватися ерозією, опустеленням, засоленням, закисленням та іншими забрудненнями ґрунтів, які впливають на мікробну спільноту ґрунтів. На динаміку ґрунтових органічних речовин (циркуляція ґрунтових речовин), кругообіг поживних речовин та структуру ґрунту впливають мікробні процеси і на них часто негативно впливає управління.

ґрунтові мікробоценози часто змінюються швидше зі змінами в управлінні та навколишньому середовищі, ніж фізичні та хімічні характеристики ґрунту, і як результат вони є чудовими показниками екологічного стану ґрунту.

Наявність різноманітного мікробного співтовариства ґрунтів має вирішальне значення для продуктивності будь-якої екосистеми, оскільки мікроорганізми впливають на всі рівні в межах екосистеми. На думку BrueW [6] і Lynch [7], хоча потенційно шкідливі наслідки від ґрунтових мікроорганізмів включають хвороби рослин, виробництво рослин-супресивних сполук та втрату рослинних поживних речовин, більшість ґрунтових мікроорганізмів сприятливі для росту рослин. ґрунтові бактерії покращують продуктивність за рахунок підвищення процесів мінералізації [8] та фіксації динітрогену [9], виробляючи гормони [10] та антибіотики, пригнічуючи патогени [6]. Склад мікробної спільноти впливає на швидкість розкладання залишків і кругообіг поживних речовин [11]. Гриби та бактерії є деструкторами в ґрунті [11] і мають вирішальне значення для мінералізації поживних речовин, роблячи їх доступними для рослин та інших організмів [12].

Актиноміцети – це спеціалізована група ґрунтових бактерій, здатних руйнувати рослинні матеріали, такі як целюлоза, та мінералізувати поживні речовини. Деякі актиноміцети виробляють антибіотики.

Корисні мікоризні гриби можуть сприяти зростанню рослин і часто є ключовими гравцями ґрунтової спільноти. Гриби мікоризи відповідають за транслокацію поживних речовин, особливо фосфору ґрунту, та збільшення поживних речовин [13] та засвоєння води [14]. Ці асоціації мають найважливіше значення в умовах стресового середовища, посухи, умов, фосфородефіцитних ґрунтів, еродованих ділянок та кислих або меліорованих земель [15]. Взаємодія з мікоризними грибами та ризобієм може додатково впливати на рослину-хазяїна шляхом збільшення живлення азотом та фосфором [16]. Наявність або відсутність мікоризи може впливати на ріст рослин, особливо в напружених ґрунтах або мало поживних речовин, і може розглядатися як показник якості ґрунту.

Мікробні спільноти відіграють головну роль у структурі ґрунтів і, отже, впливатимуть на якість ґрунту [17]. Ґрунтові бактерії допомагають вивітрювати ґрунтові мінерали, сприяють утворенню ґрунту та виділяють полісахариди, щоб утримувати частинки ґрунту разом та сприяти стабільності сукупності.

За даними Grime [18], Wardle [19], Bardgett [20] функціонування мікроорганізмів може бути більш значним, ніж кількість видів, що регулюють процеси в екосистемах. Хоча розмаїття багатства видів може не бути помітним у багатьох середовищах, відмінності можуть бути показовими в умовах напружених систем або при зміні умов [21]. Якщо всі функціональні групи присутні, вища мікробна різноманітність може не призвести до покращення функціонування екосистеми, тому показники різноманітності разом з додатковою інформацією про ґрунт необхідні для визначення стану ґрунту.

Мікробне різноманіття та функціональне різноманіття можуть значною мірою сприяти розумінню якості ґрунтів та розвитку стійких екосистем [22].

Ґрунтові організми корисні для класифікації порушених або забруднених систем, оскільки різноманітність може впливати на хвилинні зміни екосистеми. Використання мікроорганізмів та їх функціонування для дослідження екологічного стресу та зменшення біологічного різноманіття можна використовувати в управлінні екосистемами та як показники здоров'я ґрунтів [23].

Ідентифікація функціональних генів та їх використання у дослідженнях різноманітності допоможуть більш ретельно оцінити стан ґрунту. Перш ніж ґрунтові мікробні спільноти можуть бути використані в якості індикаторів, потрібно визначити для даного ґрунту рівень мікробної різноманітності та склад спільноти, який витримує стрес та підтримує якісну екосистему. Екологічні дослідження покращать розуміння мікробної різноманітності та розширять уявлення про функціональну роль мікробних спільнот у здоров'ї та продуктивності екосистем [24].

Крім того, мікроорганізми зазвичай є неактивними в насипному ґрунті, проте виявляють підвищену активність у ґрунтових «гарячих точках», таких як ризосфера, мікосфера, дрилосфера та / або детритосфера.

Мікроорганізми в ризосфері утворюють складні спільноти, які сильно залежать від коренів рослин. Зокрема, важливими є ті члени ґрунтового мікробіому, які відіграють головну роль у сприянні зростанню та здоров'ю рослин, оскільки їм можуть знадобитися подразники в їх мікрогабітаті, що виконують свою функцію. Деякі приклади є корисними для рослин мікроорганізмами, як симбіотична азотофіксуюча ризобія або рослинні асоціативні закріплювачі азоту, такі як *Azospirilli* та *Paenibacills*, бактерії, що розчиняють фосфати, та організми, що пригнічують патогени, такі як різноманітні роди *Pseudomonads* та *Bacilli* [25, 26].

Ця грань мікробіому ризосфери часто не помічається, проте її потрібно враховувати, щоб збалансувати уявлення про функцію спільноти ризосфери. Зрозуміло, з одного боку, тип рослин може впливати на активність, чисельність та склад місцевих мікробних спільнот через кореневища [27, 28].

З іншого боку, величезне мікробне розмаїття насипного ґрунту може бути важливішим як «бібліотека» ресурсів для ризосфери, а отже, вплив коренів рослин (або, зокрема, видів рослин) часто носить тимчасовий характер [29].

Мікробоценоз – найважливіший функціональний компонент, що зумовлює редуційний процес, утворення гумусу, інтенсифікацію ферментативної активності, ґрунтове дихання, сприяє збільшенню кількісного складу амінокислот. Лісові ґрунти, на відміну від степових, утворилися в процесі тривалої взаємодії з лісовою рослинністю, наземні залишки якої не зникають, а залишаються у вигляді лісового опаду. Цим обґрунтовується те, що питанню мінералізації лісового опаду, процесам утворення гумусу в нинішній час приділяється значна увага. В лісових екосистемах, де вертикальна ярусність організації мікробних ценозів досліджена найбільш детально, центром основної діяльності мікроорганізмів у процесах трансформації рослинного опаду є лісова підстилка і примикаючий до неї гумусований ґрунтовий горизонт. У цих шарах зосереджені всі групи ґрунтових мікроорганізмів, що найтіснішим чином пов'язані в єдині детритні трофічні ланцюги.

Роль мікроорганізмів у лісовому біогеоценозі багатогранна. При розкладі лісової підстилки спостерігається поступова зміна мікрофлори. Спочатку найбільшу активність розвивають неспорують бактерії, що швидко розмножуються, і гриби. Домінантна роль спорують бактерій і актиноміцетів проявляється на пізнішій стадії деструкції, адже вони володіють потужнішим ферментативним апаратом і здатні до засвоєння більш тривких органічних сполук. Група спороносних бактерій пов'язана з перетворенням органічної речовини ґрунту, включає окремих представників, що відрізняються між собою за фізіологічними, біохімічними та іншими властивостями, якими значною мірою визначаються їх екологічні особливості. Актиноміцети оселяються на напівзгнилих залишках після того, як бактерії та гриби знищують всі легкозасвоювані речовини.

У праці Куліка [30] дослідження ґрунтів липово-ясеневої пристінної діброви, різнотравно-кострицево-ковилового степу, штучної насадженої білої акації, дуба звичайного, вміст мікроорганізмів визначали у ґрунтах і підстилці методом висіву на поживні середовища, прямим підрахунком під мікроскопом і на пластинах обростання [31].

Біогенність ґрунтів під лісом знаходиться в залежності від умов лісозростання. У сухуватому бору відзначено найнижчий вміст бактерій, актиноміцетів і грибів. Значно більше їх було виявлено у ґрунтах липово-ясеневої пристінної діброви та вязово-липової заплавної діброви. Ґрунт степової цілини (чорнозем звичайний) у декілька разів більше населений бактеріями, ніж ґрунт лісових біогеоценозів.

Ґрунти лісонасаджень із сухою градацією зволоження багаті на мікрофлору. Сапрофітних бактерій і актиноміцетів більше ніж у ґрунтах цілинного степу у 55 і 10 разів відповідно. Як показали дослідження Куліка, у ґрунтах моніторингових лісових біогеоценозів Присамар'я відзначене збільшення чисельності мікроорганізмів у лігвищах крота та інших ґрунторіїв, а також виявлено різке зростання кількості оліготрофів, актиноміцетів, олігонітрофілів і гетеротрофів.

За проведеними дослідження автором [30] було встановлено відмінності якісного складу мікроорганізмів у ґрунтах лісових культур і лісовій галявині відзначені на вилуженому чорноземному ґрунті. Окультурення посилює активність мікробіологічних процесів. За наявності вологи високою біологічною активністю володіє й ґрунт цілинного степу. Під лісовими трав'янистими фітоценозами мікрофлора ґрунтів поступово набуває специфічних рис.

Екологічна стійкість едафотопу зумовлена різноманітністю абіотичних і біотичних факторів. Загальними проявами екологічної стійкості системи є складність біогеоценотичної структури та неоднорідність ґрунтового та рослинного покриву. Саме ці обставини утворюють системи, блоки, підсистеми, що самоорганізуються, саморегулюються, здатні протистояти

жорсткому впливу антропогенних факторів. Цю неоднорідність формують усі компоненти біогеоценозів. Стабілізацію ґрунтових процесів забезпечує множинність видів мікробіоти в усіх функціональних проявах, головна з яких – трансформація органічної речовини.

У результаті досліджень вмісту мікрофлори у ґрунтах степової цілини, липово-ясеневої пристінної діброви, прируслового валу, липово-ясеневої заплавної діброви, проведених Куліком [30], встановлено, що найбільший вміст бактерій (середовище МПА, Чапека, Ешбі), актиноміцетів (середовище Чапека), грибів (сусло-агар) виявлено в підстилці липово-ясеневих пристінних і заплавних дібров. Біомаса мікроорганізмів у ґрунті складає значну величину, хоча підрахунки її, зроблені різними дослідниками становить 1000–8000 кг/га в різноманітних ґрунтах, або 0,03–0,28 % від маси ґрунту. Біомаса в живій фазі складає для грибів – 1000–1500 кг/га, актиноміцетів – до 700 кг/га, найпростіших – 100–300 кг/га. Біомаса грибів, актиноміцетів і найпростіших складає 5–10 % біомаси бактерій.

У ґрунтах цих же лісових біогеоценозів можна виділити наступні фізіологічні групи мікроорганізмів: амоніфікатори, які здійснюють процес розпаду органічних азотистих речовин з утворенням аміаку; гетеротрофи – мікроорганізми, що використовують для живлення органічні речовини; оліготрофи та олігонітрофіли – мікроорганізми, функції яких зводяться до розкладання залишкових органічних сполук, що накопичуються в ґрунті при діяльності зоогенної і автохтонної мікрофлори.

У підстилці насаджень напівосвітленої структури кількість мікроорганізмів значно вища, ніж у тіньовій структурі лісу (дубові насадження): сапрофітних бактерій – у 6 разів, актиноміцетів – у 2 рази, грибів – майже у 2 рази. У насадженнях дуба звичайного (тіньова структура) домінують сапрофітні бактерії, тоді як актиноміцетів і грибів значно більше в насадженнях білої акації (напівосвітлена структура).

Вивчення бактеріальних спільнот у ґрунтах ботанічних садів заслуговують на особливу увагу ґрунтових мікробіологів, оскільки вони

утворилися в результаті тривалої діяльності людини, спрямованої на збереження та розмноження рідкісних рослин. Дослідженнями Lysak і Larugina [32], що вивчали безперервно оброблювані ґрунти в ботанічних садах, було зафіксовано незначне зменшення щільності популяції бактерій за ґрунтовим профілем, а висока щільність популяції бактерій виявлена в затопленому горизонті. Це відокремило досліджувані ґрунти від природних непорушених ґрунтів тієї самої природної зони, де спостерігалось відносно різке зниження загальної щільності популяції бактерій та різноманіття родів культивованих сапротрофних бактерій за ґрунтовим профілем [32].

Активний розвиток бактерій, що розкладають целюлозу, у всьому ґрунтовому профілі був характерним для досліджуваних ґрунтів ботанічних садів, і це було пов'язано з хорошим станом рослинності в ботанічних садах і відображало активне розкладання органічної речовини, що потрапила в ґрунт [33]. Висока різноманітність бактерій на рівні роду була своєрідною рисою рекреазему та культурозему. До групи домінантів і субдомінантів на досліджуваних ґрунтах зазвичай входили представники родів *Mucosoccus* та *Bacillus*. Виявлено високий вміст представників роду *Arthrobacter*, роду *Rhodococcus*, відомих своєю стійкістю до різних типів забруднення, часто поодинокі, і вони проникали у нижні горизонти ґрунту. Досліджувані ґрунти характеризувались високим вмістом артробактерій та актиноміцетів, що мають тенденцію до нейтральних та лужних значень рН, а також високим видовим різноманіттям представників роду *Bacillus*. (*B. subtilis*, *B. cereus* та *B. megaterium*, рідко – *B. pumilis*, *B. sphaericus*, *B. macerans* та *B. Polymyxa*) Раніше повідомлялося про високий вміст спороутворюючих бактерій у міських ґрунтах [34, 35].

Згідно праць авторів, висока різноманітність бактеріальних комплексів на ґрунтах ботанічних садів, які були в умовах тривалих сільськогосподарських операцій, а також у заглиблених горизонтах рекреазему та культурозему, можна вважати однією з додаткових функцій

ботанічних садів, що захищають не тільки рослини, а також бактеріальні генні ресурси [32].

Таким чином, дослідження сезонної динаміки мікробоценозів ґрунтів природних і штучних лісових, а також степових біогеоценозів дозволяють виявити відмінність у структурі мікробоценозів у залежності від погодних умов, типів ґрунту тощо [30].

1.3 Оцінка якості ґрунтів за показниками видової структури мікробоценозів

Ґрунти утворились під впливом біологічних, хімічних і фізичних факторів на гірську породу. Сучасні ґрунти це живе середовище в якому постійно взаємодіють представники: мегафауни (ссавці, птахи); макрофауни (дощові черви, гнойові жуки, молюски, членистоногі); мезофауни (кліщі і ногохвістки); мікрофауни (одноклітинні мікроорганізми, нематоди); мікрофлори (бактерії, актиноміцети, гриби).

Родючість ґрунтів насамперед визначається кількістю корисної мікрофлори, а саме бактерій, актиноміцетів та грибів. Під дією вище зазначених мікроорганізмів в ґрунті відбувається синтез органічної речовини. Також, під впливом мікроорганізмів в ґрунті розкладаються рослинні та тваринні рештки. Отримані продукти розкладу органічної речовини під впливом біохімічних перетворень накопичуються в ґрунті у формі специфічної органічної речовини – гумусу.

Коріння рослин і мікроорганізми виділяють в ґрунт різні біологічно активні речовини: вуглеводи, вітаміни, гормони і ферменти, які знаходяться в активному стані і стимулюють розвиток мікрофлори. Бактерії, актиноміцети та мікоризні гриби сприяють покращенню структури ґрунту, запускають кругообіг поживних речовин, стимулюють ріст рослин, нейтралізують

шкідливі речовини та виробляють антибіотики, які знищують збудників хвороб культурних рослин.

Найбільша активність ґрунтової біоти проявляється у верхньому 0–10 см шарі ґрунту, при цьому 80–90% ґрунтової біологічної активності припадає на гриби та бактерії. Мікробна біомаса – це двигун кругообігу органічних речовин і елементів мінерального живлення. Головним елементом родючості ґрунту є мінералізація – розклад ґрунтовою біотою органічної речовини до доступних для рослин елементів мінерального живлення.

Показники родючості ґрунтів поділяються на: фізичні (щільність ґрунту, твердість ґрунту, структура ґрунту, водопроникність та водоутримуюча здатність); хімічні (кислотність ґрунту, ємність катіонного обміну, вміст доступних форм макро- та мікроелементів); біологічні (мікробна біомаса, структура мікробної популяції, мікробна діяльність, ферментативна активність ґрунту, вміст гломаліну).

Показники якості ґрунтів можуть бути цінним надбанням для моніторингу та оцінки екосистем у програмах відновлення, переважно щодо розуміння ролі властивостей ґрунту та відносин рослини та ґрунту, що сприяють рекультивації [36].

Деградація земель та втрата біорізноманіття – дві найактуальніші глобальні проблеми, що зачіпають наземні екосистеми [37]. Приблизно 23 % земної поверхні земної кулі наразі зазнає деградації, причому 5–10 мільйонів додаткових га щорічно уражаються, а близько 1,5 мільярда людей негативно впливають на деградовані землі у всьому світі [38, 39]. Тому зменшення деградації та відновлення деградованих нині земель є вкрай необхідними діями для підтримання функціонування та продуктивності екосистем, пом'якшення зміни клімату, збереження біорізноманіття та забезпечення виробництва продуктів харчування та забезпечення ресурсами [40, 41].

Ґрунти є основними компонентами суші і є динамічними системами, що генерують багато функцій [42, 43]. Ці ґрунтові функції підтримують

надання основних екосистемних послуг, таких як регулювання клімату та води, захоплення вуглецю або кругообіг поживних речовин [44, 45], які можуть серйозно вплинути на деградовані екосистеми. Відновлення екосистем має бути спрямоване не лише на відновлення можливостей ґрунту для підтримки рослинності, але й на відновлення функцій та послуг екосистем [46, 47]. Більшість функцій ґрунтових екосистем важко оцінити безпосередньо, і тому вони часто впливають із вимірюваних властивостей ґрунту, таких як показники якості ґрунту, які можуть охоплювати широкий спектр фізичних, хімічних та біологічних характеристик ґрунту [48, 49].

Якість ґрунту зазвичай визначають як «Здатність конкретного ґрунту функціонувати в межах природних або керованих екосистем, підтримувати продуктивність рослин та тварин, підтримувати або підвищувати якість води та повітря та підтримувати здоров'я та житло людини» [50].

Жива мікробна складова ґрунту становить лише 0,1–0,3% від загального об'єму ґрунту на більшості ґрунтів, але все ж є важливою для загальної якості ґрунтів, полегшуючи 90 % функцій ґрунтових екосистем [42]. Зміна складу мікробної спільноти після відновлення була пов'язана зі змінами функцій екосистеми. Таким чином, характеристика мікробної спільноти ґрунтів все частіше використовується для визначення реакції ґрунтів на зміни навколишнього середовища, таких як стрес та порушення, та як показник відновлення екосистем [46, 49].

Незважаючи на різні існуючі підходи, більшість дослідників погоджуються, що розробка чітких цілей відновлення, а також ефективних інструментів для оцінки та моніторингу прогресу є критично важливою для досягнення успіху відновлення [47, 51]. Зазвичай це передбачає широке розуміння безлічі біотичних та абіотичних факторів та екологічних ознак аналогових та цільових екосистем [52]. Costantini et al. [46], Muñoz-Rojas et al. [53], Pulido et al. [54], Mukhopadhyay [55] встановили, що показники якості ґрунтів є цінним активом для моніторингу та оцінки екосистем у програмах відновлення.

Кількість та тип показників якості ґрунтів, необхідних для моніторингу та оцінки прогресу відновлення, залежать від мети та масштабу оцінки, а в кінцевому рахунку – від часових та просторових шкал [46]. Динамічні показники, такі як ферментативна активність, мікробна активність та біомаса, рН та наявні поживні речовини, можуть бути важливими в короткостроковому періоді для виявлення початкових реакцій екосистеми. Однак через велику просторову та часову мінливість ґрунтових екосистем індикатори «повільних змін», наприклад структура ґрунту або водопроникність, можуть бути більш доцільними для висвітлення впливу на характеристики, що властиві певним ґрунтам [49, 53].

Одним із головних якісних показників ґрунту є її мікробіологічна активність. Мікробіоценоз ґрунту характеризує її потенційну родючість, сумарний результат біохімічних процесів, обумовлених життєдіяльністю мікроорганізмів [56]. Якісний і кількісний склад комплексів ґрунтових мікроорганізмів є також важливим діагностичним показником стану ґрунту, що пов'язано з високою чутливістю окремих представників мікробних спільнот до зміни екологічних умов [57].

У більшості регіонів країни ґрунту знаходяться під впливом техногенного навантаження (4,5 млн. га), що призводить до їх забруднення, у тому числі нітратами, пестицидами, важкими металами. При цьому інтенсивність забруднення визначає ступінь негативних змін біологічних властивостей ґрунту. Незважаючи на високу пристосованість мікробіоти до постійних змін навколишнього середовища, рівновагу мікробних ценозів може порушуватися внаслідок антропогенного і техногенного впливу [58].

Дана проблема характерна і для Закарпаття в зв'язку з максимальною наближеністю сільськогосподарських угідь до авто- і залізничних магістралей, а також високою інтенсивністю транспортних перевезень, що пояснюється прикордонним розташуванням області. Слід зазначити і додаткове забруднення ґрунтів окремих районів Закарпаття важкими металами, у результаті аварій на гірничорудних підприємствах Румунії [59].

Відомості щодо впливу забруднення важкими металами на мікробіологічну, ферментативну активність і дихання ґрунту, видовий склад і чисельність педомікробіоти неоднозначні і потребують уточнення. За даними ряду досліджень Sarkar [60] та Uricchio [61], чисельність ґрунтових мікроорганізмів при забрудненні важкими металами може знижуватися, не змінюватися або навіть збільшуватися, оскільки вплив забруднювачів на мікробіоценоз залежить від природи поллютантів, його вмісту в ґрунті і терміну експозиції. До факторів антропогенного впливу, що мають важливе значення для формування і функціонування мікробних спільнот ґрунту можна віднести різні форми і дози добрив. Незбалансоване застосування мінеральних добрив призводить до порушення екологічної рівноваги в системі ґрунт-рослина-людина [62]. Порушення такого роду виявляються в зниженні родючості ґрунту і контамінації рослинної продукції нітратами в критичних дозах [63].

Значний негативний вплив на якісні та кількісні характеристики ґрунту, а зокрема на ґрунтові мікробні комплекси, чинять промислові підприємства і різні види транспорту. Встановлено, що всі відходи, що залишаються від проходження пасажирських і вантажних потягів, потрапляють до ґрунту, ґрунтові води поблизу залізничних колій і розносяться на довколишні поля і угіддя, забруднюючи ґрунт [64]. У ґрунтах територій, що знаходяться вздовж залізничної колії, спостерігається також значне забруднення поллютантами, що може бути пов'язано з перевезенням сипкої мінеральної сировини [65].

Дослідження Михайло та ін. [66] показали, що під дією важких металів (Купрум сульфату) відбувається перебудова мікробного ценозу ґрунту. Так, при внесенні в ґрунт 1 ГДК солі міді спостерігали істотне зниження всіх еколого-трофічних груп мікроорганізмів в порівнянні з контролем: амоніфікаторів – на 55,1 %, мікроміцетів – на 82,6 %, актиноміцетів і мікроорганізмів, які асимілюють органічні форми азоту – на 88 %, азотфіксаторів – на 7 %. Виняток становлять олігонітрофіли, кількість яких

при внесенні 1 ГДК Купруму навпаки зросла на 32 %. Таким чином, показано, що під впливом 1 ГДК солі міді на мікробіоценоз ґрунту спостерігається зменшення кількості всіх еколого-трофічних груп мікроорганізмів.

За результатами моніторингових спостережень динаміки мікробних спільнот примагістральної екосистем авторами встановлено суттєві зміни мікробних ґрунтових комплексів [66]. Чисельність амоніфікаторів (мікроорганізми, які здійснюють мінералізацію органічних азотовмісних сполук) закономірно збільшувалася зі збільшенням відстані від залізничної колії. У точці відбору проб ґрунту на відстані 100 м від колії кількість амоніфікаторів збільшувалася в 62 рази в порівнянні з ґрунтом території, максимально наближеною до залізничної магістралі [66].

Аналіз кількості актинобактерій призалізничнодорожніх територій показав, що їх кількість зменшується зі збільшенням відстані від залізничної колії. Максимальна їх кількість зареєстровано на відстані 0 м від залізничної магістралі, а на відстані 100 м від колій їх кількість зменшується в 1,4 рази.

Найменша кількість мікроміцетів виявлено на відстані 0 м від залізничної колії, що свідчить про уповільнення природного розкладання органічних речовин [66]. Вже на відстані 100 м від залізничної дороги кількість мікроміцетів зростала втричі. У ґрунті, відібраної на відстані 0 м від магістралі, спостерігали підвищену кількість олігонітрофілів, що може свідчити про відносно низьку забезпеченість цих ґрунтів азотом, тоді як на відстані 100 м кількість мікроорганізмів даної еколого-трофічної групи зменшується майже в чотири рази [66].

Мінімальну азотфіксуючу активність досліджуваних ґрунтів реєстрували на відстані 0 м від залізничної колії (13,3 %). Зниження даного показника на тлі підвищеної чисельності олігонітрофілів свідчить про погіршення екологічного стану ґрунту. Чисельність азотфіксуючих мікроорганізмів закономірно збільшується з відстанню від залізничної колії, при цьому закономірно зменшується кількість олігонітрофілів.

Дослідження, проведені Михайло зі співавторами [66], показали, що ґрунтовий мікробіоценоз змінюється під впливом різних видів поллютантів. При цьому дана тенденція зберігається як в лабораторних дослідах, так і в ґрунтах, які знаходяться під впливом антропогенного впливу (залізничний транспорт) [66]. З огляду на це, дослідження мікробіоценозів ґрунтів, забруднених важкими металами, нітратами та іншими ксенобіотиками, мають безперечне практичне значення, адже зміни в структурі комплексів ґрунтових мікроорганізмів, що викликані токсичною дією поллютантів, мають біодіагностичний потенціал. У той же час в популяціях мікроорганізмів таких ґрунтів можлива поява штамів, здатних до активної деструкції ксенобіотиків. Такі культури, безумовно, перспективні для ремедіації природних середовищ.

Вивчення впливу азотних добрив на мікробний ценоз ґрунту показало, що під їх впливом також спостерігається виразна тенденція до перебудови мікробного ґрунтового комплексу: зниження рівня амоніфікаторів, актиноміцетів і азотфіксаторів, також тенденцію до зростання кількості мікроміцетів і олігонітрофілів. Зменшення чисельності більшості груп мікроорганізмів під впливом високих доз азотних добрив підтверджується даними інших дослідників [65].

У результаті проведення аналізу кількісного та якісного складу еколого-трофічних груп мікроорганізмів в ґрунтах призалізничнодорожніх територій реєстрували такі тенденції: підвищення кількості актинобактерій, олігонітрофілів, зниження амоніфікаторів, мікроміцетів, азотфіксаторів при наближенні до залізничної колії, що свідчить про несприятливий екологічний стан ґрунту. На відстані 100 м від залізничної колії відбувається стабілізація мікробного ценозу з переважанням «агрономічних корисних» груп мікроорганізмів [66].

Таким чином, проведені наукові дослідження Михайло і ін. [66] вказують на необхідність постійного моніторингу стану мікробних ценозів ґрунтів територій в зонах впливу поллютантів, а також вивчення можливості

використання ґрунтових мікроорганізмів у якості індикаторів забруднення ґрунтів. Разом з тим, ґрунти прилеглі до джерела техногенного забруднення, можуть розглядатися як перспективні для пошуку штамів мікроорганізмів-деструкторів даних ксенобіотиків з метою їх подальшого комерційного використання для ремедіації природних об'єктів, забруднених політантами.

Дослідження Visser і Parkinson [67] з рекультивації земель показали, що подібні параметри можна використовувати для оцінки відновлення ґрунтів (підвищення якості ґрунтів).

За результатами досліджень, проведених Visser та ін. [68] встановлено, що різка деградація якості ґрунту при відкритому видобутку зменшує видову різноманітність ґрунтової мікробіоти, що пояснюється втратою органічної речовини ґрунту. Visser [69] вказував на важливість взаємозв'язку між різноманітністю мікробних видів та функціональним різноманіттям під час рекультивації земель, використовуючи різні органічні поліпшувачі ґрунту. Розглянувши підходи на рівні мікробних (особливо грибкових) ценозів щодо оцінки успішності стратегій відновлення деградованої землі, підкреслюється важливість визначення стійкості мікробних спільнот у просторі та часі, знову ж таки з посиланням на функцію. Таким чином, ймовірність успіху меліорації можна пов'язати із структурою мікробної спільноти.

Про високу різноманітність видів грибів на сільськогосподарських ґрунтах повідомляють у своїх працях Domsch and Gams [70]. На думку Domsch [71], потенційна цінність цього різноманіття полягає в тому, що коли чисельність однієї групи грибів пригнічується пестицидами, це компенсується збільшенням чисельності інших видів. Фунгіциди, що впливають на широкий спектр грибів, зазвичай викликають зменшення дихання ґрунту та швидкості розкладання конкретних субстратів протягом короткого періоду (від 1 до 4 днів) після застосування. Після цього розвиваються стійкі до фунгіцидів гриби і спричиняють відновлення дихання ґрунту та розкладання субстрату [72].

При моніторингових дослідженнях мікробних ценозів у природних ґрунтах або тих, що зазнають різких чи хронічних змін від людської діяльності, є кілька основних проблем, які можуть обмежувати значення досліджень на рівні спільнот. За словами Parkinson і Coleman, не можливо точно визначити повний видовий склад мікрофлори досліджуваного ґрунту [73], адже тільки незначна кількість дослідників може точно визначити види, виділені з ґрунту. За Swift [74] і Domsch et al. [75], маючи суттєві дані про функціональні можливості багатьох видів ґрунтових мікроорганізмів (наприклад для грибів), важко пов'язати дані лабораторних досліджень біохімічних можливостей окремих видів з тими, що вони досягають у ґрунті. Точне визначення стану мікробних видів ґрунту та зміни цього статусу є трудомісткими.

Однак дослідження спільнот конкретних функціональних груп ґрунтової мікробіоти можуть мати більше значення при оцінці та моніторингу якості ґрунтів. Наприклад, видова структура угруповань, що беруть участь у різних фазах трансформації азоту, включаючи симбіотичну фіксацію N_2 , та мікоризних грибів, безсумнівно, є показниками загальної якості ґрунту.

Ці дослідження, на думку Visser і Parkinson, повинні зосереджуватися на процесах, пов'язаних із кругообігом органічних речовин (вуглецю) та поживних речовин (головним чином азоту), а також на ефективності утримання поживних речовин [67].

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1.1 Об'єкт дослідження

Дослідження проводили на базі кафедри загальної та прикладної екології і зоології Запорізького національного університету в лабораторії мікробіології впродовж 2018–2019 років.

Матеріалом досліджень слугували ґрунтові зразки, що відбирались у техногенних та посттехногенних екосистемах о. Хортиця.

Ділянка № 1 – ґрунт з території дендропарку, який був заснований поблизу колишнього Центрального інституту механізації й електрифікації тваринництва в 60-ті роки минулого століття (Додаток А).

Ділянка № 2 – ґрунти посттехногенних ландшафтів під трав'яною рослинністю на відстані 300 м від автошляхів (Додаток Б).

Ділянка № 3 – молоді ґрунти без рослинного покриву з ділянок, прилеглих до автошляхів, де ведеться будівництво мостів через р. Дніпро (Додаток Б).

Ділянки № 4 – ґрунти техногенних ландшафтів – призалізничнодорожні території вздовж залізничних колій, що проходять через о. Хортиця (Додаток Б).

У якості еталону досліджувався ґрунт з природного біогеоценозу під луговою рослинністю (схили балки Широка) (Додаток А).

2.1.2 Відбір зразків і підготовка ґрунту до аналізу

Відбір проб ґрунту проводили в стерильні пергаментні пакети. З товстого шару ґрунту, вийнятого лопатою, за допомогою ґрунтового ножа відбирали зразок. Перед взяттям проби багаторазово встромляли ножа в

грунтовий горизонт, з якого буде взято зразок. Зразки ґрунту відбирали з шарів ґрунту 0–5 см і 5–10 см, зазначали на етикетці номер зразка ґрунту, дату і місце відбору та доправляли до мікробіологічної лабораторії для подальшого аналізу.

2.2 Лабораторні дослідження

Мікробіологічні дослідження проводилися в мікробіологічній лабораторії мікробіології кафедри загальної та прикладної екології і зоології Запорізького національного університету.

Відбір ґрунтових зразків, виділення, культивування, облік бактеріальних комплексів та мікроскопічних грибів проводили за загальноприйнятими в ґрунтовій мікробіології методиками [76].

У лабораторних умовах досліджували кількісний і якісний склад ґрунтової мікрофлори, мікроскопічні дослідження виділених штамів мікроорганізмів, їх ідентифікацію.

Для виділення з ґрунту мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп використовували загальноприйнятий метод серійних розведень з наступним висівом ґрунтової суспензії на оптимальні щільні поживні середовища [76].

Після попереднього диспергування ґрунту готували розведення ґрунтової суспензії (рис. 2.1). Посів для виділення бактерій робили з розведення 1: 10000, грибів – до 1: 1000. Найбільш точний підрахунок виходить, якщо на чашці розвивається 30–50 колоній грибів. При перших аналізах важко передбачити, скільки мікроорганізмів міститься в ґрунті, тому робили посів з трьох послідовних розведень. Засіяні чашки перевертали догори дном і поміщали в термостат і культивували за температури 28 °С.

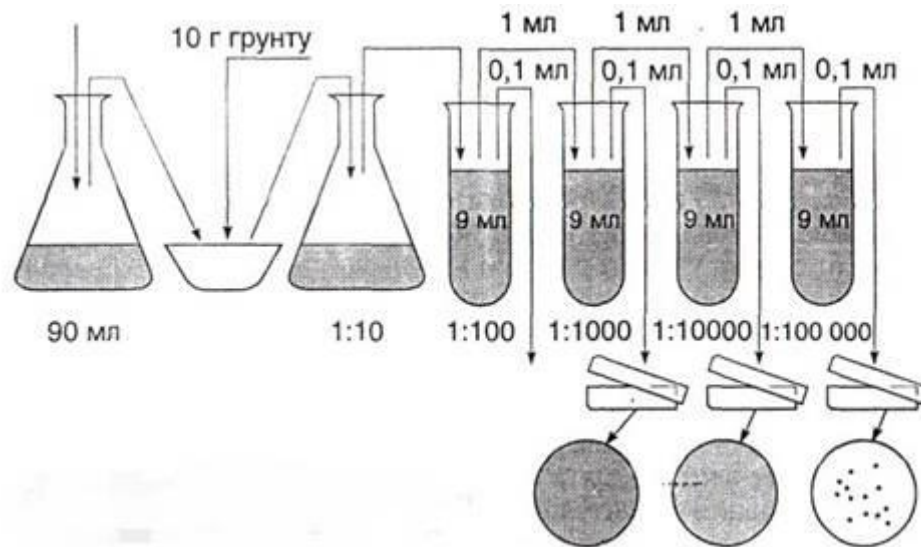


Рисунок 2.1 – Схема приготування децимальних розведень ґрунтової суспензії

Виділення мікроорганізмів різних фізіологічних та еколого-трофічних груп і визначення їхньої чисельності проводили, використовуючи щільні поживні середовища. Для культивування амоніфікаторів використовували м'ясо-пептонний агар (МПА), для бактерій, що утилізують мінеральні сполуки азоту – крохмаль-аміачний агар (КАА), для оліготрофів – ґрунтовий агар (ҒА); для мікроскопічних грибів – середовище Чапека-Докса із сахарозою (ЧА).

Склад середовища Чапека-Докса: (у г/л дистильованої води): KCl – 0,5; $MgSO_4$ – 0,5; K_2HPO_4 – 1; $FeSO_4$ – 0,01; $NaNO_3$ – 2; $CaCO_3$ – 3; глюкоза або сахароза – 20; агар – 20.

Склад м'ясо-пептоного агару: живильне середовище випускається у вигляді порошку або готується з м'ясо-пептонного бульйону з додаванням в нього агар-агару (20 г/л).

Склад крохмаль-аміачного середовища (г / л): розчинний крохмаль – 5, $(NH_4)_2SO_4$ – 1; $MgSO_4$ – 0,5; $NaCl$ – 0,5; $CaCO_3$ – 1,5, агар – 10, дистильована вода – 0,5 л.

Склад ґрунтового агару: 50 г ґрунту, 9 г агару, 450 мл водогінної води.

Метод посіву – глибинний. Тривалість культивування бактерій 3–4 доби, грибів 7–14 діб у термостаті за температури 28 °С. Повторність досліду – п’ятиразова.

Чисельність мікроорганізмів, що вирости, виражали в колонієутворювальних одиницях (КУО) у 1 грамі повітряно сухого ґрунту.

При кількісному обліку приймали, що кожна колонія виникає в результаті поділу однієї клітини. Виділені колонії бактерій і мікроскопічних грибів описували за морфолого-культуральними ознаками.

Порахувавши кількість колоній на всіх паралельних чашках, визначали середню кількість колоній на чашці і потім робили перерахунок на 1 г повітряно-сухого ґрунту за формулою [76]:

$$a = \frac{b \cdot v \cdot z}{d}, \quad (2.1)$$

де а – кількість клітин в 1 г ґрунту;

б – середня кількість колоній на чашці;

в – розведення, з якого зроблений посів;

г – кількість крапель в 1 мл суспензії;

д – маса повітряно-сухої або абсолютно сухого ґрунту, взятої для аналізу.

Мікробіологічний аналіз ґрунту проводились за загальноприйнятими методиками [76, 77, 30, 78, 79]. Активність мікробіологічних процесів, що протікають у досліджуваних ґрунтах, визначали за допомогою розрахунку коефіцієнтів мінералізації-імобілізації і педотрофності за К. Андреюк з співав. [65] та методиками описаними В. Волкогоном із співав. [80].

Коефіцієнт мінералізації-імобілізації розраховували за формулою:

$$K_{m-i} = C_{КАА}/C_{МПА}, \quad (2.2)$$

де: $C_{КАА}$, $C_{МПА}$ – кількість мікроорганізмів, що вирости, відповідно, на крохмаль-аміачному та м'ясо-пептонному агарах.

Коефіцієнт педотрофності розраховували за відношеннями кількості мікроорганізмів на ґрунтовому агарі ($C_{Гр.А}$) до кількості мікроорганізмів, що вирости на м'ясо-пептонному агарі ($C_{МПА}$):

$$K_{пед} = C_{Гр.А} / C_{МПА}. \quad (2.3)$$

2.3 Статистична обробка даних

Для характеристики структури мікробного комплексу використовували:

Обчислювали середньоквадратичне відхилення:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (x_i - M)^2}{n - 1}}, \quad (2.4)$$

де x_1 – величина однієї вибірки;

M – середнє арифметичне;

n – кількість вибірок.

Середньоарифметична похибка:

$$m = \frac{\delta}{\sqrt{n}}. \quad (2.5)$$

Розрахунок критерію достовірності що вказує на точність розрахунків у порівнянні з контролем:

$$td = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}, \quad (2.6)$$

де M_1, M_2 – середнє арифметичне;

m_1^2, m_2^2 – стандартна похибка.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за загальноприйнятими методиками [81] з використанням прикладного пакету програм *Excel 2007*

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Загальна чисельність бактерій і мікроскопічних грибів, виділених з ґрунтів о. Хортиця

Мікробні спільноти відіграють головну роль у структурі ґрунтів і, отже, впливатимуть на якість ґрунту [17]. Функціонування мікроорганізмів може бути більш значним, ніж кількість видів, що регулюють процеси в екосистемах [18, 19, 20]. Хоча розмаїття багатства видів може не бути помітним у багатьох середовищах, відмінності можуть бути показовими в умовах напружених систем або при зміні умов [21].

Екологічний стан ґрунту характеризують якісні й кількісні зміни, що відбуваються в структурі мікробного ценозу та співвідношення чисельності окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів, які відображають реакцію на дію різних факторів, у тому числі й антропогенних [65].

Аналіз кількісних характеристик мікробного угруповання показав, що загальна чисельність ґрунтових мікроорганізмів змінюється залежно як від ділянки дослідження, так і шару ґрунту (табл. 3.1). Чисельність бактерій у верхньому (0–5 см) і нижньому (5–10 см) шарах ґрунту природної екосистеми була відповідно 2,06 млн. і 3,3 млн. КУО у 1 г повітряно сухого ґрунту. У зразках ґрунту з дендропарку загальна чисельність була значно вищою порівняно з контролем й іншими ділянками і становила відповідно 4,19 і 3,58 млн. КУО у 1 г повітряно сухого ґрунту. У ґрунті посттехногенних територій ці показники становили відповідно 3,05 млн. і 0,93 млн. КУО/г, у техногенних (вздовж автомагістралі) – 2,78 млн. і 0,8 млн. КУО/г ґрунту, у зразках з призалізничнодорожньої території – 1,96 млн і 2,67 млн. КУО в 1 г ґрунту відповідно.

Таблиця 3.1 – Чисельність бактерій основних еколого-трофічних у екосистемах о. Хортиця

Варіанти	Чисельність мікроорганізмів, млн. КУО в 1 г повітряно-сухого ґрунту			
	Шар ґрунту, см	Амоніфікатори, млн.	Бактерії, що асимілюють мінеральний азот, млн.	Педотрофи, млн.
Контроль (б. Широка)	0–5	0,73±0,11	1,22±0,45	0,11±0,02
	5–10	0,91±0,06	2,26±0,51	0,13±0,02
Ділянка № 1 (дендропарк)	0–5	0,41±0,04	3,55±0,48*	0,23±0,03*
	5–10	0,33±0,11	3,05±0,23	0,20±0,03
Ділянка № 2 (на відстані 300 м від автошляхів)	0–5	1,21±0,25	1,75±0,16	0,09±0,01
	5–10	0,29±0,13	0,54±0,18*	0,10±0,03
Ділянка № 3 (територія вздовж автомагістралі)	0–5	0,81±0,16	1,83±0,23	0,14±0,1
	5–10	0,19±0,02*	0,50±0,09*	0,11±0,03
Ділянка № 4 (територія вздовж залізничних колій)	0–5	0,35±0,02	1,38±0,26	0,23±0,06
	5–10	0,21±0,08	2,32±0,40	0,14±0,02

Примітка: * – відмінності від контролю суттєві при $P = 0,95$

У цілому, слід зазначити, що біогенність ґрунту природної екосистеми (б. Широка) була вищою в шарі ґрунту 5–10 см, тоді як загальна чисельність мікроорганізмів у техногенних і посттехногенних ґрунтах – у верхньому (0–5 см) шарі, що на нашу думку, зумовлено постійним надходженням автотранспортних полютантів.

Порівняльний аналіз кількісних характеристик мікробного угруповання показав, що чисельність і співвідношення окремих еколого-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів змінюється залежно від ступеня трансформації ландшафта (табл. 3.1).

Природна екосистема характеризувалась невисокими показниками чисельності амоніфікаторів (0,73–0,91 млн. КУО/г ґрунту), що зумовлено постійним низьким вмістом води у верхніх шарах ґрунту, проте контрольні показники в шарі ґрунту 5–10 см перевищували в 2,75–4,8 рази показники інших екосистем (рис. 3.1).

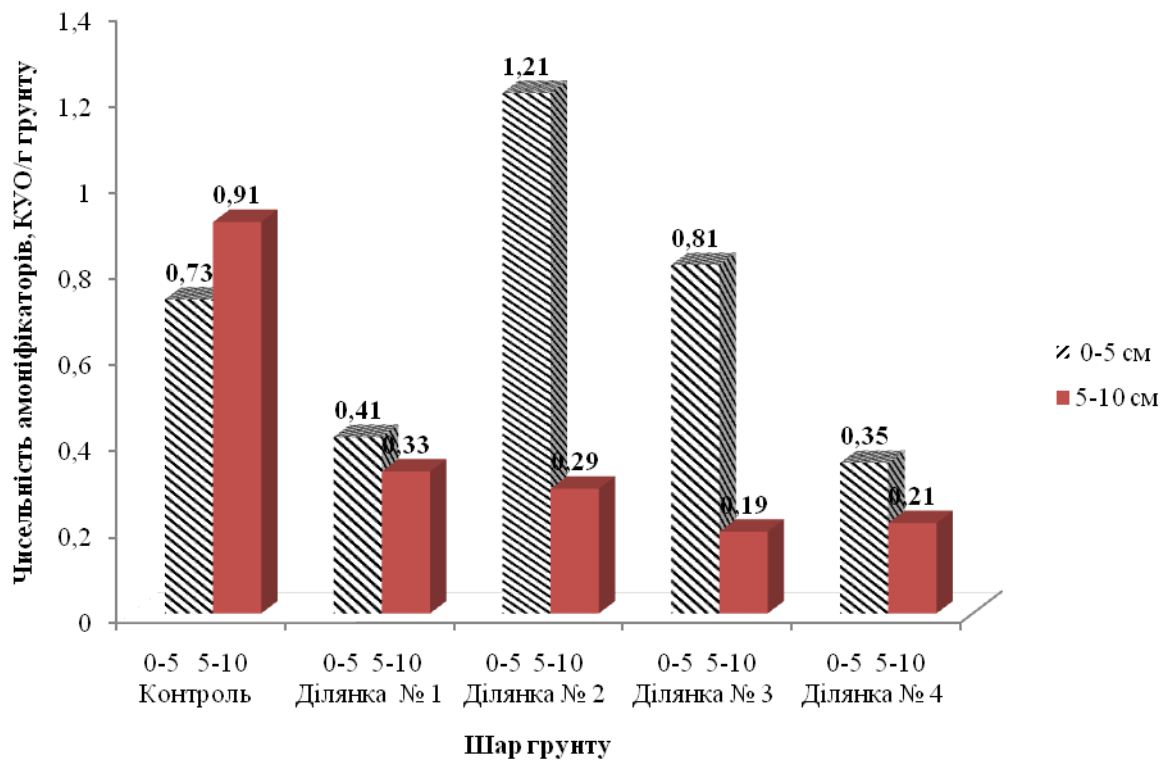


Рисунок 3.1 – Чисельність амоніфікаторів, млн. КУО/г ґрунту

Чисельність бактерій вказаної групи у зразках ґрунту з дендропарку (шар 5–10 см) достовірно не відзнялась від контрольних, проте перевищувала в 1,6–1,7 рази показники техногенних територій. Чисельність амоніфікаторів, що виділялися зі зразків посттехногенних територій, була найбільшою і перевищувала в 1,5–3,5 рази показники інших варіантів.

Чисельність мікрофлори, що утилізує азот мінеральних сполук, у зразках з посттехногенних і техногенних ґрунтів, крім ділянки вздовж залізничний колій, була максимальною у верхньому (0–5 см) шарі ґрунту (рис. 3.2). Зниження чисельності бактерій вказаних еколого-трофічних груп у шарі ґрунту 5–10 см свідчить про низький вміст органічних сполук і уповільнення процесів мінералізації-іммобілізації. (Додаток В).

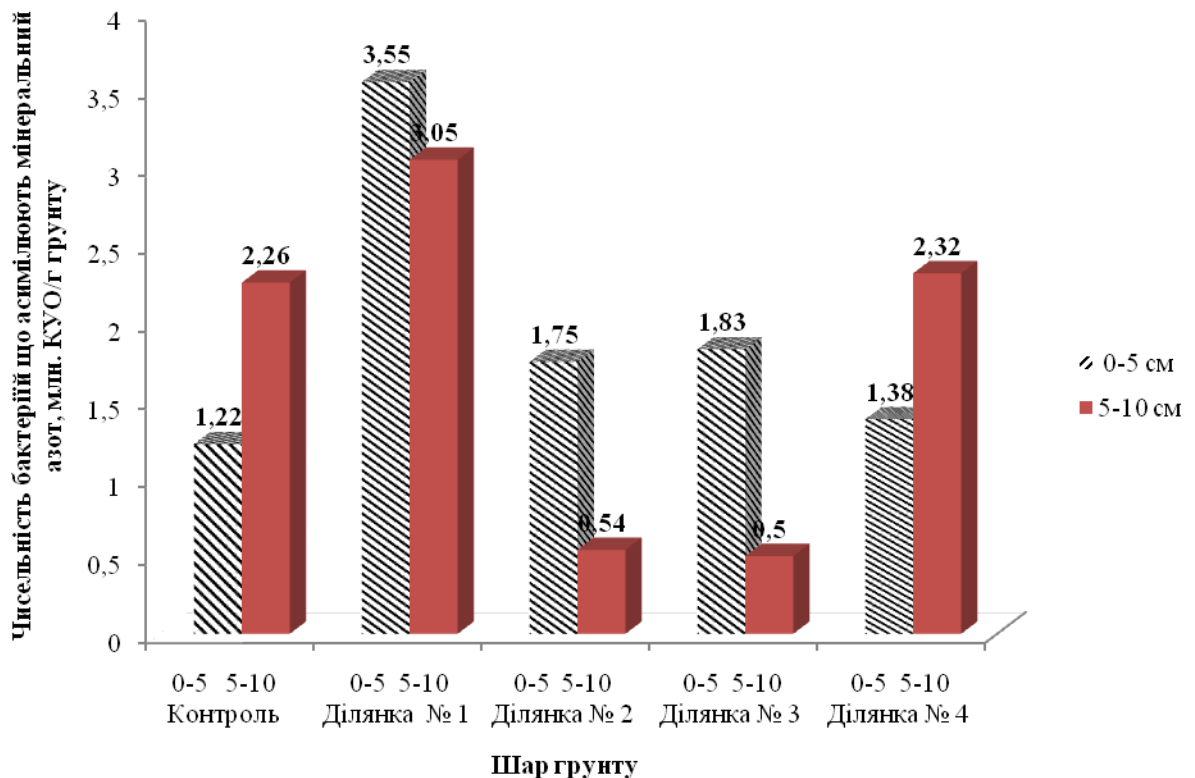


Рисунок 3.2 – Чисельність бактерій, що асимілюють мінеральний азот, млн. КУО/г ґрунту

Найбільшою чисельність мікрофлори цієї групи була в зразках ґрунту з дендропарку, яка становила від 3,55 млн. КУО/г (шар 0–5 см) до 3,05 млн. КУО/г (шар 5–10 см) і перевищувала відповідно показники природних степових ландшафтів у 2,9 рази (шар 0–5 см) та 1,4 рази (шар 5–10 см), посттехногенних і техногенних територій у 2,1–5,6 і 1,9–6,1 рази. Найменшою чисельність мікрофлори, що утилізує мінеральний азот, була на

ділянці № 3 (територія вздовж автомагістралі) у шарі ґрунту 5–10 см, яка в 6,1 раз нижче, ніж у дендропарку та в 4,5 рази нижче порівняно з контролем.

Чисельність педотрофної мікрофлори відповідно до шару ґрунту мала різні показники. Найбільша чисельність педотрофів спостерігалась у шарі ґрунту 0–5 см у зразках ґрунту з дендропарку та на території вздовж залізничної колії й становила 0,23 млн. КУО/г (рис. 3.3), тоді як на ділянці № 2 (300 м від автошляхів), цей показник був нижчим відповідно у 2,6 рази.

Відповідно в шарі ґрунту 5–10 см найбільша чисельність педотрофів була в ґрунті з дендропарку і становила 0,20 млн. КУО/г, а найменша чисельність бактерій вказаної групи (0,10 млн. КУО/г) була на ділянці № 2 (300 м від автошляхів) у шарі ґрунту 0–5 см.

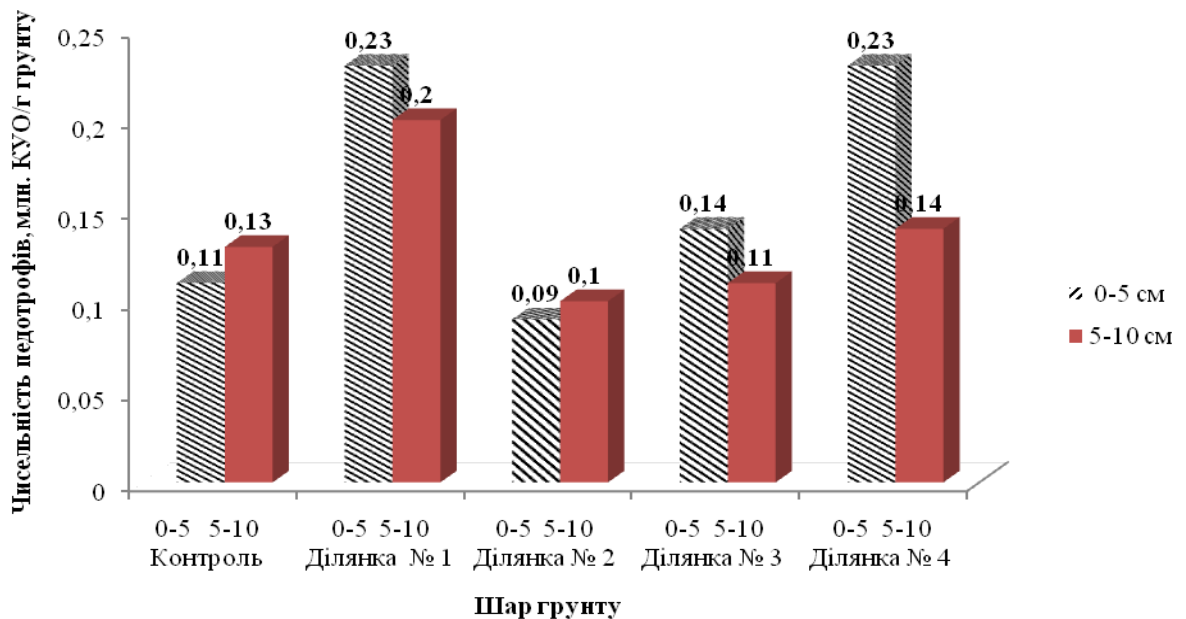


Рисунок 3.3 – Чисельність педотрофів, млн. КУО/г ґрунту

Таким чином, збільшення педотрофної мікрофлори (шар ґрунту 0–5 см) виявлено на ділянках № 1 (дендропарк) та № 4 (території вздовж залізничних колій), що свідчить про зменшення поживних речовин, які необхідні для життєдіяльності ґрунтової мікрофлори, адже педотрофна мікрофлора

інтенсивно розвивається на збіднених ґрунтах, що обумовлено як трофічною специфічністю, так відсутністю конкуренції.

У цілому, у досліджуваних ґрунтах домінували мікроорганізми, що асимілюють мінеральні форми азоту (на КАА). Чисельність, яких переважала у 1,5–11,1 рази кількість органотрофів, 4,6–19,4 рази кількість педотрофної мікрофлори. Біогенність молодих ґрунтів була вищою у шарі 0–5 см, а в контролі – у шарі 5–10 см.

Таблиця 3.2 – Чисельність мікроміцетів і актиноміцетів у ґрунтах різних екосистем о. Хортиця

Варіанти	Чисельність мікроорганізмів (КУО на 1 г повітряно-сухого ґрунту)			
	Шар ґрунту, см	Гриби, тис.		Актиноміцети, млн.
		КАА	ЧА	
Контроль (б. Широка)	0–5	1,3±0,53	1,03±0,11	0,17±0,035
	5–10	2,3±0,94	0,87±0,82	0,25±0,06
Ділянка № 1 (дендропарк)	0–5	1,23±0,29	4,3±0,58*	0,34±0,096
	5–10	2,34±0,50	2,5±0,22	0,29±0,11
Ділянка № 2 (на відстані 300 м від автошляхів)	0–5	1,1±0,45	0,5±0,07*	0,51±0,104*
	5–10	1,7±0,7	0,7±0,08	0,16±0,04
Ділянка № 3 (територія вздовж автомагістралі)	0–5	3,0±1,2	0,13±0,02*	0,79±0,2*
	5–10	0,3±0,12	0,33±0,11	0,26±0,08
Ділянка № 4 (територія вздовж залізничних колій)	0–5	0,83±0,041	3,07±0,041*	0,26±0,082
	5–10	1,13±0,29	1,5±0,44	0,48±0,19

Примітка: * – відмінності від контролю суттєві при $P = 0,95$

Як видно з табл. 3.2, коливання чисельності мікроміцетів не було таким значним. Вміст мікроскопічних грибів у ґрунті о. Хортиця варіював у межах 0,13–4,3 тис. КУО /г ґрунту (рис. 3.4–3.5, Додаток Г).

Згідно рисунку 3.4, максимальна чисельність мікроміцетів у ґрунті о. Хортиця спостерігається в дендропарку, яка перевищувала показники фонових ґрунтів у 4,1 рази у верхньому шарі (0–5 см) та 2,9 рази у нижньому шарі (5–10 см) ґрунту.

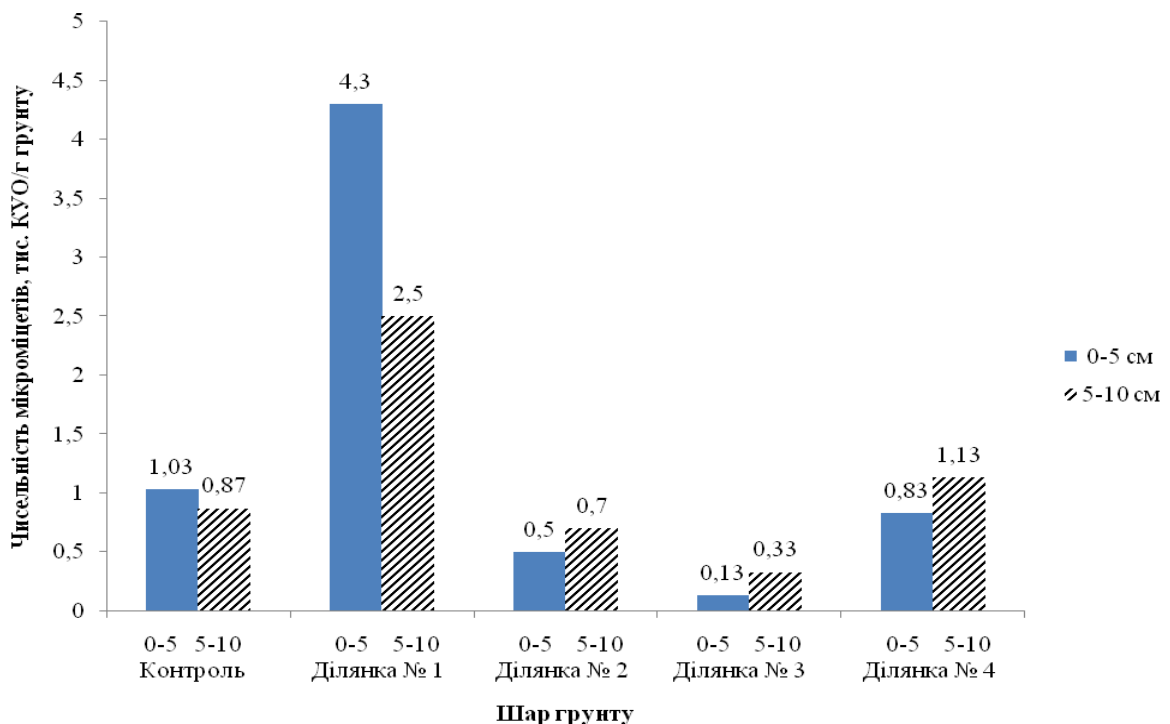


Рисунок 3.4 – Чисельність мікроміцетів у екосистемах о. Хортиця, тис. КУО/г ґрунту (на середовищі Чапека-Докса)

Як свідчать дані таблиці 3.2, чисельність актиноміцетів, спеціалізованої групи ґрунтових бактерій, здатних руйнувати рослинні матеріали, такі як целюлоза та мінералізувати поживні речовини, максимальною була у верхньому шарі ґрунту (0–5 см). на території вздовж автомагістралі (ділянка № 3) і становила 0,79 КУО у 1 г повітряно сухого ґрунту.

Мінімальною чисельність актиноміцетів була в зразках, що відбиралися з нижніх шарів ґрунту (5–10 см) на ділянці № 2 (300 м від автошляхів), яка становила 0,16 КУО/г ґрунту.

Нами виявлена тенденція зниження чисельності грибів-гідролітиків на тлі зростання чисельності бактеріальної мікрофлори, що є цілком закономірним явищем для антропогенно-трансформованих територій. Кількість мікроміцетів у контрольних зразках становила 9,32 % від загальної кількості мікрофлори, тоді як у техногенних ґрунтах – 5,53–11,9 %

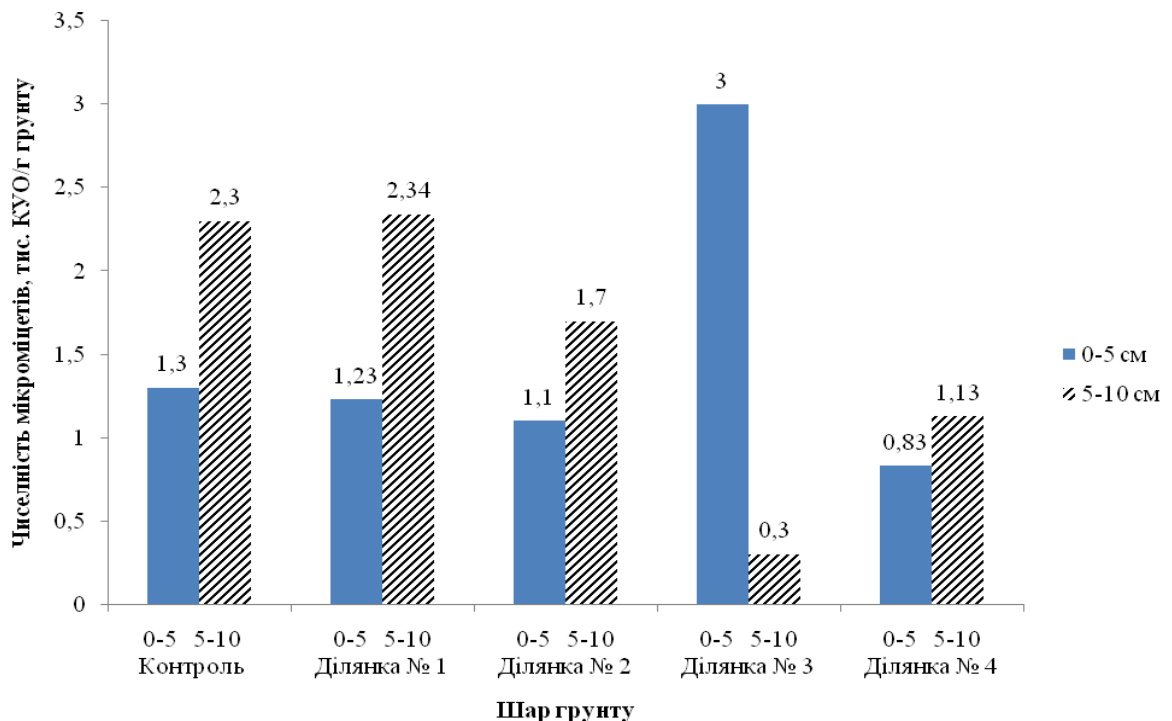


Рисунок 3.5 – Чисельність мікроміцетів в екосистемах о. Хортиця, тис. КУО/г ґрунту (на КАА)

Для оцінки мікробіологічних показників ґрунту, які вказують на мікробіологічні процеси у ґрунті відібраних зразків, здійснювався розрахунок коефіцієнтів педотрофності та мінералізації-іммобілізації (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Мікробіологічні показники ґрунту досліджуваних ландшафтів о. Хортиця

Варіанти досліджень	Шар ґрунту	Показники коефіцієнтів
Коефіцієнт мінералізації-імобілізації		
Контроль (б. Широка)	0–5	1,6
	5–10	2,5
Ділянка № 1 (дендропарк)	0–5	8,5
	5–10	9,2
Ділянка № 2 (300 м від автошляхів)	0–5	1,4
	5–10	1,9
Ділянка № 3 (територія вздовж автомагістралі)	0–5	2,26
	5–10	2,63
Ділянка № 4 (територія вздовж залізничних колій)	0–5	3,9
	5–10	11,05
Коефіцієнт педотрофності		
Контроль (б. Широка)	0–5	0,15
	5–10	0,14
Ділянка № 1 (дендропарк)	0–5	0,60
	5–10	0,58
Ділянка № 2 (300 м від автошляхів)	0–5	0,07
	5–10	0,34
Ділянка № 3 (територія вздовж автомагістралі)	0–5	0,18
	5–10	0,58
Ділянка № 4 (територія вздовж залізничних колій)	0–5	0,70
	5–10	0,64

Напруженість мінералізаційних процесів у ґрунті досліджуваних ділянок зростала за ґрунтовим профілем і максимального значення сягала на ділянці № 4 (територія вздовж залізничних колій) у шарі ґрунту 5–10 см. Коефіцієнт мінералізації-іммобілізації складав 11,1, що в 4,4 рази вище, ніж у природному біогеоценозі, а також суттєво відрізнявся від показників ґрунту з ділянок № 1, № 2 і № 3. Мінімальні значення коефіцієнтів мінералізації-іммобілізації спостерігалися на ділянці № 2, які становили 1,4 (шар ґрунту 0–5 см) і 1,9 (шар ґрунту 5–10 см).

Як видно з табл. 3.3, показники педотрофності, що характеризують ступінь залучення до кругообігу ґрунтового гумусу та його трансформацію в різних ґрунтах, у природних ландшафтах (балка Широка) зростали за ґрунтовим профілем. Так значення коефіцієнта педотрофності в шарі ґрунту 0–5 см і 5–10 см відповідно становили 1,6 та 2,5.

Розраховані коефіцієнти для ґрунту з території дендропарку як у верхньому, так і нижньому шарах ґрунту були майже однаковими, проте в 4,0–4,5 рази перевищували показники степового біогеоценозу.

Показники ґрунту ділянок, розташованих на відстані 300 м та вздовж автошляхів, були вищими в шарі ґрунту 5–10 см і становили відповідно 0,34 і 0,58, що перевищувало показники верхніх шарів у 4,7 і 3,2 рази.

Найбільшим ступенем трансформації гумусових речовин характеризувались техногенні ґрунти призалізничнодорожніх територій, де коефіцієнти педотрофності становили 0,70 і 0,64 і перевищували в 4,7–4,6 рази показники в контролі та в 7–10 разів показники інших техногенних територій.

Таким чином, підвищення показника педотрофності свідчить про збільшення інтенсивності деструкції органічної речовини ґрунту, зокрема гумусових сполук. Різде зменшення вмісту гумусу в ґрунті пов'язано з активацією ґрунтових мікроорганізмів, що включають у свої метаболічні цикли органічну речовину ґрунту [82, 83, 84]. Максимальна швидкість мінералізації спостерігається при оптимальних для мікроорганізмів вологості

та температури, зменшується при надлишковому зволоженні, у важких ґрунтах.

Сукцесійно-динамічні зміни мікробного угруповання ґрунту пов'язані не лише з впливом на біоценоз абіотичних чинників, таких як температура та вологість, а й антропогенних чинників (викиди автотранспорту, перевертання шарів ґрунту, рекреаційне навантаження).

Отже, аналіз активності мікробіологічних процесів у ґрунтах о. Хортиця з різним ступенем техногенного навантаження свідчить про уповільнення процесів гумусоутворення й активізацію процесів мінералізації органічних речовин, що відбивається у зростанні в 4,6–10 рази коефіцієнтів мінералізації-імобілізації та педотрофності. Найбільш активно процеси мінералізації відбуваються в ґрунті ділянок, прилеглих до автошляхів і залізничних колій, що свідчить про їх незадовільний екологічний стан.

Отримані результати можуть бути використані при формуванні первинної бази даних для подальшого моніторингу екологічного стану ґрунтового покриву природних і техногенних ландшафтів о. Хортиця.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Для виконання експериментальної частини моєї кваліфікаційної роботи всі необхідні матеріали я отримувала в лабораторії мікробіології на кафедрі загальної та прикладної екології та зоології в аудиторії № 206.

Я була ознайомлена з загальними вимогами щодо охорони праці згідно з інструкції з охорони праці для роботи студентів, аспірантів, лаборантів у лабораторії кафедри загальної та прикладної екології та зоології.

Для запобігання нещасних випадків, пожеж і вибухів я вивчила і виконувала правила з охорони праці, виробничої санітарії й пожежної профілактики. На всі види робіт, що являють собою потенційну небезпеку була в наявності інструкція, що узгоджується з відділом охорони праці.

У лабораторіях проводили вологе прибирання і регулярне провітрювання протягом робочого дня. Студенти та викладачі повинні працювати в лабораторії тільки в спеціальному одязі. Забороняється знаходитися в лабораторії у верхньому одязі. Під час проведення експерименту була одягнута в спеціальний одяг (халат), у лабораторії у верхньому одязі не знаходилася [85].

Перед початком роботи кожного дня обов'язково проводили такі заходи: за 20 хвилин до початку виконання робіт провітрювали лабораторію, одягали спецодяг, перед проведення експериментальних та дослідницьких робіт разового характеру, що пов'язані з використанням високої напруги, хімічних реактивів проводили цільовий інструктаж та обов'язково зареєстрували інструктаж у відповідному журналі.

Перед початком роботи ознайомила із завданням, правилами безпеки робіт, обладнанням, матеріалами та інструментом, потім перевірила наявність захисного заземлення електричних приладів, з якими забороняється працювати в лабораторії самостійно.

Під час роботи дотримувалася таких правил:

1. Заборонялося проводити дослідження у брудному, або не якісно вимитому посуді, виконувала завдання стоячі.
2. При пересуванні склянки з гарячою водою по поверхні столу склянку тримала якнайдалі від себе з підкладеною під дно ганчіркою.
3. Заборонялося аналізувати будь-які речовини на смак, запах, а також пити воду з хімічного посуду.
4. Утримання та використання в лабораторії для учбової мети кислот, горючих речовин і інших матеріалів, що являють собою небезпеку, не повинно перевищувати добових норм та відповідати правилам суміщення реактивів при їх зберіганні, не суміщала експерименти, де одночасно використовувалися легкозаймисті речовини та робота з відкритим полум'ям.

Після закінчення роботи я вимивала забруднений посуд, використані реактиви і розчини нейтралізувала і знезаражувала, вимикала електроживлення і закривала приміщення [86].

Під час проведення мікробіологічних досліджень з метою встановлення видового складу мікроскопічних грибів я використовувала засоби особистого захисту органів дихання (ватно-марлева пов'язка) для запобігання попадання грибкових спор до організму. Після проведення дослідів ватно-марлеві пов'язки знезаражувала дією ультрафіолету.

Також окремо ознайомившись з основними правилами пожежної безпеки в даній лабораторії.

Умови праці в лабораторії повинні дотримуватися відповідно до вимог ДСТ 12.3.002–75 та інших діючих нормативних актів [86].

Відповідно до санітарно – гігієнічного режиму лабораторії :

1. У приміщенні не створювався застій повітря. Повітря робочої зони відповідало ДСТ 12.1.005–86 [87].
2. У лабораторії згідно СаНіП 2.04.85–86 «Опалення, вентиляція, кондиціонування» і ДСТ 12.04.021–75 «Системи вентиляційні. Загальні вимоги безпеки» були раціонально спроектовані механічно і правильно експлуатована природна вентиляційна система.

У лабораторії перед початком роботи було створено оптимальні умови мікроклімату, згідно ДСТ 12.1.005–88 «Загальні санітарно – гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». Відповідно створення нормальної освітленості робочого місця в лабораторії відповідало вимогам СаНіП 11–4–79 [88].

У ході виконання експериментальної роботи були використанні такі індивідуальні та комплексні засоби захисту як: марлеві пов'язки, білий х/б халат.

До загальних правил роботи та техніки безпеки в мікробіологічній лабораторії відносять [88]:

1. У лабораторію заборонялося входити у верхньому одязі та класти на столи сумки, портфелі та інші особисті речі.

2. У мікробіологічній лабораторії заборонялося працювати без халату, який захищає одяг від забруднення мікроорганізмами та перешкоджає їх поширенню за межі лабораторії.

3. За мною закріплювалось постійне робоче місце. Робоче місце під час роботи було охайним.

4. На всіх пробірках та чашках обов'язково писали назву мікроорганізму або точки відбору проб, дата його посіву, П.І.Б. та номер групи.

5. Протягом роботи бактеріологічні петлі, голки знезаражувалися – прожарювалися у полум'ї пальника. Використані шпателі, предметні та накривні скельця, піпетки переносили у циліндри з дезінфікуючим розчином.

6. У разі попадання матеріалу, що досліджується, або культури мікроорганізмів на руки, стіл, халат або взуття негайно попереджувала викладача і під його керівництвом (контролем) проводили дезінфекцію.

7. У лабораторії під час висіву мікроорганізмів категорично не приймали їжу, не допускаються зайві ходіння, різкі рухи, сторонні розмови.

8. Після закінчення дослідження робоче місце дезінфікувалося, матеріал та предмети, що використовувалися, здавали лаборанту та обов'язково мили руки з милом.

Також у лабораторії передбачалась техніка безпеки при роботі зі скляним посудом та іншими виробами зі скла:

1. Під час проведення робіт зі скляним посудом та іншими виробами зі скла в лабораторії № 206 усі працюючі повинні були забезпечені засобами індивідуального захисту (халатами, гумовими рукавицями та фартухами) за нормами передбаченими положенням.

2. До миття посуду допускалися особи, які пройшли інструктаж з техніки безпеки з записом у журнал охорони праці.

3. Для миття посуду відводилася частина приміщення, обладнаного для цього.

4. Використовували тільки спеціальний хімічний посуд.

5. Не використовували брудний посуд, або той, що має тріщини або відбиті краї.

6. Кінці скляних трубок і паличок, що застосовувалися для розмішування розчинів та іншої мети, були оплавлені.

7. Марка скла посуду суворо відповідала характеру роботи, що виконувалася з нею.

8. Посуд з нетерmostійкого скла використовувався переважно для робіт, що не потребували нагрівання. Допускалося рівномірне, без різких температурних перепадів, нагрівання нетерmostійкого посуду приблизно до 100 °С. Не нагрівали нетерmostійкі стакани та колби на відкритому вогні або безпосередньо на електроплитці, а також різко не охолоджували нагрітий посуд.

9. Терmostійкий посуд використовували у більш жорстких температурних режимах, однак, проте мали на увазі, що різке нагрівання або охолодження з перепадом температур більше 150–200 °С може викликати розтріскування, особливо при неякісному його виготовленні.

10. Враховували термостійкість посуду (тобто здатність матеріалу витримувати без пошкоджень різкі температурні перепади), при інших рівних умовах, обернено пропорційна товщині стінок.

11. Для змішування або розбавлення речовин, що супроводжуються виділенням теплоти, а також для нагрівання хімічних речовин використовували фарфоровий або тонкостінний скляний посуд [88].

12. Пробірки, круглодонні колби, фарфорові чашки нагрівали на відкритому вогні, плоскодонні колби й стакани нагрівали тільки на металевому розсікачі полум'я або з застосуванням азбестової сітки.

13. У робочому столі або шафі тримали тільки необхідний посуд, яким постійно користувалися. Посуд у столі тримався у порядку, дрібні деталі – у неглибоких коробках в один шар на ваті. При висуванні ящиків стола посуд не вдарявся один об один.

14. Посуд, призначений для зберігання реактивів, не використовується для зберігання харчових продуктів.

Техніка безпеки при роботі з електричними приладами.

1. Щоб запобігти виникненню нещасних випадків, враження електричним струмом, пожеж тощо ми вивчили і виконували правила з техніки безпеки при роботі на електрообладнанні, правила виробничої санітарії й пожежної профілактики.

2. Відповідально ставилися до навчальної лабораторії загальної та прикладної екології та зоології та систематично слідкувати за справністю електричної апаратури, яка використовувалася в роботі. При виявленні пошкоджень негайно повідомляли відповідного фахівця та контролювали своєчасний її ремонт.

3. Не користувалися несправним електроустаткуванням.

4. Профілактичний огляд і ремонт електроустаткування (електроплити, муфельна піч, сушильна шафа і та ін.), яке використовувався в науково – дослідній роботі, робили тільки відповідні фахівці.

5. У лабораторії № 206 використовували електронагрівальні прилади закритого типу та інше електричне обладнання тільки заводського виготовлення. При експлуатації користувалися паспортом та інструкцією заводу – виготовлювача.

6. Після закінчення експерименту подача струму негайно припинялася.

7. Шафи з розподільними пристроями були замкнені на замок.

8. Усі прилади, в яких це передбачено, були заземлені [88].

Статистична обробка проводилась на комп'ютері. Напруга живлення ПК (220 В) є небезпечною для життя людини. Тому, незважаючи на те, що в конструкції комп'ютера передбачена достатня ізоляція від струмопровідних ділянок, необхідно знати та чітко виконувати ряд правил техніки безпеки.

Забороняється:

1. Торкатися екрана і тильного боку дисплея, проводів живлення та заземлення, з'єднувальних кабелів.

2. Порушувати порядок увімкнення й вимикання апаратних блоків.

3. Класти на апаратуру сторонні предмети.

4. Працювати на комп'ютері у вологому одязі та вологими руками.

5. Палити в приміщенні, де знаходяться комп'ютери.

Не можна працювати на комп'ютері при недостатньому освітленні, високому рівні шуму тощо.

Під час роботи за комп'ютером потрібно дотримуватись таких правил:

1. Документи для роботи повинні знаходитись перед монітором, бажано на спеціальній підставці для уникнення маси непотрібних рухів очей.

2. Навантаження на зап'ястки рук можна зменшувати, якщо тримати їх при наборі прямо. Можна використовувати м'які підставки для зап'ястків, на яких вони будуть відпочивати в перервах між набором тексту.

3. Не тримайте курсор подовгу на одному місці, оскільки доведено, що очам комфортно, якщо погляд спрямований на екран трохи вниз (центр

екрана нижче рівня очей на 10–29 см), оптимальна відстань між очима та екраном 50–65 см [89].

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що в досліджуваних ґрунтах домінували мікроорганізми, що асимілюють мінеральні форми азоту, чисельність яких переважала в 1,5–11,1 рази кількість органотрофів, у 4,6–19,4 рази кількість оліготрофів.

2. Біогенність молодих ґрунтів була вищою в шарі ґрунту 0–5 см, тоді як у фонових ґрунтах – у шарі ґрунту 5–10 см, що, вочевидь, зумовлено постійним надходженням автотранспортних полютантів.

3. Техногенне навантаження на ґрунти о. Хортиця позначилось на зменшенні, порівняно з природною екосистемою (б. Широка), чисельності мікроскопічних грибів у ґрунтах посттехногенних і техногенних територій відповідно в 1,6 і 2,4 та в 7,03 і 3,3 рази.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. При комплексному дослідженні якості ґрунтів з метою їх подальшого раціонального використання обов'язково слід враховувати біодіагностичні показники (коефіцієнти іммобілізації-мінералізації, педотрофності), оскільки, вони є інформативними і дозволяють швидко оцінити різні рівні антропогенного навантаження на едафотопи наземних екосистем.

2. Результати досліджень можуть бути використані для моніторингу забруднення ґрунтів, а також при викладанні дисциплін «Екологічна мікробіологія і вірусологія», «Ландшафтна екологія», «Ґрунтознавство» «Урбоекологія», «Біоіндикація».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шелегеда В. І., Шелегеда О. Р. Книга природи острова Хортиця. Знайомі незнайомці. Київ: «Вольф Ю. В.», 2017. 240 с.
2. Национальный заповедник Хортица : Путеводитель : Дендропарк
URL: <http://hortica.zp.ua/ua/guide/center/92-dendropark> (дата звернення: 09.11.2019).
3. Parkinson D., Coleman D. C. Microbial communities, activity and biomass. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 1981. Vol. 34. P. 3–33.
4. Kennedy A. C., Smith K. L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. *Plant and Soil*. 1995. Vol. 170. P. 75–86.
5. Hawksworth D. L., Mound L. A. Biodiversity databases: the crucial significance of collections. *In The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture (Ed. D.L. Hawksworth)*. CAB International, Redwood Press Ltd., Melksham, UK. 1991. P. 17–29.
6. BrueW, G. W. Soilborne Plant Pathogens. *Macmillian Publishing Co.*, New York, USA. 1987.
7. Lynch 1. M. Soil Biotechnology, Microbiological Factors in Crop Productivity. *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, UK. 1983. P. 191.
8. Okon Y. Azospirillum: Physiological properties, modes of association with roots and its application for the benefit of cereal and forage grass crops. *Israel Journal of Botany* 31. 1982. P. 214–220.
9. Albrecht S. L., Okon Y., Lonquist J. and Burris R. H. Nitrogen fixation by com-Azospirillum associations in a temperate climate. *Crop Science* 21. 1981. P. 301–306.
10. Brown M. E. Plant growth substances produced by microorganisms of soil and rhizosphere. *Journal of Applied Bacteriology* 35. 1972. P. 443–451.

11. Beare M. H., Pohlad B. R., Wright D. H. and Coleman D. C. Residue placement and fungicide effects on fungal communities in conventional and no-tillage soils. *Soil Science, Society of America Journal* 57. 1993. P. 392–399.
12. Henriksen T. M., Breland T. A. Nitrogen availability effects on carbon mineralization, fungal and bacterial growth, and enzyme activities during decomposition of wheat straw in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 31. 1999. P. 1121–1134.
13. Ocampo 1. A. Vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of «host» and «non-host» plants, Effect on the growth responses of the plants and the competition between them. *Soil Biology and Biochemistry* 18. 1986. P. 607–610.
14. Tinker P. B. Roots and water. Transport of water to plant roots in soil. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences* 273. 1976. P. 445–461.
15. Barea J. M. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. *Advances in Soil Science* 15. 1991. P. 2–40.
16. Allen M. F. Mycorrhizal Functioning: An Integrative Plant-Fungal Process. *Chapman & Hall*, New York. 1992.
17. Lynch I. M., Bragg E. Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Science* 2. 1985. P. 133–171.
18. Grime J. P. Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens. *Science* 277. 1997. P. 1260–1261.
19. Wardle D. A., Zachrisson O., Homberg G. and Gallet C. The influence of island area on ecosystem properties. *Science* 277. 1997. P. 1296–1299.
20. Bardgett R. D., Shine A. Linkages between plant litter diversity, soil microbial biomass and ecosystem function in temperate grasslands. *Soil Biology and Biochemistry* 31. 1999. P. 317–321.
21. Yachi S., Loreau M. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment. *The insurance hypothesis. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96. 1999. P. 1463–1468.

22. Hawksworth D. L. The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: *Its Role in Sustainable Agriculture*. CAB International, Redwood Press Ltd., Melksham, UK. 1991. P. 302.
23. Technologies to Maintain Biological Diversity. OTA-F330, U.S. Office of Technology Assessment. US Congress. Gov. Print. Office, Washington DC. 1987. 334 p.
24. Ann C. Kennedy and Tami L. Stubbs Soil Microbial Communities as Indicators of Soil Health *SOIL MICROBIAL COMMUNITIES Annals of Arid Zone*. 2006. Vol. 45, No 3 and 4. P. 287–308.
25. Salek-Lakha S, Glick B. R. Plant growth-promoting bacteria. In: van Elsas J. D., Trevors J. T., Jansson J. K. (eds) *Modern soil microbiology II*. CRC Press, Boca Raton. 2007. P. 503–520.
26. Berendsen R. L., Pieterse C. M., Bakker P. A. The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends Plant Sci* 17. 2012. P. 478–486.
27. Brimecombe M. J., De Leij FAAM, Lynch J. M. Rhizodeposition and microbial populations. In: Pinton R, Varanini Z, Nannipieri P (eds) *Biochemistry and organic substances at the soil-plant interface, 2nd edn*. CRC Press, Boca Raton. 2007. P. 73–109.
28. Sørensen J., Sessitsch A. Plant-associated bacteria–lifestyle and molecular interactions. In: van Elsas JD, Trevors JT, Jansson JK *Biol Fertil Soils (2018) 54:1–10* 9 (eds) *Modern Soil Microbiology II*. CRC Press, Boca Raton. 2007. P. 211–236.
29. Michael Schloter, Paolo Nannipieri, Søren J. Sørensen, Jan Dirk van Elsas Microbial indicators for soil quality. *Biol Fertil Soils* (2018) 54:1–10. 2018. P. 10.
30. Кулік А. Ф. Мікробоценоз ґрунтів лісових біогеоценозів Присамар'я. *Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах*: матеріали VI міжнар. наук. конф. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2011. С. 18–20.
31. Сеги Й. Методы почвенной микробиологии / под. ред. Г. С. Муромцева; пер. с венг. И. Ф. Куренного. Москва : Колос, 1983. 296 с.

32. Lysak L. V., Lapygina E. V. The Diversity of Bacterial Communities in Urban Soils. *Eurasian Soil Science*. 2018. Vol. 51, No. 9. P. 1050–1056.
33. Rozanova M. S., Prokof'eva T. V., Lysak L. V., Rakhleeva A. A. Soil organic matter in the Moscow State University botanical garden on the Vorob'evy Hills. *Eurasian Soil Sci*. 2016. Vol. 49, No 9. P. 1013–1025.
34. Soil, City, and Ecology / Ed. by G. V. Dobrovolskii. Za Ekonomicheskuyu Gramotnost'. Moscow: 1997 [in Russian].
35. Skvortsova I. N., Rappoport A. V., Prokof'eva T. V., Andreeva A. E. Biological properties of soils in the Moscow State University Botanical Garden: The branch on Prospekt Mira. *Eurasian Soil Sci*. 2006. Vol. 39, No 7. P. 771–778.
36. Роберт Кремер Мікробіологія ґрунту, здоров'я ґрунту, відновлення після гліфосату з Вітазімом. *Ukraine Farmers Conference May 28, 2018*. URL: <http://agro-e.com.ua/ru/2018/05/28/мікробіологія-ґрунту-здоровя-ґрунту/>
37. Akhtar-Schuster M., Stringer L. C., Erlewein A., Metternicht G., Minelli S., Safriel U., Sommer S. Unpacking the concept of land degradation neutrality and addressing its operation through the Rio Conventions. *J Environ Manage*. 2017. Vol. 195. P. 4–15.
38. Stavi I. and Lal R. Achieving zero net land degradation: challenges and opportunities. *J Arid Environ*. 2015. Vol. 112. P. 44–51.
39. Barbier E. B., Hochard J. P. Does land degradation increase poverty in developing countries? *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11, No 5.
40. Keesstra S. D., Quinton J. N., van der Putten W. H., Bardgett R. D., and Fresco L. O. The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *Soil* 2016. Vol. 2. P. 111–128.
41. Bouma J., Montanarella L. Facing policy challenges with inter and transdisciplinary soil research focused on the UN Sustainable Development Goals. *Soil*. 2016. Vol. 2. P. 135–145.
42. Adhikari K., Hartemink A. E. Linking soils to ecosystem services – A global review. *Geoderma*. 2016. Vol. 262. P. 101–111.

43. Lal R. Soil health and carbon management. *Food Secur.* 2016. Vol. 5. P. 212–222.
44. Anaya-Romero M., Muñoz-Rojas M., Ibáñez B., Marañón T. Evaluation of forest ecosystem services in Mediterranean areas. *A regional case study in South Spain. Ecosyst Serv.* 2016. Vol. 20. P. 82–90.
45. Pereira P., Bogunovic I., Munoz-Rojas M., Brevik E. C. Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Curr Opin Environ Sci Health.* 2018. Vol. 5. P. 7–13.
46. Costantini E. A. C., Branquinho C., Nunes A., Schwilch G., Stavi I., Valdecantos A., Zucca C. Soil indicators to assess the effectiveness of restoration strategies in dryland ecosystems. *Solid Earth.* 2016. Vol. 7. P. 397–414.
47. Perring M. P., Standish R. J., Price J. N., Craig M. D., Erickson T. E., Ruthrof K. X., Whiteley A. S., Valentine L. E., Hobbs R. J. Advances in restoration ecology: rising to the challenges of the coming decades. *Ecosphere.* 2015. P. 6.
48. Zornoza R., Acosta J. A., Bastida F., Domínguez S. G., Toledo D. M., Faz A. Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health. *Soil.* 2015. Vol. 1. P. 173.
49. Muñoz-Rojas M., Erickson T. E., Dixon K. W., and Merritt D. J. Soil quality indicators to assess functionality of restored soils in degraded semiarid ecosystems. *Restor Ecol.* 2016. Vol. 24. P. 43–52.
50. Karlen D. L., Mausbach M. J., Doran J. W., Cline R. G., Harris R. F., and Schuman G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Sci Soc Am J.* 1997. Vol. 61. P. 4–10.
51. Wortley L., Hero J. M., Howes M. Evaluating ecological restoration success: a review of the literature. *Restor Ecol.* 2013. Vol. 21. P. 537–543.
52. Heneghan L., Miller S. P., Baer S., Callaham M. A., Montgomery J., Pavao-Zuckerman M., Rhoades C. C., Richardson S. Integrating soil ecological knowledge into restoration management. *Restor Ecol.* 2008. Vol. 16. P. 17.

53. Muñoz-Rojas M., Erickson T. E., Martini D., Dixon K. W., and Merritt D. J. Soil physicochemical and microbiological indicators of short, medium and long term post-fire recovery in semiarid ecosystems. *Ecol Indic.* 2016. Vol. 63. P. 14–22.
54. Pulido M., Schnabel S., Contador J. F., Lozano-Parra J., Gómez-Gutiérrez Á. Selecting indicators for assessing soil quality and degradation in rangelands of Extremadura (SW Spain). *Ecol Indic.* 2017. Vol. 74. P. 49–61.
55. Mukhopadhyay S., Maiti S. K., Mastro R. E. Development of mine soil quality index (MSQI) for evaluation of reclamation success: A chronosequence study. *Ecol Eng.* 2014. Vol. 71. P. 10–20.
56. Schnabel U., Tietje O, Scholz R. W. Uncertainty assessment for management of soil contaminants with sparse data. *Environ Manage.* 2004. Vol. 33, No 6. P. 911–925.
57. Свирскене А. Микробиологические и биохимические показатели при оценке антропогенного воздействия на почвы: Почвоведение, Т. № 2. 2003. С. 202–210.
58. Biro B., Bayoumi H., Balazsy S., Kecskes M. Metal sensitivity of some symbiotic N₂-fixing bacteria and Pseudomonas strains. *Acta Biologica Hungarica.* 1995. No 1. P. 9–16.
59. Копча Н., Бойко Н., Ніколайчук В., Чонка І. Екологічні наслідки забруднення ріки Тиса важкими металами – мікробіологічний аспект. *Бюлетень Інституту сільськогосподарської мікробіології.* 2000. №7. С. 89.
60. Sarkar B. Heavy Metals in the Environment. *CRC Press.* 2002. 704 p.
61. Uricchio V. Toxicological database of soil and derived products (BDT). *Ann Ist Super Sanita.* 2008. Vol. 44, No 1. P. 81–87.
62. Патица В., Коць С., Волкогон В. Біологічний азот. Київ : Світ 2003. 424 с.
63. Волкогон В. Мікробіологія в сучасному аграрному виробництві. *Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб. : Чернігів, 2005. №. 1–2. С. 6–29.*

64. Стороженко Д., Сененко Н., Процько Я. Вплив залізничного транспорту на якісні показники ґрунту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 4. С. 114–116.
65. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К. І. Андреюк та ін. Київ : Обереги, 2001. 240 с.
66. Михайло И. И., Бобрик Н. Ю., Кривцова М. В., Николайчук В. И. Влияние антропогенных поллютантов на почвенный микробиоценоз в условиях Закарпатья Anthropogenic pollutants effect on the soil microbiocenosis under Transcarpathia conditions. July 2013. Vol. 11. P. 130–136.
67. Suzanne Visser and Dennis Parkinson Soil biological criteria as indicators of soil quality: Soil microorganisms. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7. 1992. P. 33–37.
68. Visser S., Griffiths C., Parkinson D. Reinstatement of biological activity in severely disturbed soils: Effects of mining on the microbiology of three minespoils and microbial development in the minespoils after amendment and planting. *Report #RRTAC 84-5. Alberta Land Conservation and Reclamation Council*. 1984a. P. 283.
69. Visser S. Redevelopment of biological activity in stripmine spoils: Saprotrophic fungi (Abstract). *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, 94B. 1988. P. 85.
70. Domsch K. H. Gams W. Pilze aus Agrarbden. *Gustav Fischer Verlag*, Stuttgart, Germany. 1970.
71. Domsch K. H. Die Wirkung von Boden-fungiciden. IV. Veränderungen in Spektrum der Bodenpilze. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 67. 1960. P. 129–150.
72. Domsch K. H. Mikrobiologische Präsens- und Aktivitätsanalysen an fungicid-behandelten Bdden. *Arb. Univ. Hohenheim*, 44. 1968. P. 75.
73. Parkinson D., Coleman D. S. Microbial communities, activity and biomass. *Agric, Ecosystems and Environment* 34. 1991. P. 3–33.

74. Swift M. J. Species diversity and the structure of microbial communities in terrestrial habitats. *In: J. M. Anderson and A. Macfadyen (eds). The Role of Terrestrial and Aquatic Organisms in Decomposition Processes. Black-well Scientific Publications, Oxford, England. 1976. P. 185–222.*
75. Domsch K. H., Gams W., Anderson T.-H. Compendium of Soil Fungi. 1980. Vols. 1 and 2. *Academic Press, London, England.*
76. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учеб. пособие. / под ред. Д. Г. Звягинцева. Москва : Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
77. Инструментальные методы в почвенной микробиологии / под ред. Е. И. Андрюк. Киев : Наук. думка, 1982. 176 с.
78. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. Изд. 2–е, перераб. и доп. М. : Колос, 1979. 216 с.
79. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии ;под. ред. В. К. Шильниковой, 6–е изд. М. : Дрофа, 2005. 256 с.
80. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / Волкогон В. В. та ін.; за наук. ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграрна наука, 2010. 464 с.
81. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебное пособие для высш. учеб. заведений. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
82. Patyka N. V., Kruglov Y. V., Paromenskaya L. N. Researches of structure of natural microbic communities of podsolic soil in the conditions of various of agriculture : материалы междунар. науч. конф. «С.П. Костычев и современная с–х микробиология», (Ялта, 8–12 октября, 2007 г.). 2007. 83 с.
83. Badreiner M. R., Talak V. B. Strusture and organization of soil misroorganisms in different ecological systems. *Biofutur.*1998. № 180. P. 19–22.
84. Gregory E., Antony V., Nowak G. Managing Soil Misroorganisms to Improve Productivity of AgroEcosystems : *Plant Science 2 March, 2004. P. 175–193.*

85. Кучерявий В. О. Охорона праці. Львів : Оріяна-Нова, 2007. 368 с.
86. Кодекс законів про працю України: за станом на 22 квіт. 2008 р.: Верховна Рада України. Офіц. вид. К. : Парлам. вид-во, 2008 р. 75 с.
87. ДСТУ 2293–99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. К. : Держстандарт України, 1999. 22 с.
88. Охорона праці та промислова безпека : навч. посіб. / під ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського, 2–е вид. доп. К. : Основа, 2006. 448 с.
89. Савчук О. М. Основи охорони праці : конспект лекцій. Запоріжжя : Просвіта, 2001. 57 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Місця відбору проб (о. Хортиця)



1



2

А.1 – Природний біогеоценоз під луговою рослинністю (балка Широка) (1);
територія дендропарку (2).

Продовження додатку А



3



4



5

А.2 – Посттехногенні ландшафти – на відстані 300 м від автошляхів (3),
техногенні ландшафти – територія вздовж автомагістралі (4);
територія вздовж залізних колій (5).

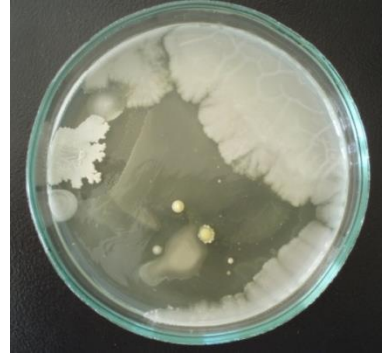
Додаток Б

Бактерії, що виростили на середовищі МПА

1

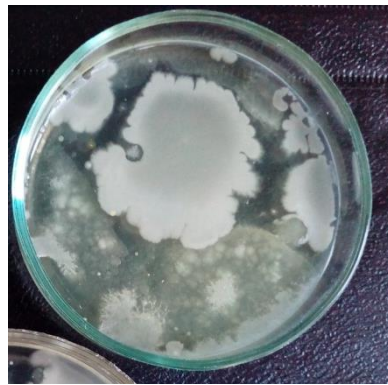


шар ґрунту 0–5 см

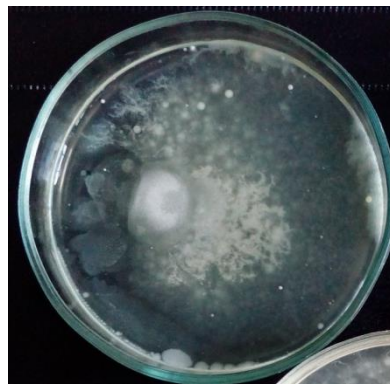


шар ґрунту 5–10 см

2



шар ґрунту 0–5 см



шар ґрунту 5–10 см

3



шар ґрунту 0–5 см

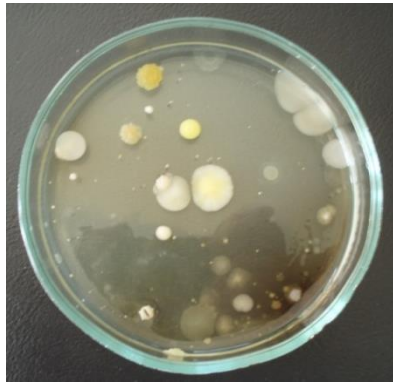


шар ґрунту 5–10 см

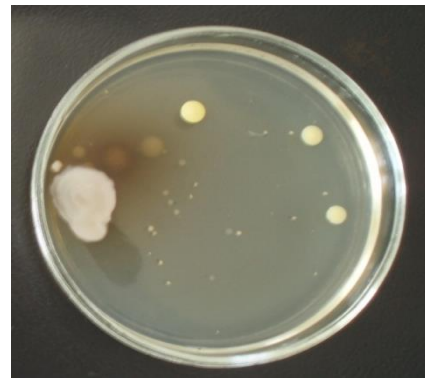
Б.1 – Ґрунт природного біогеоценозу (контроль) (1);
дендропарк (2); ділянка на відстані 300 м від автошляхів (3).

Продовження додатку Б

4



шар ґрунту 0–5 см



шар ґрунту 5–10 см

5



шар ґрунту 0–5 см

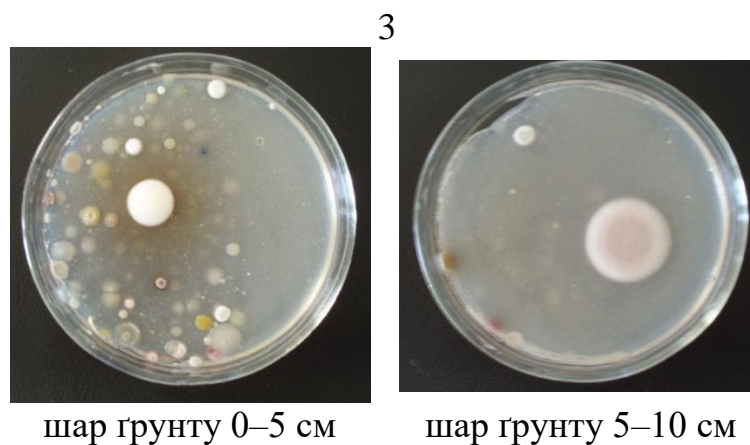
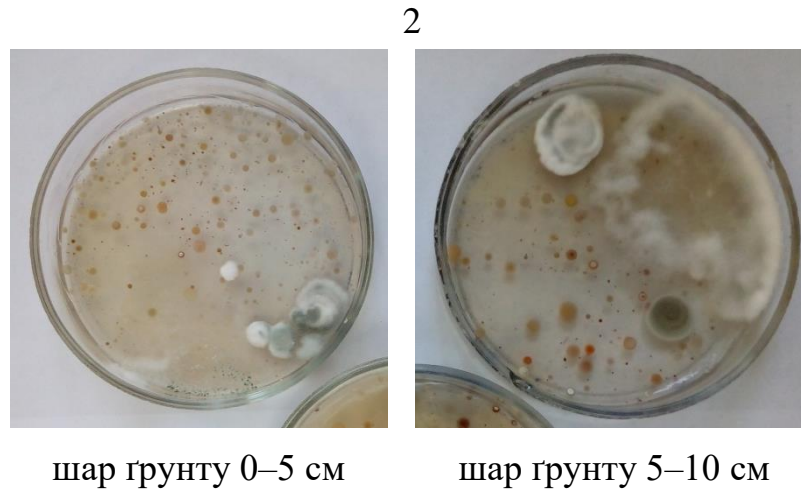
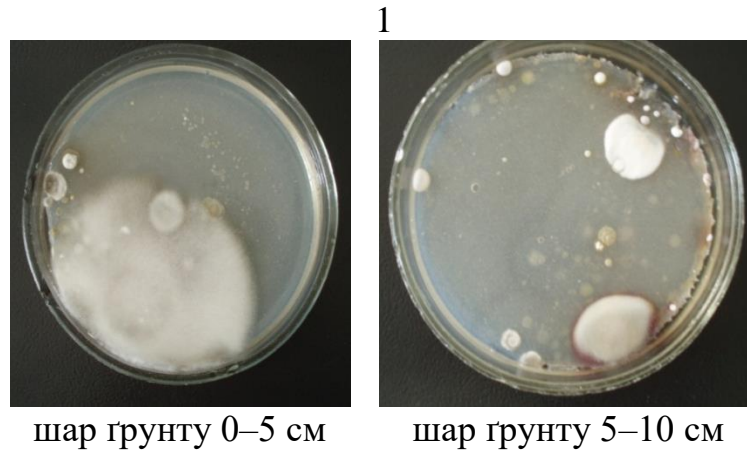


шар ґрунту 5–10 см

Б.2 – Територія вздовж автомагістралі (4); територія вздовж залізничних колій (5).

Додаток В

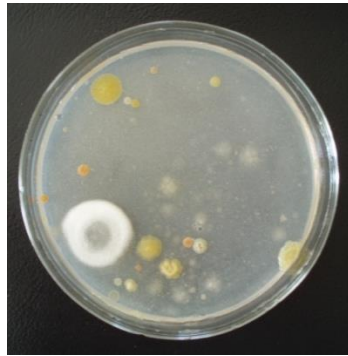
Бактеріальні комплекси на середовищі крохмаль-аміачному агарі (КАА)



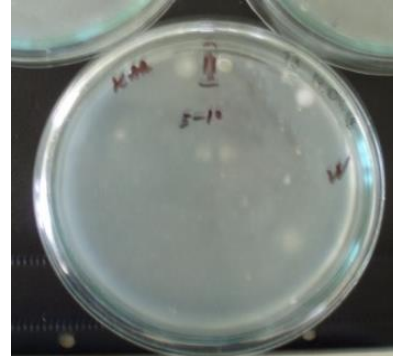
В.1 – Ґрунт природного біогеоценозу (контроль) (1);
дендропарк (2); ділянка на відстані 300 м від автошляхів (3).

Продовження додатку В

4



шар ґрунту 0–5 см

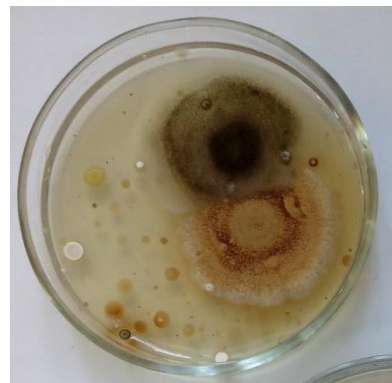


шар ґрунту 5–10 см

5



шар ґрунту 0–5 см



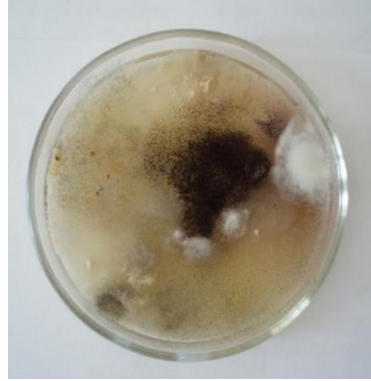
шар ґрунту 5–10 см

В.2 – Територія вздовж автомагістралі (4); територія вздовж залізничних колій (5).

Додаток Г

Мікроміцетні комплекси острова Хортиця

1



шар ґрунту 0–5 см



шар ґрунту 5–10 см

2

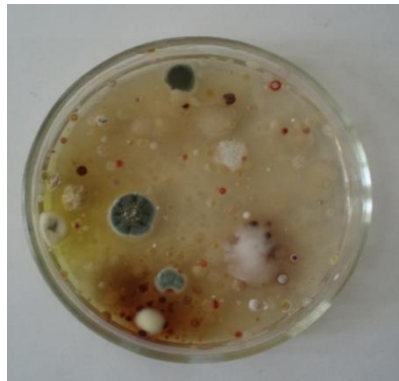


шар ґрунту 0–5 см



шар ґрунту 5–10 см

3



шар ґрунту 0–5 см



шар ґрунту 5–10 см

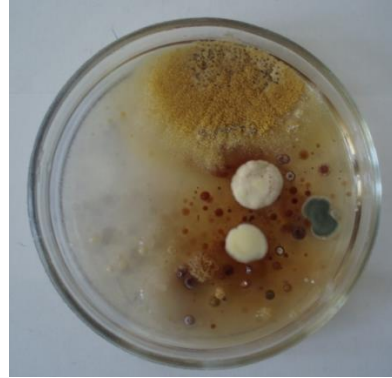
Г.1 – Ґрунт природного біогеоценозу (контроль) (1); дендропарк (2); ділянка на відстані 300 м від автошляхів (3).

Продовження додатку Г

4



шар ґрунту 0–5 см



шар ґрунту 5–10 см

5



шар ґрунту 0–5 см



шар ґрунту 5–10 см

Г.2 – Територія вздовж автомагістралі (4); територія вздовж залізничних колій (5).