

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут бізнесу, менеджменту та маркетингу

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

УДК: 504.064:631.95:625.1

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Екологічні біотехнології у відновлення лісосмуг біля залізничних доріг**

Виконав: студент VI курсу, групи ЕКз-61м
напряму підготовки (спеціальності)

101- екологія

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Зюбанова А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівники: д.б.н., доц. Оліферчук В.П.,

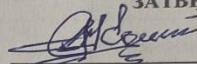
Рецензент _____

Львів-2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут екологічної економіки і менеджменту
Кафедра екології
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки 10 - природничі науки
(шифр і назва)
Спеціальність 101- Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ


Завідувач кафедри екології
д.с.-г.н., проф. Копій Л.І.
“ 05 ” 08 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кендзьорі Наталії Зенонівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи : **Еколого-біологічні особливості дендрофлори
Ботанічного саду загальнодержавного значення
Національного лісотехнічного університету України**

1. Керівники роботи: ст. викладач Оліферчук Вікторія Петрівна, затверджені наказом по університету від 12.11.2024 року, № С- 874 .
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи « » « » 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи 1. Довідкова та спеціальна література; 2. Матеріали польових досліджень.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити: Вступ 1. Огляд літератури та теоретичні засади дослідження. 2. Об'єкти та методики дослідження. 3. Еколого-біологічні особливості аборигенних та інтродукованих видів дендрофлори. 4. Вплив кліматичних змін на дендрофлору ботанічного саду. 5. Рекомендації та перспективи збереження біорізноманіття дендрофлори. Висновки. Список використаних джерел.
5. Перелік графічного матеріалу: схеми, рисунки, графіки, діаграми за темою та об'єктом дослідження, презентація у PowerPoint
6. Дата видачі завдання: « 05 » « 08 » 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Відбір зразків ґрунту для мікологічного аналізу	Вересень 2024	Виконано
2	Робота з літературними джерелами	Вересень-Жовтень 2024	Виконано
3	Написання розділу «Умови та методи дослідження»	Жовтень-Листопад 2024	Виконано
4	Робота та написання розділу «Експериментальна частина»	Грудень 2024	Виконано
5	Написання висновків, оформлення джерел	Грудень 2024	Виконано

Здобувач вищої освіти

AK
(підпис)

Зубанова А.А.

(прізвище та ініціали здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

В.Сидор
(підпис)

Сидоренко В.І.
(прізвище та ініціали керівника)

УДК: 504.064:631.95:625.1

РЕФЕРАТ

Зюбанова Антоніна Андріївна. Екологічні біотехнології у відновлення лісосмуг біля залізничних доріг. Магістерська робота. / А.А. Зюбанова – Львів: НЛТУ України, кафедра екології, 2024. – 71 с.

Анотація

У роботі висвітлено основні актуальні проблеми у відновленні лісосмуг поблизу залізничних доріг. Розглянуто питання забруднення ґрунтів на прикладі одного кілометра дороги Львів – вул. Курмановича. Вивчено реакцію мікобіоти ґрунтів на забруднення органічними відходами внаслідок створення при залізничних коліях несанкціонованих сміттєзвалищ та неутилізованих відходів деревини. Проаналізовано склад порід дерев та кущів та їх стан.

На основі отриманих даних запропоновано біотехнологічні рішення щодо відновлення такого роду лісосмуг, зроблено рекомендації щодо застосування необхідних заходів збереження та збільшення якості лісосмуг.

Summary

The work highlights the main current problems in the restoration of forest strips near railways. The issue of soil pollution was considered using the example of one kilometer of the road Lviv - st. Kurmanovich. The reaction of soil mycobiota to contamination with organic waste due to the creation of unauthorized landfills and unutilized wood waste at railway tracks was studied. The composition of tree and shrub species and their condition were analyzed. On the basis of the obtained data, biotechnological solutions for the restoration of this kind of forest strips are proposed, recommendations are made for the application of the necessary measures to preserve and increase the quality of forest strips.

Zyubanova Antonina Andriivna. Ecological biotechnologies in the restoration of forest strips near railroads. Master's thesis. / A.A. Zyubanova - Lviv: UNFU of Ukraine, Department of Ecology, 2024. - 71 p.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	9
1.1 Роль захисних лісових насаджень	9
1.2 Історія створення системи полезахисних лісосмуг в Україні.....	11
1.3 Екологічні функції лісосмуг.....	15
1.4 Правила утримання та збереження полезахисних лісових смуг.....	17
1.5 Запропоновані схеми садіння	23
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
2.1. Регіони робіт та об'єкти досліджень	25
2.2. Виділення та облік мікроскопічних грибів	27
2.3. Методика аналізу мікологічної структури ґрунту лісосмуги біля залізної дороги	323
РОЗДІЛ 3. ЕСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	36
3.1. Аналіз структури мікобіому ґрунтів поблизу лісосмуг біля залізної дороги	39
3.2 Біотехнології відновлення лісосмуг поблизу залізничних доріг	48
РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	56
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57
ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

Лісосмуги є важливим захистом. Вони розташовані вздовж полів і доріг є важливою складовою лісових і сільськогосподарських ландшафтів та одним із найефективніших, довготривалих і відносно недорогих заходів боротьби з вітровою та водною ерозією. Вони також можуть позитивно впливати на мікроклімат прилеглих територій і значно підвищувати врожайність сільськогосподарських культур.

Розвиток та відновлення лісосмуг біля залізничних доріг має велике значення для збереження природи та забезпечення безпеки руху поїздів. Постійний ріст транспортних потоків та експлуатація доріг призводить до пошкодження лісових масивів поруч зі залізницями. Тому проведення досліджень щодо відновлення лісосмуг відіграє важливу роль в сучасних умовах. Ця тема є актуальною, оскільки відновлення екосистем має велике значення для збалансованого розвитку територій та забезпечення екологічної безпеки.

Актуальність роботи. Із здобуттям незалежності України було прийнято низку нормативно-правових актів, в яких передбачено заходи щодо розвитку полезахисного лісорозведення, однак закінченої системи полезахисних насаджень в Україні не створено, хоча її ефективність була науково обґрунтована українськими вченими агролісомеліораторами. Агролісівництво є одним із найефективніших методів підвищення екологічної стійкості агроландшафтів та захисту різного роду екосистем від шкідливих впливів, в нашому випадку, залізних дорі. Тому, нові методи та пропозиції, а також застосування біотехнологій розширить можливості удосконалення та реконструкції лісосмуг.

Мета роботи – проаналізувати мікологічний стан ґрунтів на ділянці лісосмуги поблизу залізничної колії Львів – вул. Курмановича.

Для досягнення мети були поставлені такі **завдання**:

- з'ясувати особливості функціонування мікобіому ґрунту в умовах антропогенно трансформованих рослинних угруповань лісосмуги, поблизу залізничної колії;
- обґрунтувати зміни екологічних стратегій у структурі комплексів ґрунтових мікрорісентів в антропогенно зміненому середовищі;
- обґрунтувати систему регенерації ґрунтів шляхом створення загальної мікоризної сітки в екосистемі.
- запропонувати заходи щодо відновлення лісозахисної смуги на ділянці Львів – вул. Курмановича.

Об'єкт дослідження – лісозахисні насадження на ділянці залізничної колії Львів – вул. Курмановича

Предмет дослідження – мікобіом ґрунтів лісозахисної смуги на ділянці Львів – вул. Курмановича

Методи дослідження. Теоретичний аналіз; польові (стаціонарні, тимчасові) і лабораторні (мікробіологічні), екологічного моніторингу: періодичне спостереження, методи кількісного обліку організмів; методи кількісної екології – для встановлення зв'язків у природних і антропогенно трансформованих екосистемах; статистичні методи.

Структура та обсяг диплому. Дипломна робота складається з анотації, вступу, розділів, висновків, додатків. Загальний обсяг дипломної роботи викладено на 71 сторінках друкованого тексту. Робота містить 15 рисунків, 6 таблиць. Список використаної літератури налічує 34 джерел.

Ключові слова: лісосмуги, залізничні дороги, анаморфні гриби, біотехнології відновлення

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Роль захисних лісових насаджень

Основна роль захисних лісових насаджень полягає у захисті сільськогосподарських земель, вони захищають сільськогосподарські землі від руйнування, підвищують родючість, збільшують врожайність польових культур, покращують продуктивність пасовищ і луків та підвищують продуктивність тваринництва. Водночас агролісомеліоративні насадження відіграють і важливу соціальну роль, оскільки вони відіграють важливу соціальну роль, оживляючи регіон, перетворюючи відкриті лучні ландшафти на лісгосподарські та сільськогосподарські території рекреаційного та історико-культурного призначення, покращуючи умови праці та відпочинку сільського населення [7,8].

Захисне лісорозведення відіграє важливу роль у комплексі ефективних заходів для забезпечення сталого сільськогосподарського виробництва та досягнення екологічної і продовольчої безпеки. Збільшення площі насаджень є одним з основних способів захисту сільськогосподарських земель від ерозії, розширення відтворення та підвищення продуктивності насаджень. Тому, за попередніми оцінками, для адаптивного ландшафтного управління в сільськогосподарських регіонах України необхідно створити близько 16 млн га захисних лісових насаджень, у тому числі 1,2 млн га полезахисних лісових смуг та 1,4 млн га протиерозійних лісових насаджень. Оптимізація тепло- та газообміну в регіоні [7,8].

Відповідно до Земельного кодексу України, полезахисні лісосмуги виключаються зі складу лісового фонду і відносяться до земель несільськогосподарського призначення та належать до земель природно-заповідного фонду та земель запасу сільських і селищних рад. Згідно з цим же законом, полезахисні лісосмуги, як землі природоохоронного призначення розглядаються як землі спільної власності. Таким чином, хоча є номінальні співвласники, на практиці це означає, що немає суб'єкта господарювання, який би

належним чином управляв цими територіями. Це нова критична проблема національного масштабу [7,8].

Існування полезахисних лісових смуг має значний вплив на вартість збільшених врожаїв від агролісомеліорації. Дослідження степових господарств з лісистістю менше 1,4% (відносно ріллі) показало, що врожайність зернових становила 40,5 ц/га, 2,0-41,9, 2,9-42,8 та 4,0%+ - 54,3 ц/га [7].

Таким чином, збільшення лісистості в полезахисній смузі на 1% збільшує врожайність приблизно на 5,3 ц/га. При цьому середньозважена висота дерев в Україні становить 8-10 м, а це означає, що площа лісозаготівель становить 18,5-23,0 га. Урожай з 4,419 млн га відповідає врожаю з 1 млн га полів, не захищених рослинністю. За оцінками дослідників, система лісосмуг збільшить врожайність зернових на 12-19%, технічних культур - на 20-33% і кормових культур - на 22-36% [7,8].

Юридично полезахисні лісові насадження є незаселеними землями, оскільки вони не перебувають на балансі жодної організації. В результаті земельної реформи земля стала приватною власністю фермерів, і полезахисні лісосмути стали приватною власністю фермерів. Інша правова колізія полягає в тому, що полезахисні лісосмути є потенційно сільськогосподарськими землями, але вони не є сільськогосподарськими землями [6,7].

Вирубка та знищення полезахисних лісових смуг, а також нерегульоване та нераціональне використання полезахисних лісових смуг завдають значної екологічної та економічної шкоди. Крім того, контроль за проведенням рубок та відтворенням після них призводить до того, що насадження не виконують свою захисну функцію. Несанкціоновані рубки в полезахисних лісових смугах призводять до ущільнення ґрунту та розростання чагарникової рослинності [6,7].

Іншою проблемою є перетворення полезахисних лісових смуг на пасовища, звалища сміття та пожежі під час спалювання худоби. Через недостатній догляд за лісами втрачаються водорегулюючі та вітрозахисні функції лісової зони. Тому

комплексні показники динаміки полезахисних лісових смуг та їх екологічного стану можна отримати лише шляхом проведення інвентаризації насаджень за межами земель лісового фонду. З огляду на вищезазначене, необхідно переглянути нормативно-правову базу щодо лісових насаджень та створити правове підґрунтя для розвитку сільськогосподарських лісів, у тому числі й полезахисних лісових смуг [7].

Більшість полезахисних лісових смуг, які не підлягають розмежуванню, вважаються землями запасу, резерву або землями загального користування, що перебувають на балансі сільської ради, і сільська рада не має ні коштів, ні бажання управляти полезахисними лісовими смугами [7].

Через тривалу байдужість держави до полезахисних лісових смуг існує потреба переконати молодих землевласників у зручності та корисності заліснення, а також розробити та прийняти нову концепцію вирощування насаджень [7].

1.2 Історія створення системи полезахисних лісосмуг в Україні

Після війни радянський уряд зробив рішучі кроки, «Великий план перетворення природи» і приділив велику увагу будівництву полезахисних лісосмуг. Згідно з цим планом, велика увага приділялася розвитку полезахисних лісосмуг [1].

Наприкінці 1940-х років багатьом українським фермерам не вистачало необхідного посадкового матеріалу. Посадковий матеріал був удефіциті. У багатьох випадках лісосмути засаджували породами дерев, які не підходили для місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Вони не підходили до місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Для створення лісосмуг у степових районах завозили жолуді з болотистого польського дуба. Однак було відомо, що насіння можна перевозити з півночі на південь на відстань 300км [2,3,4].

Крім того, відомо, що жолуді або насіння інших сортів дерев, зібрані у вологих умовах, не можна переносити на сухий ґрунт. Однак ці базові правила в той час ігнорувалися [2,3,4].

У 1950 році тодішні радянсько-українські колгоспи та радгоспи отримали наказ з Москви. Згідно з наказом, площа полів між смугами повинна була становити не більше 100 га. Вона мала бути меншою за 100 гектарів. У південних областях України це призвело до Упівденних регіонах України розташування цієї лісосмуги унеможливило ефективний захист полів. Повсій території України. По всій Україні, незалежно від ґрунтового-кліматичних умов, прийнята гніздова система лісосмуг, яку пропагують так звані «народники». Її обстоював «народний науковець» Трохим Денисович Лисенко [2,3,4].

Наприклад, план 1951 року передбачав створення 80 000 га полезахисних лісових смуг. З них 60 000 га мали бути посаджені гніздовим методом. Саме цей метод і був використаний. Цей план був перевиконаний, і було засаджено 97 200 га. З них 74,4 000 га було засіяно гніздовим методом. Жолуді висаджували навесні, а восени їх очищали і обробляли в колгоспах. Восени ґрунт мав бути переораний увсіх широких міжряддях. Однак цей метод не гарантував бажаних результатів [2,3,4].

Т.Д. Лисенко рекомендував засівати незайняті лісосмуги зерновими культурами. Він рекомендував засівати злаковими культурами без спеціального обробітку ґрунту. Також заохочував обробіток ґрунту. Рекомендації Лисенка були схвалені урядом і стали обов'язковими для всіх виконавців. Держплан СРСР і Міністерство фінансів не виділяли коштів на обробіток ґрунту. Це призвело до їхньої загибелі [2,3,4].

У листопаді 1950 року, після детального обстеження лісозахисної смуги Москви, відбулася конференція, присвячена лісосмузі. У конференції взяли участь взяли участь 500 промисловців і науковців. Більшість доповідачів переконливо

доводили, що недоцільно, створювати лісосмуги так, як рекомендував Лисенко, це було недоцільно. Проте деякі вчені вважали гніздовий метод створення лісосмуг найбільш прогресивним і революційним, оскільки він ґрунтувався на марксистсько-ленінському вченні. Це відбувалося тому, що він базувався на марксистсько-ленінському вченні та передовій мічурінській агробіології, радянський дарвінізм. Вона залишала боротьбу з бур'янами, найбільшим ворогом молодих лісів, на милість природи. Замість того, щоб розвінчати лженауку радянських вчених, особливо академіка М. Б. Лисенка та їхні рекомендації, Мітін адаптує положення матеріалістичної діалектики у «вчення Мітюліна-Лисенка» і тим самим обґрунтовує свої висновки та рекомендації [1,2,3].

Він запропонував вирощувати дуби в гніздах розміром 5х3 м, без догляду і під злаковим покривом. Він пропонував висаджувати по одному ряду акації з кожного боку на відстані 0,9-1,05 м від нього. Пропонувалося висаджувати. Однак за такої ширини міжрядь механізація лісокультурних робіт неможлива [1,2,3].

За такої ширини міжрядь механізація лісокультурних робіт неможлива. Багаторічний досвід показав, що ефективними є такі способи продувні та проникні лісосмуги і які забезпечують найкращу екологічну функцію. Лісові смуги, створені за методом Лисенка призводить лише до утворення густих лісів. В середині і навколо нього. Посередині поля було дуже мало снігу, або ж середина поля була зовсім гола. Сніг біля лісосмуги танув дуже довго, що затримувало польові роботи. Інструкція Лисенка містила багато інших необґрунтованих рекомендацій, вони були затверджені урядом і стали обов'язковими для виконання всіма лісничими та працівниками лісового господарства. Вони знали, що за Лисенком стоїть Сталін, і погоджувалися з його вказівками. Виняток становили працівники лісового господарства професор Б.Я. Логгінов та міністр І.С. Лотоцький, а також за винятком українського міністра лісового господарства А.Г. Солдатова, Б.Я. Логгінов подав доповідну записку на ім'я Сталіна. Логгінов подали до ЦК ВКП(б) доповідну записку «Про поліпшення методів гніздового

посіву». У доповідній записці зазначалося, що керівництво Лисенка проігнорувало результати науки і передового досвіду і стверджувало, що це завдасть величезної шкоди оброблюваним землям. Ця доповідна записка була розглянута Сільськогосподарським відділом ЦК ВКП(б) за участю відповідних міністерств і відомств. Присутні на засіданні вчені та робітники підтримали Лисенка і Логвінова і вирішили направити доповідь Логвінова членам Науково-технічної ради Головного управління захисного лісорозведення при Раді Міністрів СРСР. 16 травня 1950 р. відбулося засідання цієї ради, на якому було вирішено направити Б. Я. Логвінову доповідь. Доповідь Б.Я. Логвінова обговорювалася, але ніхто з присутніх її не підтримав. А преса почала спотворювати його наукові погляди [1,2,3,4].

У 1951 р. колегія Міністерства лісового господарства УРСР створила комісію з науковців і господарників. Вона вивчала полезахисні лісосмуги України і встановила, що дуби під накриттям зернових культур ростуть дуже погано і майже завжди гинуть, якщо за ними не доглядати. Розглянувши дані комісії, Колегія Міністерства лісового господарства УРСР дійшла висновку, що рекомендації Лисенка є ненауковими і завдають великої шкоди. Колегія запропонувала підвідомчим підприємствам створювати лісосмуги та інші лісові насадження у звичайному порядку. Це рішення викликало хвилювання в партії та уряді, особливо в наукових колах. Всі посадки, особливо в наукових колах, які зайняли прихильники Лисенка, викликало велике невдоволення [1,2,3,4].

Більшість лісосмуг, висаджених за методикою Т.Д. Лисенка, загинули. Замість того, щоб зробити висновки і переорієнтуватися на перевірені методи ведення лісового господарства, відповідні установи та органи влади почали відкидати саму ідею переміщених лісів. Лісове господарство не є особливо важливим і не заслуговує на увагу [1,2,3,4].

1.3 Екологічні функції лісосмуг

Основні функції буферних смуги можна узагальнити наступним чином: Природне управління повенями, контроль над поживними речовинами та забрудненням, захист ґрунтів та охорона природи [8,9].

Природне управління повенями - буферні смуги, що містять високу траву, дерева або чагарники, служать фізичними бар'єрами для уповільнення стоку поверхневих вод після сильних дощів, що робить їх ефективною стратегією боротьби з природними повенями, яка може набувати все більшого значення. Буферна смуга може допомогти вам досягти цього, діючи наступним чином:

- Посилене блокування опадів-листя затримують дощову воду до того, як вона досягне землі, що уповільнює швидкість потоку і дозволяє частині опадів випаровуватися з поверхні листя.
- Уповільнення стоку поверхневих вод-наземна рослинність створює фізичний бар'єр, який уповільнює стік води з поверхні ґрунту.
- Збільшені труби для відведення води завдяки створеним в ґрунті буферним смугам можуть поліпшити структуру ґрунту, дозволяючи воді глибше проникати в ґрунт, збільшуючи обсяг, який може утримуватися в ґрунті, і знижуючи ймовірність її насичення, що призводить до більшого переливу.
- Великі багаторічні культури і деревні породи поглинають значну кількість води з ґрунту, що допомагає знизити її насиченість і поліпшити стан ділянок, схильних до перезволоження. І навпаки, в більш сухих умовах буферні системи також допомагають підтримувати вологість ґрунту і зменшувати наслідки посухи[8,9].

Контроль забруднення - У районах, де сільськогосподарські землі обробляються більш інтенсивно, вимивання нітратів азоту (NO₃-) і фосфору (P) а також вилуговування стічних вод є основними причинами забруднення, що призводять до евтрофікації озер і водних шляхів. Глибоко вкорінені багаторічні

рослини та деревні породи можуть діяти як біологічні фільтри, які поглинають та переробляють поживні речовини перед тим, як потрапити у водні шляхи. Дослідження показали, що прибережні буферні системи можуть видаляти 30-99% нітратів і 20-100% фосфору, в залежності від умов місцевості і складу буфера, а поєднання трави і дерева є найбільш ефективним в ситуаціях, коли часто трапляються випадки вимивання добрив, якщо біомаса не видаляється регулярно, деякі прибережні буферні системи досягають насичення через кілька років. З цієї причини використання біомаси в буфері має додаткові переваги, оскільки вимивання добрив може призвести до збільшення виходу біомаси, а також допомагає підтримувати ефективність буферної смуги з точки зору поглинання азоту та фосфору. Окрім видалення поживних речовин, буферні смуги також можуть бути ефективними для очищення стічних вод. Згідно з результатами польових випробувань, проведених в Північній Ірландії, такі культури, вирощувані на біомасі, як вербові плантації короткого сівозміни, виявилися особливо ефективними і гарантовано забезпечували постійне отримання 55 кг поживних речовин з PO43-екв/га в рік [8,9].

Пестициди є ще одним потенційним джерелом забруднення в результаті сільськогосподарської практики. Пестициди, що використовуються у Великобританії, мають широкий спектр різних властивостей і способів дії, але, як правило, більшість пестицидів в основному адсорбуються на відмерлих органічних матеріалах, таких як опале листя. Посадка високих, густих і швидкозростаючих рослин на буферних смугах створює фізичний бар'єр для запобігання розпилення пестицидів, вітрозахисні та захисні пояси та культури на біомасі, такі як Міс Канзас та верба, які створюють глибокі шари опалого листя перед збиранням біомаси, також особливо ефективні при захисті від змиву добрив та міграції пестицидів. необхідний. Доведено, що Тополя та верба поглинають та знерухомлюють широкий спектр забруднюючих речовин, включаючи пестициди [8,9].

Стан ґрунту - надземна рослинність буферної смуги допомагає вловлювати та утримувати ґрунт, який був еродований вітром або водою. На деградованих орних ґрунтах некультивовані буферні смуги також дозволяють ґрунту з часом відновитися. Рослини, що глибоко вкорінюються, можуть допомогти стабілізувати ґрунти, схильні до високого ризику ерозії, такі як береги річок і території навколо водойм, які часто називають прибережними зонами [8,9].

Буферні смуги також збільшують вміст вуглецю в ґрунті за рахунок зв'язування, кореневої системи та опалого листя, даючи ґрунту час для відновлення та зменшуючи ймовірність ущільнення ґрунту, просто тому, що він залишається обробленим протягом тривалого часу. Повідомляється, що загальні запаси вуглецю в короткостроковому лісівництві в 1,5 рази перевищують показники альтернативного землекористування, коли ліси висаджуються на сільськогосподарських землях [8,9].

Охорона природи - коридори біорізноманіття та дикої природи-буферні смуги забезпечують важливі біотопи і можуть служити притулком для дикої природи, дозволяючи їм вільно пересуватися між різними біотопами. Це часто призводить до фрагментації вздовж меж поля. Високі трави і дерева, що ростуть на захисних смугах, також можуть створювати тінь і сприяти розвитку водної флори і фауни водойми. Багаторічні культури на біомасі також служать важливим укриттям на зиму. Оскільки вони збираються наприкінці зими, вони забезпечують рослинний покрив, тоді як сусідні сільськогосподарські угіддя часто залишаються голими, що також збільшує ризик повені та ерозії [8,9].

1.4 Правила утримання та збереження ползахисних лісових смуг

- Лісовпорядкування ползахисних лісових смуг характеризує стан лісовідновлення насаджень і розробляє низку заходів для продовження терміну їх експлуатації за такими додатковими показниками:

- вид;
- площа, довжина, ширина, кількість рядів;
- головна порода;
- конструкція;
- віковий період;
- лісівничо-меліоративна оцінка[6,10].

- Полезахисні лісосмуги можуть бути наступних типів, залежно від їх розташування та призначення :

- полезахисні (поздовжні і поперечні) лісові смуги, розташовані по межах полів у рівнинних умовах, найбільш ефективні - продувні, ажурні, ажурно-продувні, з трьох - шести рядів шириною від 7,5 до 15 метрів;
- стокорегулювальні полезахисні лісові смуги, розташовані на схилах більше 30°, найбільш ефективні - ажурні, шириною від 12,5 до 15 метрів;
- прияружні полезахисні лісові смуги, розташовані уздовж брівки яру або вище його вершини, найбільш ефективні - щільні, шириною від 12,5 до 21 метра;
- прибалкові полезахисні лісові смуги, розташовані уздовж брівки балок, найбільш ефективні - щільні, шириною від 12,5 до 21 метра;
- придорожні полезахисні лісові смуги, розташовані уздовж польових доріг, найбільш ефективні - щільні;
- садозахисні лісові смуги, розташовані по межах садів, розсадників та виноградників, найбільш ефективні - ажурні, продувні, з двох - чотирьох рядів шириною від 3 до 12,5 метра;
- інші полезахисні лісосмуги це узбіччя каналів, полезахисні лісосмуги, сільськогосподарські угіддя, меліоровані землі, кормові угіддя,

проти ерозійні землі та полезахисні лісосмуги, причому найефективнішою є щільна посадка [6,10].

- Ширина полезахисних лісосмуг віком до 30 років визначається як сума ширини міжрядь та двох її закрайок, а старшого віку - за проекціями крон узлісних дерев [6,10].

-Головні породи дерев у змішаних насадженнях повинні становити щонайменше 50% здорових дерев. Здоровими вважаються дерева, які мають менше 10% сухих гілок у наметі. Насадження з менш ніж 25% здорових дерев вважаються сухостоєм[6,10].

- Конструкція полезахисних лісових смуг характеризується проникненням вітру в поздовжньому перерізі насадження, яке можна розділити на:

- щільні полезахисні лісосмуги без просвітів або з невеликою кількістю просвітів (10% або менше) по всьому поздовжньому профілю.
- ажурні полезахисні лісосмуги з 15-35% рівномірними проміжками по всьому поздовжньому профілю;
- ажурно-продувні лісосмуги з проміжками неменше 60% в низу поздовжнього профілю і 15-35% вгорі [6,10].

Згідно з наведеними вище критеріями, площа прорізу визначається як відношення площі прорізу відповідної ділянки поздовжнього профілю листяної лісосмуги до загальної площі відповідної ділянки[6,10].

Професор Пилипенко О.І. запропонував більш детальні варіанти проектування для оптимізації конструкції та її адаптації з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов, типів смугових насаджень та типів лісопородного складу. Ілюстрації таких проектів для умов Запорізької області наведені на рисунках 1.1-1.3 [5].

Оптимально спроектована лісосмуга має такі вимоги: біологічна стійкість (добре росте з молодого віку, максимально можлива висота і довговічність за даних умов); висока полезахисна ефективність у всі пори року (захист від суховіїв

та пилових бур, добрі снігозатримувальні та снігорозподільні характеристики); навіть за екстремальних умов (сильні вітри та тривала посуха) «запас міцності» для лісового господарства та благоустрою; економне використання родючих орних земель (вузькі допуски); естетичні вимоги[6,7,10].

-Вік насадження встановлюється відповідно до основних деревних порід та їх віку :

- перший (молодняки) - період до утворення суцільного намету деревостану;
- другий (середньовікові) - період формування необхідної конструкції насаджень;
- третій (пристигаючі і стиглі) - період підтримки необхідної конструкції і життєздатності насаджень [6,7,10].

- Лісівничо-меліоративна оцінка визначається у балах за показниками:

- насадження другого і третього вікових періодів відповідного виду, оптимального розміщення і складу деревних і чагарникових порід, біологічно стійкі, які не потребують будь-яких господарських заходів, - 5 балів;
- насадження другого і третього вікових періодів відповідного виду та складу порід, біологічно стійкі, які потребують догляду за головною породою, підтримання чи формування конструкції, - 4 бали;
- насадження другого і третього вікових періодів відповідного виду, невдалого розміщення і складу порід, ослаблені, які потребують часткової реконструкції для відновлення протиерозійних та інших меліоративних функцій, - 3 бали;
- насадження всіх вікових періодів загиблі або ті, що відмирають, мають незадовільний склад, стан та розміщення і перестали виконувати протиерозійні та інші меліоративні функції, потребують проведення заходів з лісовідновлення, - 2 бали;

- насадження першого вікового періоду, які на момент обстеження не виконують протиерозійних та інших захисних функцій, можуть потребувати агротехнічного догляду і доповнення, - 1 бал[6,7,10].

- За результатами лісівничо-меліоративної оцінки полезахисних лісових смуг з метою поліпшення їх якісних показників, біологічної стійкості і меліоративної ефективності проводяться такі заходи:

- зріджування в процесі рубок догляду в насадженнях першого - третього вікових періодів;
- реконструктивні рубки;
- створення (відновлення), агротехнічний догляд та доповнення;
- збереження від пожеж, незаконних рубок, пошкодження, ослаблення та іншого шкідливого впливу;
- захист від шкідників і хвороб[6,10].

Санітарні рубки

Відповідно до статті 69 Лісового кодексу України, лісорубний квиток видається на рубки догляду за лісом і реконструктивні рубки.[6,8,9].

Якщо стан насадження загрожує життю, здоров'ю або майну громадян та/або юридичних осіб, дерева вирубуються в найкоротший термін, про що складається акт і видається лісорубний квиток протягом одного місяця з моменту початку рубки[6,10].

Рубки догляду на першому етапі створення насадження спрямовані на поліпшення умов зростання головних порід і видалення з насадження деяких супутніх порід та їхніх гілок, які затінюють головні породи. Вирубують нижні гілки головної породи та супутніх деревних порід (до одного метра заввишки, але не більше однієї третини загальної висоти) з метою формування смугових просік та ажурних конструкцій. За необхідності рубки слід повторювати кожні три-п'ять років[6,10].

Рубки догляду у другій віковій групі спрямовані на остаточне формування складу насадження та створення бажаної структури. Видаляються повалені, сухі, пошкоджені або пригнічені дерева, супутні породи, що заважають росту головних дерев (в однорідних насадженнях - найгірші дерева, що заважають росту головних дерев), а також омолоджені чагарники. На крайніх гребенях вирубують нахилені дерева, щоб розширити ширину проектної смуги[6,10].

При формуванні атріумних структур у дерев, що залишилися, обрізають гілки висотою 1,5-2 м, розчищають пні і чагарникову поросль. В ажурних структурах чагарники залишають тільки в граничних гребенях[6,10].

Кожні п'ять років чагарники в насадженні омолоджують, за один раз видаляють до 50% чагарників[6].

При необхідності через 5-7 років проводять регулярні рубки[6].

Рубки догляду в насадженнях 3-го етапу проводяться для підтримання сформованої структури полежахисної лісової смуги та збереження її життєздатності і довговічності. Видаляються екземпляри близькоспоріднених і ключових порід дерев, які впали, всохли, пошкоджені або сильно впали, а в крайніх (крайніх) рядах обрізаються бічні гілки на висоті від 1,5 до 2 метрів для збільшення проектної ширини лісосмуги, і ті, що заважають сільськогосподарським роботам, на висоті до 4-5 метрів. Крім того, небажана поросль, що з'явилася після попередніх обробок, буде вирубана за допомогою полежахисної лісосмуги з продувною структурою. За наявності чагарників у полежахисній лісосмузі їх омолоджують у два етапи[6].

Реконструктивні рубки проводяться для заміни малопродуктивних, зріджених, всихаючих насаджень, які втратили захисну функцію, насаджень, породний склад яких не відповідає умовам місцезростання, а також насаджень, в яких рубками догляду не вдається сформувати необхідну структуру полежахисних лісових смуг[6].

Реконструктивні рубки є суцільними та вибірковими і проводяться такими способами:

- Суцільні рубки та заходи, спрямовані на відновлення полежахисних лісових смуг
- Часткові рубки та заходи, спрямовані на відновлення полежахисних лісових смуг
- Часткові рубки для видалення крайніх рядів дерев і чагарників з метою введення нових, більш цінних видів, які відповідають вимогам середовища існування.
- Часткові рубки для видалення крайніх рядів дерев і чагарників з метою зменшення ширини полежахисної смуги до оптимального розміру;
- Часткові рубки з видаленням дерев і чагарників у міжряддях для збільшення ширини міжрядь і відновлення агротехнічного обробітку ґрунту (у випадках сильного забруднення ґрунту)[6].

- Полежахисні лісосмуги створюються (відновлюються) шляхом висаджування та висівання саджанців і сіянців дерев і чагарників. Використовуються методи та схеми змішування, що відповідають місцевим ґрунтовим, кліматичним та іншим умовам[6].

Можливості на етапі створення лісосмуг.

Оптимальний дизайн і структура, що гарантують біологічну стійкість і високу полежахисну ефективність лісових насаджень протягом чотирьох сезонів. Це проявляється, наприклад, у зменшенні згубного впливу посухи, суховіїв, пилових бур, холодних вітрів і хуртовин, а також у сприянні рівномірному розподілу снігу[8].

Агротехнічні прийоми створення лісосмуг включають чотири групи заходів: основна підготовка ґрунту, підготовка насіння і садивного матеріалу, посадка (посів), догляд за ґрунтом до змикання намету і охорона лісу[8].

1.5 Запропоновані схеми садіння

Кількість і ширина гребенів полезахисних лісових смуг визначається трьома вимогами: раціональне (господарське) використання орних земель, біологічна стійкість і високий захисний ефект насаджень[8].

Як правило, лісосмуги формують рядами від трьох до п'яти, але можливі й шестирядні насадження. Шестирядні насадження є біологічно найбільш стійкими та ефективнішими, ніж трьох-п'ятирядні. Ширина насаджень коливається від 7,5 до 15,0 м. Величина міжрядь на Поліссі, Лісостепу та Чорноземному Степу, - 2,5 м. 3,0 м на Південному Степу (каштанові ґрунти). Розмір узбіч по обидва боки лісосмуги дорівнює половині відстані між грядками (1,25 м і 1,50 м відповідно) [8].

Лісова зона має складну форму (2-3 яруси) і є змішаною за складом [8].

Лісові породи (головні породи дерев, супутні породи дерев і чагарників) підбираються відповідно до даної ґрунтово-кліматичної зони. У лісові насадження, як правило, вводять одну (рідше дві-три) головні деревні породи. Інтродукують один (рідше два-три) види і обов'язково участь супутніх порід (у тому числі плодкових). Підвищити біологічну стійкість та ефективність захисту полів у лісовій зоні необхідно вводити кущові породи[8].

Основна деревна порода лісової зони на глинистих і суглинистих ґрунтах різних генотипів у Поліссі, Лісостепу та Чорнозем'ї є дуб звичайний - висока, довгоживуча деревна порода на луках[8].

При створенні дубових лісонасаджень дуб висаджують (висівають) у центральному пасмі, а супутні породи (клен, липа серцелиста, граб).У крайніх пасмах доцільно висаджувати плодкові породи дерев (груша, яблуня, волоський горіх, черешня, шовковиця біла), чергуючи їх з поширеними супутніми породами та чагарниками[5,8].

Тополя і верба особливо підходять для водоохоронних насаджень при озелененні берегів річок і ставків, а також для захисних насаджень у ярах і балках. Такі плантації можуть виробляти таку ж кількість деревини, як і звичайні

енергетичні плантації, і можуть добре виконувати водоохоронні та інші корисні функції за умови науково обґрунтованої системи використання[5,8].

Найпоширенішим видом дерев, що використовується в енергетичних плантаціях, є верба прутовидна (*S. viminalis*) - високий чагарник, який може давати до 18-20 т/га сухої біомаси на рік. Важливою особливістю широкого розповсюдження верби є те, що вона легко розмножується стебловими живцями[5,8].

Тополя (*Populus L.*) - близький до верби рід, рослини якого також легко розмножуються вегетативно, але, на відміну від верби, успішно відновлюють насадження кореневими бруньками. Тополя (*Populus L.*) є такою ж продуктивною, як і верба. Гібриди чорної тополі та дельтовидної тополі переважно використовуються для виробництва енергії та біомаси[5].

Нижче наведено основні варіанти часткового використання лісосмуг для виробництва енергії в трьох основних кліматичних зонах України (степ, лісостеп і полісся)[5].

У степових районах України в полезахисні лісосмуги вводять чагарники для зменшення випаровування води з ґрунту. На чорноземних і каштанових ґрунтах дуб звичайний вирощують у дев'ятирядних полезахисних лісосмугах із супутніми деревними породами та чагарниками[5,8].

Для отримання енергетичної деревної біомаси за короткий проміжок часу з обох боків класичної лісосмуги слід розмістити здвоєні ряди швидкозростаючих енергетичних культур (рис.1.5)[5].

Перевагою полезахисних лісових смуг, засаджених виключно дубом та іншими деревними породами, є менші трудовитрати на створення, досаджування та догляд (освітлення дуба), тоді як полезахисні лісосмуги, засаджені сумішшю різних порід, мають більшу кількість рядів посадки дуба та більш рівномірний розподіл площі дуба[5].

У відносно вологих районах Лісостепу та Полісся часто висаджують лише деревні породи, а енергетичні культури вводять у дуже спарені ряди (рис. 1.6)[5].

Зона 12-рядного лісу, в якій чергуються ряди посадок чистого дуба та ряди посадок чагарників з близькоспоріднених деревних порід, підходить для вирощування в усіх зонах України. Для отримання додаткової енергетичної біомаси в крайніх рядах також бажано вводити енергетичні культури (рис. 1.7)[5].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Регіони робіт та об'єкти досліджень

Предметом дослідження стала змінена екосистема людського походження: лісові екосистеми різного ступеня антропогенних змін рослинних груп.

Формується нове розуміння ідентичності, поширення та екологічних особливостей домінуючих ґрунтових грибів різного ступеня деградації ґрунту, а також системи управління їх метагеномами в природних екосистемах, вивчаються лісові екосистеми з різним ступенем антропогенної зміни груп рослин, штучно створені екосистеми - агроекосистеми (польові та багаторічні фруктові плантації), в яких використовуються інтенсивні та органічні методи вирощування сільськогосподарських культур[13,16].

Зразки ґрунту для мікологічних досліджень було відібрано:

За ступенем деградації ґрунту лісосмуги біля залізної дороги були класифіковані :

0 – недеградовані: продуктивність відповідала природному стану або нижча на 5%;

1 – слабодegradовані: продуктивність нижча на 5–25% порівняно з природним станом;

2 – середньодegradовані: продуктивність нижча на 25–50% порівняно з природним станом;

3 – сильнодеградовані: продуктивність нижча на 50–75% порівняно з природним станом;

4 – дуже сильнодеградовані: продуктивність знижена на понад 75%[18].

Відбір зразків ґрунту з ділянки був проведений в 2024 році. За цей період було відібрано 10 зразків ґрунту і виділені ізоляти ґрунтових мікробактерій, що належать до видів з роду. Контролем служив той же тип ґрунту на відстані 2 км[14].

2.2. Виділення та облік мікроскопічних грибів

З метою оцінки екологічного стану природних і штучно перетворених екосистем, з використанням методу біометрії, було передбачено визначення якості середовища проживання організмів за складом видів і показниками кількісного розвитку мікроорганізмів-біометриків і структурі їх угруповання[17].

Зразки ґрунту відбирали, зберігали та транспортували відповідно до стандартних методів.[14] для отримання достовірних даних про властивості мікроскопічного грибкового комплексу в біогеографії лісового поясу протягом вегетаційного періоду було проведено три аналізи. Аналіз проб ґрунту проводився на основі 10 окремих проб, відібраних методом випадкової вибірки. Проба відбиралася з горизонту поверхні 10-15 см[17].

Обробка ґрунтів перед мікологічним аналізом. Ґрунтову суспензію (9г ґрунту на 1 мл стерильної водопровідної води) обробляли шляхом 3–5 хв

струшування. Посів на агаризовані поживні середовища проводили з розведень 1:100 – 1:1000 залежно від типу ґрунту [12].

Вибір середовищ та умов культивування для виділення мікроскопічних грибів різноманітних еколого-трофічних та систематичних груп

Для появи грибів, як швидко ефективно росте з легкодоступних вуглеводів, вони використовують сусло-агарі 3-40, по Балінгу, а також середовище Чапека (г/л): сахароза-10,0; NaNO_3 – 2,0; KH_2PO_4 – 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5; KCl – 0,5; FeSO_4 – 0,01; агар – 20,0; рН – 5,0–5,5 для посіву ізолятів, які було важко визначити на середовищі сусло-ага [15].

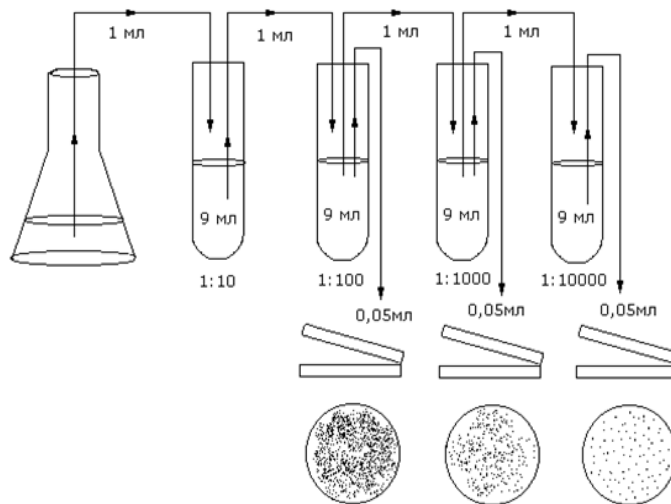


Рис.2.1 Схема установки випускного і підвісного мікромітитиву

Оліготрофні гриби-які не демонструють тимчасових концентрацій, однодольні рослини конкурують з копиотрофами за тимчасову концентрацію при чханні в середині тіла, і вони аж до чхання в середині тіла "голодні": Водний агар, агар-агар з меленого витяжка., агару для розведення сусла в 10 разів більше. Посеред цих лісів поступово розвивалося багато мікрогрибків, утворилися колонії (діаметром від 3 мм до 2 мм), було створенно колонії для оптимального

розведення віддалені одна від одної, що було використано в подальшому для виділення їх у чисті культури[15].

Вибір величини колонії, необхідної для опису рішення, проводився двома способами: за допомогою додаткової шкали Бондарєва і за допомогою додаткового RGB Adobe Photoshop CS5.

Культивування грибів.

Культивування мікроскопічних грибів різних екологічних, поживних і систематичних груп проводили при температурі від 24°C до 28°C, оскільки більшість з них є проміжними продуктами[14].

Остаточний облік проводили в залежності від середовища для поділу: сусло-агар і синтетичне середовище – через 6-12 днів, голодний агар - через 2-4 тижні. Кількість грибкових бактерій в ґрунті, виділених посівом на тверде середовище, розраховували за такою формулою[12]:

$$A = \bar{b} \times v \times \Gamma / d, \quad (2.1)$$

де, А – число грибних зародків на 1 г ґрунту, шт.;

б – середня кількість колоній на чашках, шт.;

v – розведення, з якого зроблено посів;

г – кількість крапель в 1 мл суспензії;

д – маса ґрунту, яку брали для аналізу, г.

$$A=21*4*17/1=1428$$

$$A=62*4*17/1=4216$$

$$A=29*4*17/1=1972$$

$$A=64,7*4*17/1=4399,6$$

$$A=57,7*4*17/1=3923,6$$

$$A=9,7*4*17/1=659,6$$

$$A=21*4*17/1=1428$$

$$A=9,3*4*17/1=632,4$$

$$A=43*4*17/1=2924$$

$$A=7*4*17/1=476$$

Ідентифікація виділених культур проводилася на основі морфологічних і фізіологічних характеристик, з урахуванням будови і способів розвитку репродуктивних структур. Грибкові культури ідентифікували за допомогою відповідних визначників [12].

Показники для оцінки представленості видів у комплексах мікроміцетів та характеристики їх структури.

Ми визначили структуру грибного комплексу та групи в ньому, використовуючи кількісну оцінку експресії вибраних видів. Було вивчено склад грибів різних типів ґрунту та біогеографії та зроблено спробу виявити максимальну кількість можливих видів, щоб виявити типові та рідкісні, а також показові види, характерні для кожної біогеографії[14].

Для визначення значущості виду використовувався критерій частоти його народження. Показник просторової частоти трапляння розраховували за формулою Т.Г. Мірчинк [14]:

$$A = B \times 100\% / C, \quad (2.2)$$

де, А – просторова частота трапляння видів;

В – кількість зразків, в яких виявлено цей вид;

С – загальна кількість досліджуваних зразків.

Для оцінки достовірності відмінностей у видовому розмаїтті порівнюваних ґрунтів був використаний метод порівняння середнього арифметичного двох незалежних агрегатів з різними дисперсіями з використанням програми Statistica v6.0[1]. Щоб встановити достовірність відмінностей у походженні видів і видовому розмаїтті в різних екотопах [14].

Одноразове визначення просторової частоти розвитку видів не дає уявлення про сталість представленості видів у досліджуваному біогеографічному ґрунті протягом вегетаційного періоду. Таким чином, був використаний показник часової частоти видів - відношення кількості разів, коли вид був виявлений, до загальної кількості моментів відбору проб . При спільному використанні показників просторового і тимчасового спарювання була охарактеризована структура комплексу ґрунтових мікробів: типові домінуючі види – більше 50 просторових і часових%; типові часті види-просторова і тимчасова частота спарювання більше 30%; типові ліквідні види-просторова частота спарювання менше 30%, тимчасова частота трапляння – вище 30%, випадкові види – обидва показники нижче 30%[14,15].

Зовнішній шар видно з екотопу шкіри, і якщо ви подивитесь на опис центральної частини, то побачите булі, які стануть видні ще до появи. Певний набір типових видів від початку до кінця. Ґрунтуючись на типовому ландшафтному комплексі безкрайніх просторів трапів, вони стали дивитися на сходи нижнього гриба і побачили погляди людей[14,15].

Статистична перевірка змісту резолюції була проведена автором раніше прийнятого методу для додаткової програми Microsoft Excel a Statistica версії 6.0.

Показники видового різноманіття, домінування і подібності угруповань мікроміцетів у ґрунтах досліджуваних екотонів.

Щоб оцінити ступінь подібності грибкового комплексу деградації ґрунтової екосистеми різного ступеня, а саме ґрунту після видобутку корисних копалин, агроценозів і території після рубки лісу в лісову екосистему, Соренсен провів кореляцію.[17]:

$$CN = 2jN / (aN + bN), \quad (2.3)$$

де, jN – сума менших частот трапляння видів, загальних для 1-го та 2-го об'єктів;

aN – сума частот трапляння з урахуванням різноманітності видів у техногенно перетворених екотопах;

bN – сума частот трапляння з урахуванням різноманітності видів у контрольних екотопах;

Видове різноманіття комплексу мікроміцетів було охарактеризовано на основі показників різноманітності та вирівнювання, які прийняті в загальній екології та відображають математичне представлення кількості видів та їх взаємозв'язку з їх чисельністю [16,17].

Індекс Шенона (H), розрахований за формулою, був використаний для оцінки видового різноманіття ґрунтового мікробного комплексу[17]:

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i, \quad (2.4)$$

де, p_i – ймовірність значущості (різноманітності або частоти трапляння) для кожного виду.

Для розрахунків спочатку проводився розподіл видів певних комплексів відповідно до певного рангу їх різноманітності (0,1–0,5; 0,5-1,0 і т.д.). Або попаданням (від 1 до 10, від 11 до 20 і т.д.). Визначалася ймовірність того, що представленість видів буде введіть значення певного рангу.

Для оцінки ступеня переваги видів в комплексі використовувався Індекс Сімпсона (D), який розраховувався за формулою[17]:

$$D = (S-1) / \lg N, \quad (2.5)$$

де, S – кількість видів;

N – сума оцінок значущості всіх видів.

Індекс вирівняності Пієлу (E), який розраховували за формулою:

$$E = H / \ln S, \quad (2.6)$$

де, H – індекс Шенона;

S – число видів.

Використання екологічних індексів Н, D, E дало змогу отримати додаткову інформацію про ступінь зрілості та стабільності комплексів грибів кожного з досліджуваних біоценозів [19].

2.3. Методика аналізу мікологічної структури ґрунту лісосмуги біля залізної дороги

Методика аналізу мікологічної структури ґрунту

Дослідження проведено на кафедрі екології Національного лісотехнічного університету України впродовж 2024 рр. Зразки ґрунту відбирали на території вул Курмановича (м. Львів) біля залізної колії, та в межах лісосмуги.

Оскільки залізнична дорога бильзько розташова до лісосмуги, та урбанізацію та наявність промислових зон на Курмановича, зональні ґрунти зазнали суттєвих змін. Це включає змішані типи ґрунтів, техногенні нашарування та втрату природної родючості

Таблиця 2.1

Координати відстані виміряної лісосмуги

М.Львів вул. Курмановича (початкова точка)		М. Львів вув. Курмановича (кінцева точка)	
№ моніторингових точок	Пн ш Сх д	№ моніторингових точок	Пн ш Сх д
ПТ ₁	49.8316413, 23.9564975	КТ ₁	49.8319579, 23,9578252

Оскільки лісосмуга є продовженням лісистості від П'ятого парку, яка роз'єднана дорогою, ми можемо сказати, що зональні ґрунти тут є переважно сірі лісові. Сірі лісові ґрунти виникають у певних природних і географічних умовах. Зазвичай вони мають помірно-континентальний клімат із середньорічною температурою +3-+10°C.

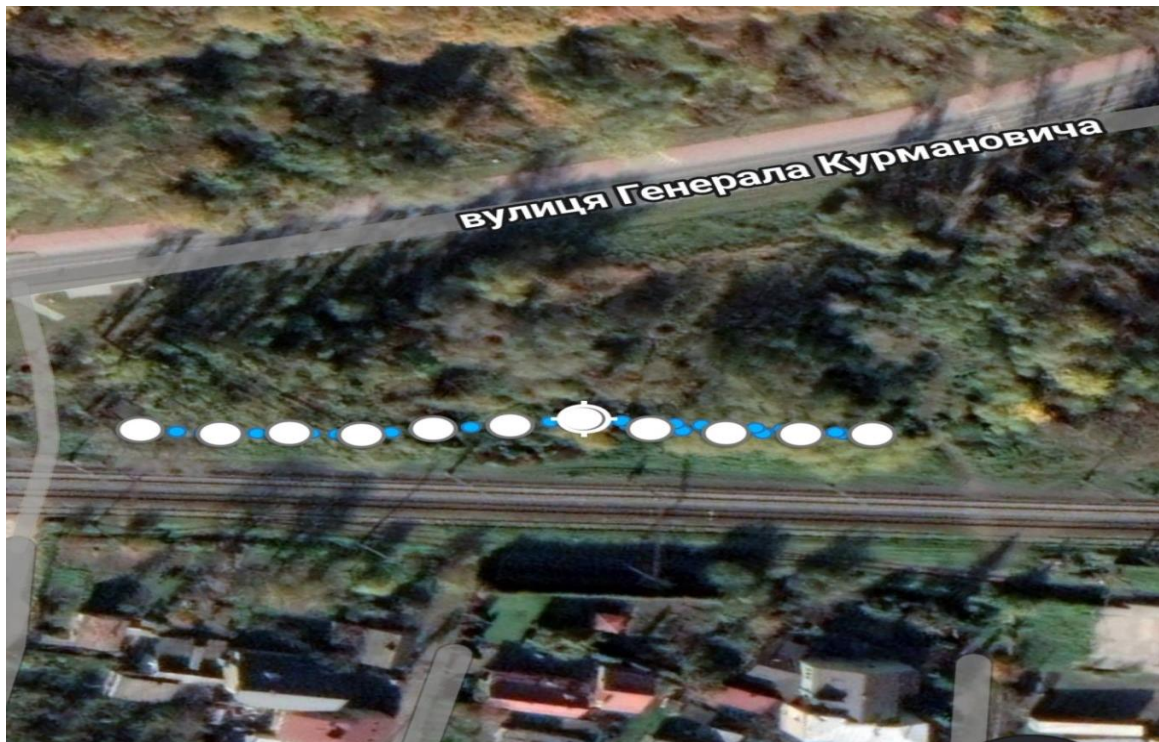


Рис 2.2 Схематичне розташування точок відбору ґрунту

Сірі лісові ґрунти найчастіше зустрічаються в рівнинних і передгірських областях, особливо на плато або схилах. Вони утворюються в лісах з високим вмістом карбонатів, суглинках, подібних суглинку, або інших материнських породах.

Сірі лісові ґрунти мають чіткий профіль, що складається з декількох горизонтів, кожен з яких володіє унікальними фізико-хімічними властивостями, обумовленими умовами їх формування. *Гумусовий горизонт* це сірий або темно-сірий Верхній шар ґрунту через високий вміст органічної речовини (гумусу). Його товщина зазвичай становить 20-40 см. у цьому шарі відбувається активний процес розкладання органічних речовин, що вносяться опалим листям і рослинністю. Гумусовий горизонт є основним джерелом поживних речовин для рослин. *Підгумусовий горизонт* цей шар розташований трохи нижче гумусового горизонту і має більш світлий колір, за рахунок чого органічні речовини і мінерали вимиваються (доменний процес). Вміст гумусу в цьому горизонті значно нижче, а

структура більш пухка. *Ілювіальний горизонт* у цьому шарі накопичуються речовини, вимиті з верхнього горизонту, зокрема оксид заліза і алюмосилікат. Ілювіальний горизонт зазвичай має темно-коричневий або червонуватий відтінок і щільну структуру, що визначає його важливу роль у утриманні води. *Материнська порода* це найглибший горизонт, що складається з материнської породи, яка не змінилася. Найчастіше це суглинки або інші карбонатні породи, такі як лес, які служать основою для ґрунтоутворення. Цей шар характеризується невеликою кількістю органічної речовини і слабкою участю в процесі ґрунтоутворення.

Цей профіль забезпечує збалансовану структуру ґрунту, завдяки чому сірі лісові ґрунти підходять для широкого спектру природних і господарських потреб.

Вивчення морфологічної будови та властивостей ґрунту проводили методом закладання прикопок та ґрунтових розрізів. Зразки ґрунту у 4-ри кратній повторності відбирали з верхнього шару (0–5 см) згідно з ДСТУ 4976 : 2008, в яких визначали загальноприйнятими методами та чинними державними стандартами основні фізико-механічні, фізико-хімічні та агрохімічні показники [25]. Статистичне оброблення отриманих результатів досліджень здійснювали із використанням програм Microsoft Office.

Аналіз видового складу лісосмуги на вул. Курмановича

Оскільки наша лісосмуга відноситься до території П'ятого парку, то ми можемо впевнено сказати, що видовий склад є однаковий. За результатами встановлено, що на ділянці на вул. Курмановича представлено видів та родин.

Аналіз видового складу захисних лісосмуг

№	Родина	Рід	Вид	Кількість видів шт
1	<i>Fagaceae</i> L Букові	<i>Quercus</i> L Дуб	<i>Quercus robur</i> L. Дуб звисайний	19
2	<i>Salicaceae</i> Lindl. Вербові	<i>Salix</i> L. Верба	<i>Salix alba</i> L. Верба біла	14
3	<i>Salicaceae</i> Lindl.	<i>Populus</i> L Тополя	<i>Populus alba</i> L. Тополя біла	22
4	<i>Betulaceae</i> Roth. Березові	<i>Betula</i> R Береза	<i>Betula pendula</i> R Береза повисла	16
5	<i>Betulaceae</i> Roth Березові	<i>Corylus</i> L Ліщина	<i>Corylus avellana</i> L. Ліщина звичайна	20

Лісова зона в Білогорці має чітку ієрархічну структуру. У деревному ярусі переважають хвойні та листяні дерева. Основними породами дерев є сосна (*Pinus sylvestris*) та дуб (*Quercus robur*). Ці дерева формують верхній ярус, забезпечуючи тінь і сприятливі умови для розвитку інших ярусів. Серед супутніх видів - ялина європейська (*Picea abies*), береза повисла (*Betula pendula*), липа серцелиста (*Tilia cordata*) та осика (*Populus tremula*). У середньому ярусі ростуть такі чагарники, як ліщина (*Corylus avellana*), терен (*Sambucus nigra*), глід (*Crataegus*) і золототисячник (*Rosa*). Ці рослини утворюють густий підлісок і відіграють важливу роль у стабілізації ґрунту та збереженні біоценозів. На луках зустрічаються характерні

види лісової флори, такі як анемона дібровна (*Anemone nemorosa*), конвалія травнева (*Convallaria majalis*) та підмаренник європейський (*Asarum europaeum*). На сонячних ділянках також можна знайти злаки і трави.

РОЗДІЛ 3.

ЕСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Антропогенна трансформація лісосмуг поблизу залізничних доріг спричинює зміни в мікобіомі ґрунтів шляхом впливу на структури комплексів популяцій мікроміцетів і процесів саморегуляції та біологічної активності. Мікоризні зв'язки є важливими посередниками біогеохімічних процесів і відіграють ключову роль у формуванні рослинних угруповань, а знання про їх відновлення – цінними для розуміння розвитку екосистем загалом. Зміни у мікобіомі ґрунтів антропогенно трансформованих лісосмуг поблизу залізничних доріг впливають на широкий спектр екосистемних процесів, ключовими з яких є саме симбіотрофна взаємодія ґрунтових грибів із рослинами. Порушення або втрата мікоризних зв'язків, у результаті діяльності людини, призводить до ослаблення імунітету рослин, випадання з їх структури певних видів і відповідно до зниження захисної ролі лісосмуг [24].

Для забезпечення ефективного функціонування лісової зони навколо залізниці важливо вивчати структуру ґрунтової мікрофлори з метою вибору стійких насаджень та забезпечення їх ефективного росту. Це пов'язано з тим, що на деяких ділянках щільність насаджень є дуже низькою - від 0,3 до 0,4 (коефіцієнт зімкненості лісового пологів).

По-перше, постає питання необхідності додаткового відведення земель для збільшення ширини лісової зони: відповідно до розділу 2.3 ЦП-0182, мінімальна відстань від осі узлісся до насадження повинна становити 15-30 метрів.

По-друге, при створенні нових насаджень також необхідно розробляти проект відповідно до розділу 2.4.2 ЦП-182 та передбачати значні фінансові витрати на створення та догляд за насадженнями: для створення лісосмуги площею 1 га необхідна вартість близько 70 000 грн та витрати на догляд за нею протягом щонайменше п'яти років (полив, досадка, культивування) потрібно не менше п'яти років.

Проблеми

- Засмічення залізничних колій та лісосмуг твердими побутовими відходами
- Наявність старих дерев у незадовільному фітосанітарному стані
- Незаконна вирубка дерев у лісосмузі

Забруднення ґрунтів важкими металами є значним на територіях без лісосмуг та на територіях з порушеною структурою. Дослідження показали, що створення захисних насаджень площею 1 га поблизу залізниці знижує загальне забруднення повітря на 10-35%, а температуру і вологість на прилеглих до колії територіях - на 10-15%; смуга деревно-чагарникових насаджень шириною 25-30 м знижує концентрацію вуглекислого газу на 70%, поглинає 75-80 кг фториду, 200 кг діоксиду сірки та 30-70 тонн пилу. Придорожні лісосмуги блокують шум і покращують умови та стандарти, що визначають допустимі рівні шуму та вібрації для здоров'я людини[24].

Варто зазначити, що захисні лісові насадження біля міст та залізничних станцій є частиною зелених зон. Ці насадження повинні бути стійкими та мати декоративно-естетичні якості. Стійкість забезпечується підбором найкращих дерев з добре розвиненим пологом. Загалом, захисні лісові насадження відіграють незаперечно важливу роль у збереженні залізниць. Крім того, лісосмуги є

недорогим і надійним засобом захисту залізничних колій від негативного впливу природних явищ.

Однак більшість насаджень перебувають у незадовільному санітарному стані, мають порушену структуру, загущені, пошкоджені шкідниками та хворобами рослин, засмічені сміттям. Практично всі питання, пов'язані зі збереженням лісозахисних зон, знаходяться в компетенції організацій, пов'язаних із залізницею. У цій конкретній сфері також потрібно говорити про естетичну функцію лісу, але головне завдання - захисна функція лісу - не виконується.

Отже, ми провели мікологічний аналіз ґрунтів у лісосмузі поблизу залізної дороги і отримали наступні результати.

Результати та обговорення

3.1. Аналіз структури мікобіому ґрунтів поблизу лісосмуг біля залізної дороги

На досліджених територіях лісосмуги поблизу залізної дороги відзначалась висока кількість колоній утворюючих організмів КУО від 142×10^4 до 193×10^4 (табл. 1), що свідчить про активні процеси розкладу органічних решток, які потрапляють у ґрунт із відходами у зв'язку з утворенням несанкціонованих сміттєзвалищ.

У ґрунті визначали:

1. кількість грибних пропагул в одному грамі ґрунту,
2. видовий склад мікроміцетів ґрунту,
3. вміст патогенів,
4. основні групи грибів за типами живлення.

Для оцінки якості середовища розвитку рослин був використаний метод біоіндикації за допомогою мікроміцетів ґрунту. Біоіндикація – це метод визначення якості середовища проживання організмів за видовим складом та

показником кількісного розвитку видів - біоіндикаторів та структури їх угруповань[32].

Для угруповання, як системи, характерна взаємодія між видами, які входять до його складу. В мікробному угрупованні взаємодія між видами зумовлена перш за все трофічними (харчовими) зв'язками. Визначення співвідношення видів у досліджуваному ґрунті вказує на вміст поживних речовин у ньому, їх склад та доступність основних елементів живлення для рослини.

Оліготрофи - група грибів, які задовільняються низькими концентраціями поживних речовин;

хемолітоавтотрофи використовують енергію мінеральних сполук для фіксації вуглекислого газу та мікробної біомаси;

зимогенна група грибів розкладає свіжі органічні рештки;

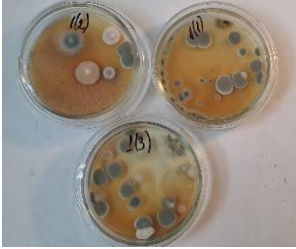


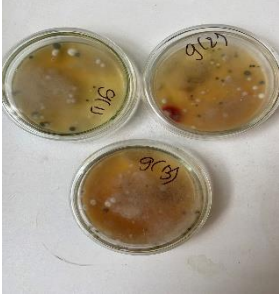
автохтонна група розкладає гумусові речовини.

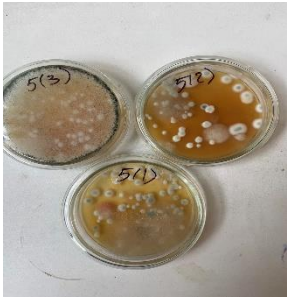
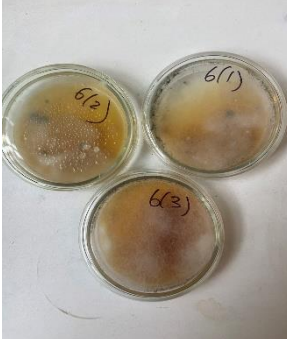
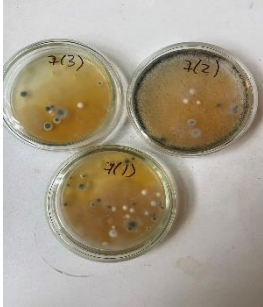
Для досліджуваних екотопів було характерно наявність усіх груп мікроорганізмів, але зимогенна та автохтонна група грибів домінувала на всій території досліджень.

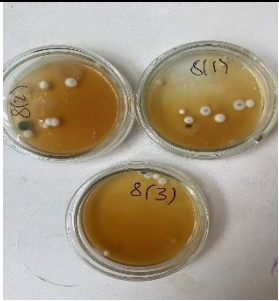
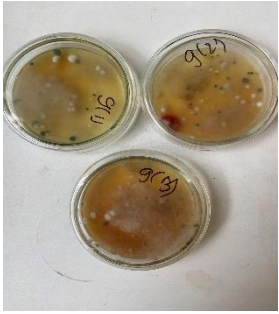
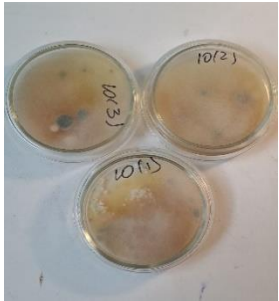
Таблиця 3.1

Результати мікологічних досліджень територій поблизу залізної дороги

Назва зразків	Кількість пропагул в 1 гр. ґрунту (КУО) Норма 180×10^4	Патогени Норма 3-5%	Основні групи мікроорганізмів
№1	156×10^4	Види роду <i>Aspergillus</i> – 12% Види роду <i>Fuzarium</i> – 4% Види роду <i>Penicillium</i> – 9%	зимогенна група автохтонна група оліготрофи хемолітоавтотрофи

			
 <p>№2</p>	193×10^4	<p>Види роду Fuzarium -7%</p> <p><i>Cladosporium cladosporioides</i> <i>Alternaria alternata</i> – 58%</p>	<p>зимогенна група автохтонна група оліготрофи хемолітоавтотрофи</p>
 <p>№3</p>	162×10^4	<p>Види роду Fuzarium -7%</p> <p>Види роду Penicillium – 10%</p>	<p>зимогенна група автохтонна група оліготрофи хемолітоавтотрофи</p>
 <p>№4</p>	153×10^4	<p>Види роду Fuzarium – 15%</p>	<p>зимогенна група автохтонна група оліготрофи хемолітоавтотрофи</p>

 <p>№5</p>	<p>192 x10⁴</p>	<p>Види роду Fuzarium – 10% Aspergillus -17% Penicillium -21%</p>	<p>зимогенна група автохтонна група оліготрофи хемолітоавтотрофи</p>
 <p>№6</p>	<p>162 x10⁴</p>	<p>Види роду Fuzarium 7% Aspergillus -11%</p>	<p>зимогенна група автохтонна група оліготрофи хемолітоавтотрофи</p>
 <p>№7</p>	<p>142 x10⁴</p>	<p>Види роду Penicillium 7% Aspergillus fumigatus – 8%</p>	<p>зимогенна група автохтонна група оліготрофи хемолітоавтотрофи</p>
<p>№8</p>	<p>158x10⁴</p>	<p>Види роду Penicillium – 7% Види роду Fuzarium 10%</p>	<p>зимогенна група автохтонна група оліготрофи хемолітоавтотрофи</p>

			
<p>№9</p> 	<p>168x10⁴</p>	<p>Види роду Aspergillus sp.– 15%</p> <p>Види роду Fuzarium 13%</p>	<p>зимогенна група автохтонна група оліготрофи</p> <p>хемолітоавтотрофи</p>
<p>№10</p> 	<p>157 x10⁴</p>	<p>Види роду Aspergillus sp. – 12%</p> <p>Види роду Fuzarium -7%</p>	<p>зимогенна група автохтонна група оліготрофи</p> <p>хемолітоавтотрофи</p>

Також відбувається стійкі процеси розкладу целюлози та інших складних сполук у зв'язку із великою кількістю повалених дерев та відпалих гілок. Проникнення грибів у рослину чи рослинний субстрат відбувається завдяки екстрацелюлярним та локалізованим на поверхні ростучого кінця гіфи гриба ферментам, які каталізують руйнування рослинних субстратів, швидкість росту і проникнення в субстрат. Наявність ферментів, які трансформують полімери

рослинних клітин у мономери є одним із найголовніших чинників формування грибних угруповань. Те, яким є склад субстрату та активність ферментів, а також здатність грибів до конкурентних стосунків та їх стратегічна роль у досліджуваній екосистемі, складають комплекс фізіологічних властивостей, які дозволяють засвоювати субстрат. Забруднення ґрунтів у зоні досліджуваної лісосмуги поблизу залізничних шляхів впливає на склад корневих виділень та на динаміку змін у видовому складі мікроміцетів. При цьому різноманітність субстрату та його використання впливає прямо чи опосередковано не тільки на зміну видового складу мікроміцетів ґрунту, але й на проростання спор, ріст, розмноження та виживання окремих видів.

У складі досліджуваних територій постійно зустрічались представники порядку *Mucorales* – види родів *Mucor hiemalis* та *Rhizopus nigricans*. Загалом відділ *Zygomycota* був представлений 4 видами 2 родів. Відділ *Ascomycota* був представлений 12 родами 28 видами анаморфних грибів. Найбільше видове різноманіття фіксували серед грибів відділу *Ascomycota*. Серед них домінуюче положення займали види родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fuzarium*. Серед виділених видів мікотоксигенні види *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *Penicillium roseopurpureum*, *P. ochro-chloron*, *P. nigricans*, *Fuzarium oxysporum*, *F. avenaceum*. Висока температура, доступність води та органічних речовин, ураження комахами, впливає на розповсюдження токсигенних грибів. Більшість із виділених грибів мають високу фізіологічну пластичність, і тому вони мають здатність займати різні екологічні ніші, відповідно засвоювати різноманітні субстрати, використовуючи різні джерела харчування і успішно розмножуючись.

Аналізуючи частоту трапляння виділених видів залежно від структури субстрату виявлено збільшення частоти трапляння видів *Penicillium roseopurpureum*, *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *Fuzarium oxysporum*, *Alternaria alternate* які є патогенами та токсиноутворювачами та *Cladosporium cladosporioides*, *Trichoderma viride*, які беруть участь у процесах трансформації

органічних решток у місцях несанкціонованих звалищ та місцях розкладу деревини.

Важливо зауважити, що розмноження патогенів та токсиноутворювачів має наступні наслідки:

- відбувається добір найбільш агресивних форм анаморфних грибів, які можуть розповсюджуватися на великі відстані і ставати небезпечними для посівів агрокультур;

- серед видів, які виділялись із високою частотою був вид *Ascochyta graminicola* Sacc. Цей вид паразитує на листках та стеблах злакових рослин і спричиняє різного роду плямистості, які можуть уражати рослинність лісосмуги та розповсюджуватися на культурні рослини, що вирощують поблизу люди.

- можливість засвоєння широкого спектру субстратів збільшує концентрацію спор у повітрі *Aspergillus fumigatus*, *Purpureocillium lilacinum*, видів роду *Fuzarium*, що може спричиняти негативний вплив на здоров'я людей.

Деякі з виділених видів зустрічались з високою частотою трапляння.

Приводимо їх опис.

Mucor hiemalis – вид-сателіт. Зустрічається в усіх типах ґрунтів, практично під усіма видами насаджень, описаний як домінуючий вид у місцях із високим рівнем радіоактивного забруднення 37 та $3,7 \times 10^6$ Бк/кг у 10-км зоні відчуження ЧАЕС у 1986–1988 рр. У досліджуваних нами екотопах виділявся з частотою трапляння 43,8% тому, що активно колонізує органічні рештки.

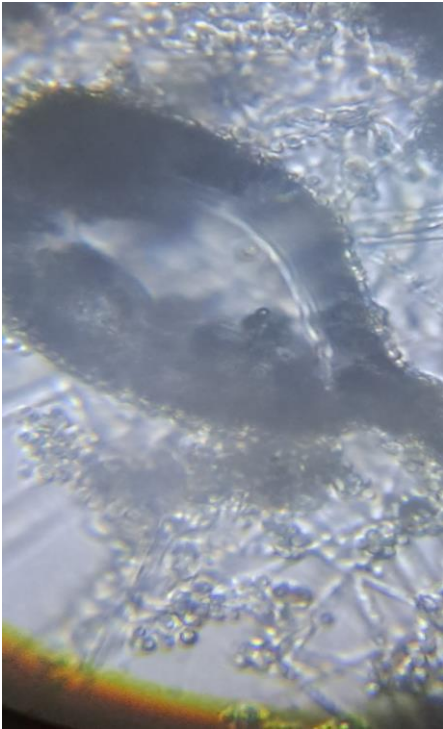


Рис 3.1 Триденна культура *Mucor hiemalis* Культура *Rhizopus nigricans*

Rhizopus nigricans Широко поширений у ґрунті, повітрі, їжі, живе на гниючих рослинах, плодах. Вид сапротроф (редуцент) і харчуються різною мертвою органічною речовиною, але деякі види є паразитами або патогенними. Штами, які ми виділили не перевіряли на патогенність.

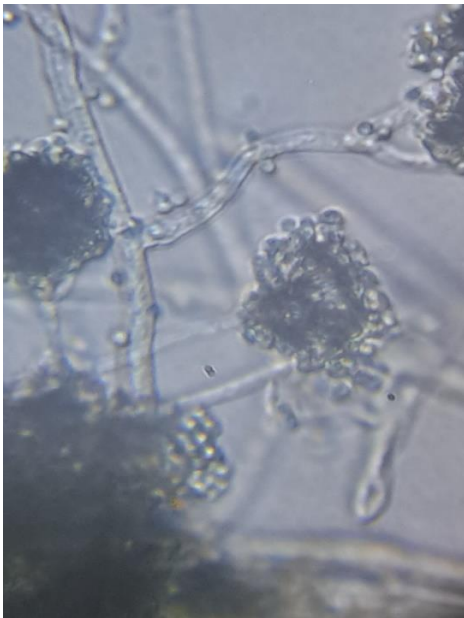


Рис 3.2 Вид роду *Penicillium*

Спори видів родів *Aspergillus* та *Fuzarium*

Видовий склад і частота трапляння мікроміцетів ґрунтів лісосмуги поблизу залізничної колії Львів – вул. Курмановича (%)

	Вид гриба	Точки відбору зразків									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Відділ Zygomycota</i>											
1	<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer	-	1,4	-	12,2	-	43,2	-	43,8	-	25,0
2	<i>Mucor racemosus</i> Fresenius	-	-	12,0	-	7,2	12,5	-	17,8	-	23,8
3	<i>Rhizopus nigricans</i> Fhrenb	-	2,7	-	12,8	-	11,7	50,0	-	-	-
4	<i>Rhizopus oryzae</i> Went et Prin.Geerlig	-	-	0,9	31,7	-	11,2	-	6,2	-	20
<i>Відділ Ascomycota світлозабарвлені</i>											
5	<i>Aspergillus terreus</i> Thom	17,2	5,7	-	-	-	5,7	-	-	4,0	2,0
6	<i>A. ustus</i> Bainier	-	2,3	-	-	1,7	-	-	-	1,5	3,0
7	<i>A. fumigatus</i> Fres.	5,3	-	-	3,2	6,7	5,3	8,0	-	5,5	2,0
8	<i>A. repens</i> (Cda.) Sacc.	14,0	-	-	-	1,2	-	-	-	2,0	5,0
9	<i>A. ochraceus</i> Wilhelm	-	1,7	-	-	7,4	-	-	-	2,0	-
10	<i>Purpureocillium lilacinum</i> (Thom) Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones & Samson	4,2	0,5	-	0,5	10,2	-	-	-	10,7	12,2
11	<i>Penicillium roseopurpureum</i> Dierck	18,7	0,5	1,7	-	5,7	-	3,0	-	18,2	-
12	<i>P. ochro-chloron</i> Biourde	4,2	-	0,3	-	2,8	-	4,0	2,0	-	-
13	<i>P. spinulosum</i> Thom	-	-	2,0	-	3,4	-	-	-	-	-
14	<i>P. luteum</i> Zukal	10,7	-	2,0	-	5,1	-	-	5,0	-	-
15	<i>P. raciborskii</i> Zaleski	-	-	4,0	-	4,2	-	-	-	-	-

16	<i>P. nigricans</i> (Bainier) Thom	11,2	9,7	-	-	-	-	-	-	-	-
17	<i>Trichocladium asperum</i> Harz	-	-	-	12,1	12,8	-	5,0	-	14,2	-
18	<i>Pestalotia hartigii</i> Tubent	-	10,0	-	-	-	10,4	-	15,2	-	-
19	<i>Trichoderma viride</i> (Pers. Et S.F. Gray.)	-	-	34,2	-	7,2	-	0,8	-	-	-
20	<i>T. harcianum</i> Rifal	-	-	19,7	-	-	-	-	-	-	-
21	<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht	5,7	-	5,0	7,8	5,2	3,0	-	5,0	2,0	4,0
22	<i>F. moniliforme</i> Scheld	-	-	-	7,4	4,8	-	-	5,0	7,0	3,0
23	<i>F. avenaceum</i> (Fr) Sacc.	1,2	-	2,0	-	-	4,0	-	-	3,0	-
24	<i>Botriotrichum piluliferum</i> Sacc. et March.	5,7	-	-	5,3	6,1	-	0,5	-	-	-
25	<i>Trichotecium rozeum</i> Lk.	-	-	10,2	-	5,0	-	12,7	-	11,9	-
26	<i>Ascochyta graminicola</i> Sacc.	-	-	1,0	-	-	-	-	-	14,2	-
27	<i>Botriotrichum piluliferum</i> Sacc. et March.	-	-	2,0	-	-	-	5,2	-	-	-
28	<i>Verticillium album</i> (Preuss) Pidopl.	-	-	3,0	-	-	-	5,0	-	5,0	-
Відділ <i>Ascomycota</i> темнопігментовані											
29	<i>Aureobasidium pululans</i> (de Bary) Arnaud	-	1,8	-	-	0,8	-	-	-	-	-
30	<i>Alternaria alternate</i> (Fr.) Keissler	1,2	27,4	-	-	-	-	5,0	-	-	-
31	<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fres.) de Vries	-	30,6	-	-	-	-	0,8	-	-	-

32	<i>Phoma glomerata</i> (Corda) Wr. et Hochap.	0,7	1,2	-	-	-	-	-	-	0,8	-
33	<i>Ulocladium consortiale</i> (Thum) Simmons	-	4,5	-	-	1,7	-	-	-	-	-

3.2 Біотехнології відновлення лісосмуг поблизу залізничних доріг

Відновлення лісосмуг поблизу залізниці є стратегічно важливим завданням, яке впливає на стабільність екосистем і якість навколишнього середовища.

Першим нашим етапом відновлення буде оцінка стану лісосмуги та прилеглої території. Загалом ми можемо сказати що територія не є повністю доглянутою, на ній є сміття та залишки зрублених рослин, які скидали люди чи нагромаджувались шляхом висихання сухої трави. Також ми можемо виділити, те що деякі дерева підлягають рубці, обрізці та догляду.

Ми рекомендуємо у лісосмузі Львів вул Курмановича такі види дерев:

Таблиця 3.3

Рекомендовані дерева

№	Назва дерев	Причина введення у лісосмугу
1	Береза пухнаста <i>Betula pubescens</i>	Невибагливість до ґрунтів і стійкість до забруднення. Швидке укорінення і здатність стабілізувати ґрунти. Естетичність та помірне розростання кореневої системи.
2	Клен звичайний <i>Acer platanoides</i>	Висока адаптація до урбанізованих умов. Ефективне поглинання вуглекислого газу. Листя створює ефективний бар'єр для шуму та

		пилу.
3	Дуб звичайний <i>Quercus robur</i>	Довговічність і стабільність кореневої системи. Стойкість до вібрацій і загазованості. Створює густу крону, що ефективно захищає від пилу.

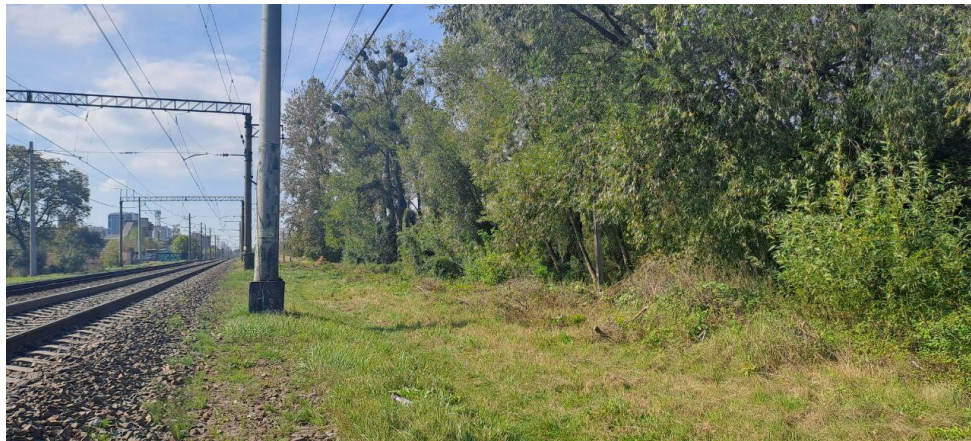


Рис.3.3 Сучасний стан лісосмуги



Рис 3.4 Сучасний стан лісосмуги

Ми також можемо запропонувати ажурний тип посадки.

Ажурні полезахисні лісосмуги використовуються для запобігання вітрової ерозії та снігових заметів, а також для зменшення шуму. Вони складаються з дерев і чагарників, розташованих таким чином, щоб частково блокувати вітер. Така лісосмуга - не є суцільною стіною, яка дозволяє повітряним потокам поступово знижувати швидкість і не створює турбулентності поблизу траси. Також віділимо, що при посадці такої лісосмуги порібно дотримуватись вимог. Відстань між нею та залізничною дорогою має бути не менше ніж 10 а можливо і більше метрів. Висота має бити такою, щоб уникнути падіння на колії в разі сильного вітру.

Концептуальна модель відновлення лісосмуг

Актуальність створення концептуальної моделі відновлення лісосмуг зумовлена тим, що питання це висвітлено мало і тільки побіжно. До цього часу не існувало цілісного бачення ролі ендоефітів та грибів мікоризоутворювачів у біологічній рекультивації ґрунтів лісосмуг, не існувало також відомостей про те, що ендоефіти, виділені з плодох тіл грибів (в нашому випадку з плодового тіла чорного трюфеля) можуть застосовуватися для стабілізації мікобіому ґрунту лісосмуг. В доступній нам літературі не існує відомостей про те, що на основі ендоефіту чорного трюфеля чи будь якого іншого гриба був створений промисловий препарат, і що він був успішно використаний для відновлення мікобіому ґрунтів лісосмуг. Це дало нам можливість створити власну концепцію відновлення антропогенно трансформованих екосистем на основі видів V-стратегів.

Гетеротрофне живлення рослин поряд з автотрофією забезпечує життя на Землі, відповідає за регулювання складу атмосфери, гідросфери, інтенсивності біосферних процесів, утворення гумусу та виконує захисну функцію щодо

літосфери. Продуктивний симбіоз забезпечує ефективність функціонування і здоров'я екосистеми ґрунту (рис. 3.5). Отже, ми пропонуємо модель відновлення фітоценозів на ґрунтах лісозахисних смуг поблизу залізничних колій.

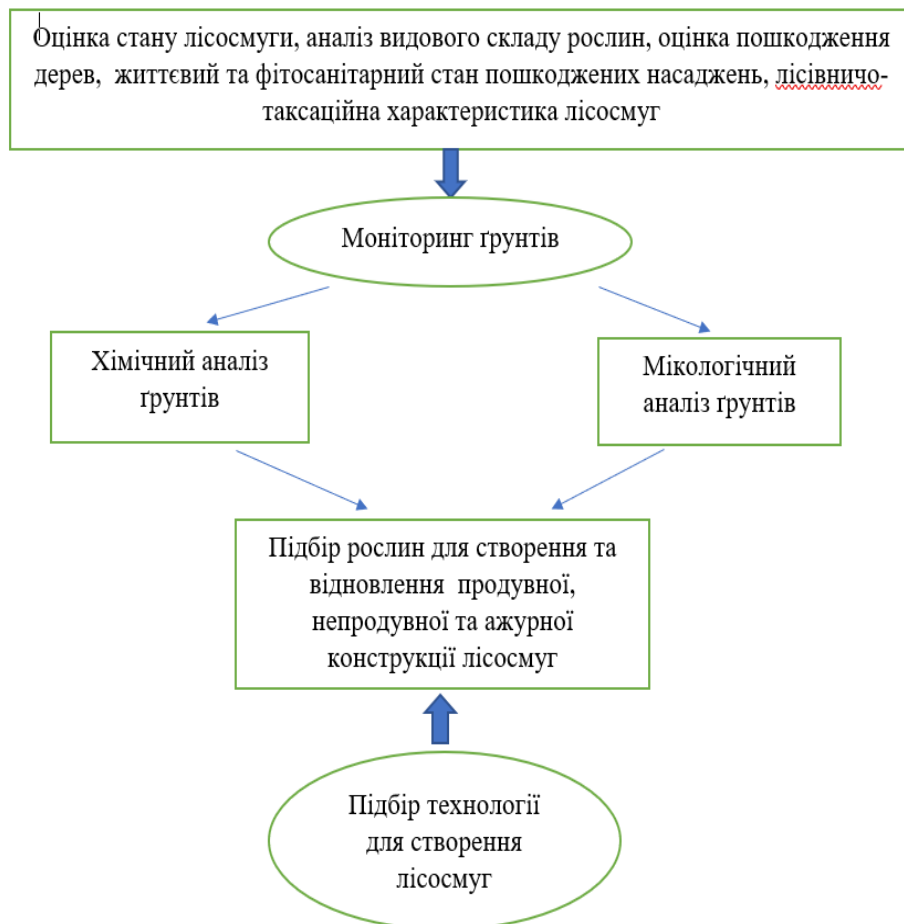


Рис.3.5 Модель відновлення фітоценозів на ґрунтах лісозахисних смуг поблизу залізничних колій

Нашим першим практичним етапом в буде очищення території. Воно включає видалення залишків старої рослинності, бур'янів і сміття. Утилізація відходів, які можуть перешкодити зростанню нових насаджень. На цій лісосмузі я б також порадила зрубати тополі та дерева, які були пошкодженні омелою, щоб дати

можливість більш молодим та здоровим деревам розростатися. Також щоб звільнити місце для нових посадок.

Для посадки дерев у лісосмуги під час реконструкції пропонуємо використовувати замочування коренів рослин у бактеріальні та препарати грибів, які можуть контролювати розповсюдження патогенів і дозволять зберегти насадження лісосмуг

Флорабацилін — біопрепарат, який має стимулюючі фосфатмобілізуючі та азотфіксуючі властивості, активні деструктори целюлози - виготовляється на основі корисних ґрунтових бактерій роду *Bacillus*. Як відомо, ґрунтові бактерії — найважливіша ланка загального кругообігу речовин у природі, які не тільки збагачують землю корисними елементами, але й покращують фізіологічні якості ґрунту. Ці мікроорганізми характеризуються високою антагоністичною активністю щодо фітопатогенних мікроміцетів та бактерій. Завдяки використанню біопрепарату у ґрунті зменшується кількість шкідливих та патогенних мікроорганізмів, рослини стають менш чутливими до хвороб, краще переносять стрес.

Міковітал — мікоризоутворювач, збалансовує зимогенну та автохтонну мікрофлору ґрунту, сприяє балансу між всіма 4-ма групами мікроорганізмів, витісняє патогени, відновлює потрібний симбіоз: гриб – бактерія – рослина, утворює стійкий мікоризний (мутуалістичний) зв'язок, який гармонійно розподіляє всі елементи живлення в екосистемі і сприяє синхронному та рясному плодоношенню горіхопліних культур. Перетворені фосфатмобілізуючими бактеріями фосфати, які потраплятимуть в ґрунт з Гранфоскою та розподілятимуться при мікоризній трансформації фосфору та вуглецю, дозволить акумулювати вуглець у ґрунті і таким чином позитивно впливати на клімат регіону, а відтак і країни в цілому[30].

Біочар - це активоване деревне вугілля, органічне структурне добриво для ґрунту. Цей органічний матеріал є хімічно нейтральним і може поглинати та адсорбувати воду та поживні речовини, поглинати та нейтралізувати шкідливі хімічні речовини, знижувати кислотність ґрунту та збільшувати накопичення вуглецю. Володимир Бунецький, керівник проекту «Біологічне вугілля», розповів Інфоіндустрії, що біологічне вугілля природним чином накопичує шкідливі неорганічні речовини, є більш ефективним, ніж хімічні неорганічні адсорбенти, і може збільшити мікрофауну при внесенні в ґрунт. Експерименти показали, що біологічне вугілля дуже ефективно підвищує врожайність у поєднанні з неорганічними добривами. Біочар каталізує ґрунтові процеси та покращує структуру і проникність поверхневого шару ґрунту. Він може зменшити загальне внесення добрив на 30-50%, оскільки він перетворює поживні речовини в доступну для рослин форму, яку можна зберігати і давати рослинам тоді, коли вони цього найбільше потребують(дод 1).

Бесткур – Біологічний фунгіцид контактної дії на основі речовини природного походження, які проявляють фунгіцидну та бактерицидну дію та стимулюють активацію захисних механізмів рослин. Застосовуються з профілактичною та лікувальною метою шляхом позакореневого обприскування вегетуючих рослин.

Бітоксубацилін - Проти листогризухих комах. Рідина, що містить бактерії **Bacillus thuringiensis var. thuringiensis**, а також білкові кристали (дельта-ендотоксин і бета-екзотоксин), що продукуються бактеріями в процесі виробничого культивування. Для захисту рослин від лускокрилих, сисних та твердокрилих шкідників, гусениць 1-2 віку, гусениць капустяної та ріпакової совки, капустяної молі, плодожерки, павутинного кліща, рослиноїдних кліщів та попелиць. Бітоксубацилін М, що входить до складу *Bacillus thuringiensis var. thuringiensis* викликає пригнічення секреції травних ферментів і пошкодження

кишечника у шкідників, пригнічуючи харчування, порушуючи метаморфоз, знижуючи фертильність самок і життєздатність наступних поколінь Бітоксисацілін М ефективний проти широкого спектру шкідників. Повторне застосування не призводить до виникнення резистентності. Можна застосовувати при низьких температурах

РЕКОМЕНДАЦІЇ

Рекомендації щодо реконструкції, відновлення та створення лісосмуг :

- Попередній моніторинг ґрунтів (хімічний та мікологічний їх аналіз)
- Урахування ґрунтових умов. Використання видів, які зможуть успішно рости в заданих ґрунтових умовах та мають стійкість до умов зміни клімату .
- Створення біотехнологій для конкретно заданих умов лісосмуг. Використання видів рослин, що поєднують декоративність і екологічність, такими як, очищення повітря та ґрунту, резистентність до вмісту важких металів та інших ксенобіотиків.

Інтеграція цих підходів дозволить ефективно створювати та відновлювати лісосмуги для зміцнювати їх стійкість в умовах глобальних кліматичних змін.

ВИСНОВКИ

1. З'ясовано, що мікобіом ґрунтів лісозахисної смуги залежить від особливостей антропогенної трансформації ґрунту та можливості грибів ґрунтів до колонізації різного роду субстратів.

2. Характер формування фітоценозів на ґрунтах лісозахисної смуги поблизу залізничної колії також залежить від мікроміцетів-ендофітів, які розповсюджуються через насіння рослин.

3. Встановлено 4 види мікроміцетів-біоіндикаторів: *Penicillium roseopurpureum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternate*, характерних для ґрунтів лісозахисної смуги поблизу залізничної колії.

4. Запропоновано модель відновлення фітоценозів на ґрунтах лісозахисної смуги поблизу залізничних колій.

5. З'ясовано, що всі види рубок у лісозахисних смугах поблизу залізничної колії впливають на збільшення видового різноманіття мікроміцетів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.Чепурда А.М.-Історія створення систем полезахисних лісосмуг в Україні за планом Т.Д.Лисенка URL :<https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/3249>
- 2.. Вакулюк П.Г. Нариси з історії лісів України / П.Г. Вакулюк. – Ф. :Поліфраст, 2000. – 624 с.
- 3.Довідки про передачу лісів колгоспам // Центральний державний архів громадських об'єднань України. – Ф. 1, оп. 80, спр. 944. – Арк. 41.
4. Вакулюк П.Г. Лісовідновлення та лісорозведення в Україні / П.Г. Вакулюк, В.Л. Самоплавський. – Х. : Прапор, 2006. – 384 с
5. М. В. РОЇК, Я. Д. ФУЧИЛО, О. М. ГАНЖЕНКО, "Полезахисні лісові насадження та біоенергетика" URL: <https://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/22322-polezakhysni-lisovi-nasadzhenia-ta-bioenerhetyka.html>
6. Правила утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/650-2020-п#Text> (дата затвердження від 22 липня 2020 р.)
7. І.А. Маркіна, М.І. Сьомич, М.О. Стеценко,"СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ В АГРАРНІЙ СФЕРІ" Випуск III (67), 2017, с.53-59
8. О.І. Пилипинко, В.Ю. Юхновський, С.М. Дударець, В.М. Малюга підр. "Лісові меліорації" ;за ред. В.Ю. Юхновського.-К. : Аграрна освіта, 2010.-282 с.
9. Biomass Buffer Strips – using biomass crops in multipurpose land management URL: <https://www.biomassconnect.org/technical-articles/biomass-buffer-strips-using-biomass-crops-in-multipurpose-land-management/#>
10. Лобченко Г., Малюга В. Правила утримання та збереження полезахисних лісових смуг: аналітичний огляд. UDR: <https://nubip.edu.ua/node/79584>. Чоловський Ю.М. Агролісомеліоративні заходи як складник раціонального землекористування. Науковий вісник НЛТУ України. 2010. Вип. 20.5. С. 58–62.

11. Мудрак О.В., Магдійчук А.П. Екологічні особливості флористичної структури девастрованих земель Правобережного Лісостепу України. Агроекологічний журнал. 2022. № 1. С. 32–37.25.
12. Гудзь С.П., Гнатуш С.О., Яворська Г.В., Білінська І.С., Борсукевич Б.М. Практикум з мікробіології. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2014. 436 с.
13. Балюк С.А., Медведєв В.В., Воротинцева Л.І., Шимель В.В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. Вісник аграрної науки. 2017. № 8. С. 5–11.19.
14. Гамкало З.Г. Екологічна якість ґрунту: концепція, терміни, оцінка. Журнал агробіології та екології. 2007. Т. 3, № 1–2. С. 21–31.
15. Ґрунтова мікробіологія / С.І. Христенко / Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.]; НАН України, НТШ. К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2007. URL: <https://esu.com.ua/article-25841>
16. Дем'янюк О.С., Бойко А.Л. Земля потребує стратегічного аналізу. Вісник аграрної науки. 2019. № 2. С. 82–85.
17. Дем'янюк О.С., Симочко Л.Ю., Тертична О.В. Сучасні методичні підходи до оцінювання екологічного стану ґрунту за активністю мікробіоценозу. Питання біоіндикації та екології. 2017. Вип. 22, № 1. С. 55–68.
18. Дідух Я.П. Основи біоіндикації. К.: Наукова думка, 2012. 344 с.
18. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Л.М. Токмакова та ін.; за наук. ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с.
20. Oliferchuk V., Kendzora N., Shukel I., Samarska M., Olejniuk-Puchniak O. The role of V-strategist endophytes in stimulating the formation of mycorrhizal interactions and soil regeneration, BOOK TITLE: Symbiosis in Nature: 269–2023. <https://doi.org/10.5772/intechopen.109912>

21. Oliferchuk V., Fedorovych D., Samarska M., Bunetsky V., Samborskyu M., Kachor A., Kurylenko O., Olejnyuk-Pukhnyak O., Kendzora N., Hotsii N. Changes in the structure of myco- and microbiocenosis of soil when using immobilized on biochar strains of fungi and bacteria as an example of ecosystem maintenance services. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. Vol. 6. P. 442–452. <https://doi.org/10.12912/27197050/152522>

22. Оліферчук В.П., Федорович Д.В., Самборський М.В., Самарська М.І. Вплив на метагеном ґрунту нового для науки виду ендоефіта *Vitasergia svidsoma* Oliferchuk VS 1223 (IMB F-100106), виділеного з чорного трюфеля. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер.: Агронія, Біологія*. 2023. № 1. С. 79–88. <https://doi.org/10.32782 /agrobio.2023.1.10>

23. Оліферчук В.П., Федорович Д.В. Вплив мікоризного гриба *Tuber melanosporum* на біорізноманіття мікроміцетів ризосфери та ріст і продуктивність фундука. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. Т. 31, № 2. С. 28–34. DOI: <https://doi.org/10.36930/40310204>

24. Гурла У.Р., Шукель І.В., Оліферчук В.П. Меліоративні функції протомеліорантів у меліорації антропогенних ґрунтів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. Вип. 22.09. С. 40–47

25. Оліферчук В.П., Кендзьора Н.З., Самарська М.І. Фіторизоремедіація девастрованих земель (на прикладі території біля залізничних шляхів на ділянці колії Львів-Самбір). *Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на рекультивованих землях: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції* (Дніпро, 23–24 червня 2022 р.). Дніпро, 2022. С. 171–174.

26. Оліферчук В.П., Лук'янчук Н.Г. Застосування методів регенеративного землекористування у процесі відновлення полезахисних насаджень. *Сталий розвиток – стан та перспективи: матеріали I Міжнародного наукового симпозиуму SDEV'2020* (Львів-Славське, 12–15 лютого 2020 р.). Львів, 2020. С. 187–190.

27. Оліферчук В.П. Мікоризація – основа продуктивного регенеративного землеробства. *Пермакультура та екологічно-безпечне землеробство: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції* (Ужгород, 24–25 лютого 2018 р.). Ужгород, 2018. С. 104–107.

28. Оліферчук В.П., Тарас У.М., Параняк Р.П. Пат. 92182 Україна (19) UA (11) 92182 (і3)и U (51) МПКСО5F (2014.01) СО5Г 11/08 (2006.01).С12N 1/14 (2006.01)АО1N63/00 А01В 79/02 2006.01). Спосіб покращення приживлюваності рослин при залісненні девастрованих земель. Заявник і патентовласник Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнології імені С.З. Гжицького. № 2014 00012, заявл. 08.01.14, опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.

29. Оліферчук В.П., Тарас У.М., Параняк Р.П., Назаровець У.Р., Матюхіна Т.З. Пат. 88686 Україна (19) UA (11) 88686 (13) U (51) МПКСО5F 11/08 (2006.01). А01В 79/02 2006.01). Спосіб біологічної рекультивації девастрованих земель. Заявник і патентовласник Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнології імені С.З. Гжицького. № 2013 12807, заявл. 04.11.2013, опубл. 25.03.2014, Бюл. № 6.

30. Оліферчук В.П., Оліферчук С.П. Патент 111174 (19) UA (51) МПК А01 N 63/04(2006. 01) С12N 1/14 (2006.01). Комплексний біологічно активний препарат для регуляції розвитку та росту рослин на основі спорової суспензії грибів-мікоризоутворювачів «Міковітал», заявл. 26.02.2016, опубл. 10.11.2016, Бюл. № 21.

31. Оліферчук В.П., Паславський М.М., Руда М.В. Патент 111249 Україна (19)UA (11) 111249 (13) С2 (51) МПК (2016.01) С05F11/08 (2006.01)С05F 15/00. Спосіб фіторизоремедіації девастрованих ґрунтів. Патент на винахід заявник і патентовласник Національний лісотехнічний університет України. № а 2014 06794, заявл. 16.06.2014, опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7.

32. ДСТУ ISO 10381-6-2015 (ISO 10381-6:2009, IDT). Якість ґрунту. Відбір проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання, оброблення та зберігання ґрунту в

аеробних умовах для лабораторного оцінювання мікробіологічних процесів, біомаси та різноманіття. (Національний стандарт України).

33. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначання рН. Київ: Держспоживстандарт України, 2012. 8 с. (Національний стандарт України).

34. ДСТУ ISO 11269-1:2004. Якість ґрунту. Визначення дії забрудників на флору ґрунту. Частина 1. Метод визначання інгібіторної дії на ріст коренів (ISO 11269-1:1993, IDT).

ДОДАТКИ



Рис. 1.1 Лісосмуга щільної посадки



Рис.1.2 Лісосмуга ажурної посадки



Рис.1.3 Ажурно-продувні конструкції

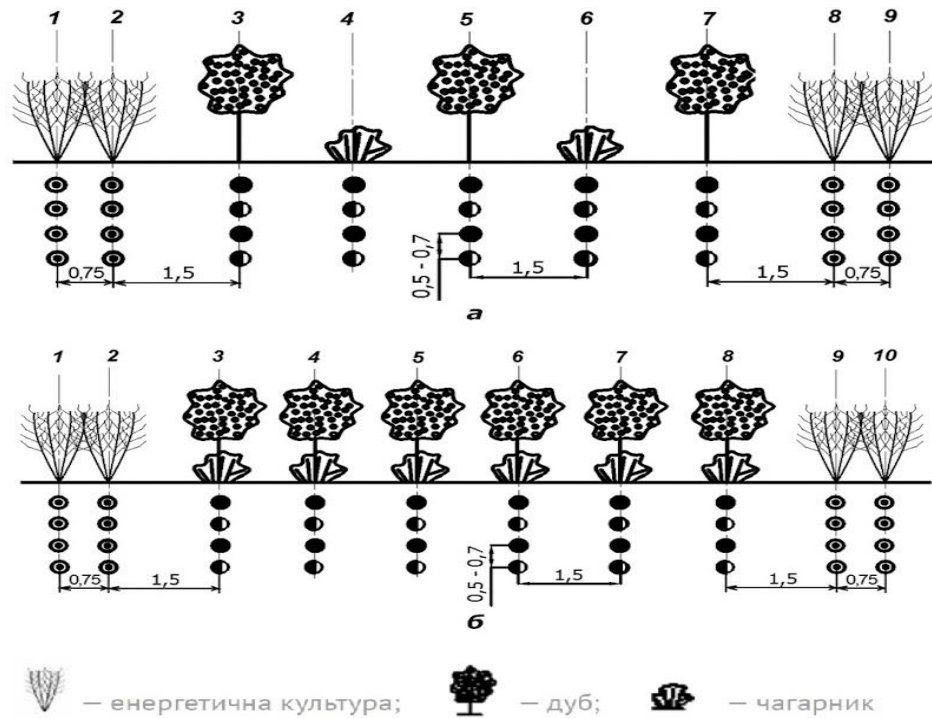


Рис.1.4. Варіанти розміщення дуба, чагарників та енергетичних культур у полезахисних лісосмугах у степовій зоні: а — чистими рядами; б — зі змішанням у ряда

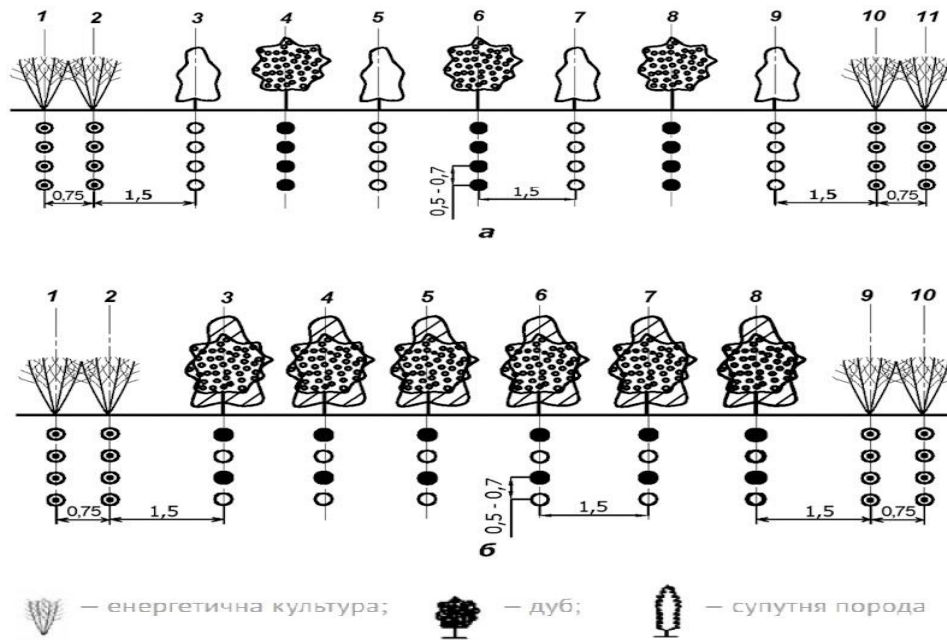


Рис. 1.5 Варіанти розміщення дуба, супутніх і енергетичних порід у полезахисних лісосмугах Полісся і Лісостепу: а — чистими рядами; б — зі змішанням в рядах

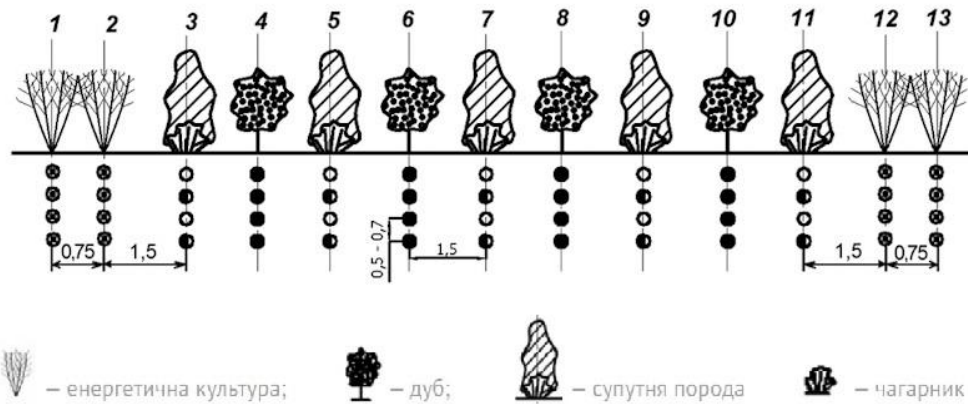

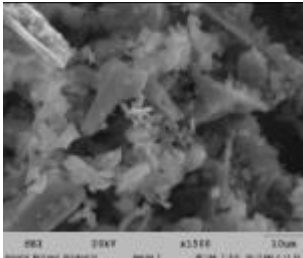


Рис. 1.6 Схема розміщення енергетичних культур, дуба, супутніх і чагарникових порід у трансформованій 12-рядній полезахисній лісосмузі (для всіх зон України)

Параметри дрібнодисперсного вуглецевого сорбента «БМ-сорбент Green»

Найменування та характеристики	Значення характеристики
1	2
Вихідний фракційний склад	Дрібнодисперсний порошок
Фракційний склад для проби, мкм	менше 3
Спосіб охолодження	Мокрий
Фотографія зразка	
Мікрофотографія зразка	
Вологість зразка, %	4,01
Насипна щільність зразка, г/см ³	0,48
Зольність зразка, % (Стандарт ASTM D2866 - 11(2018))	1,28
Статистична активність зразка по йоду, мг/г	505
Адсорбційна активність зразка по метиленовому голубому, г/г	153
Площа поверхні адсорбції, розрахована по метиленовому голубому, м ² /г	193,6
Адсорбційна активність по бензолу, см ³ /г	0,145
Площа питомої поверхні, м ² /г	607
Сумарний об'єм пор, см ³ /г	0,224
Об'єм мікропор, см ³ /г	0,171
Об'єм мезопор, см ³ /г	0,0528
Площа поверхні мезопор, см ² /г	121
Загальна площа поверхні з врахуванням мікропор, м ² /г	864
Питома площа поверхні без об'єму мікропор, м ² /г	468,3
Загальний об'єм пор, см ³ /г	0,242

1	2
Середній радіус пор, ангстрем ($\text{\AA} - 10^{-10} \text{ м}$)	1,24
Вміст вуглецю, %	90
РН рідини	7,4
Інструмент Quantachrome Instruments version 3.0. Дані про площу поверхні, отримані різними методами по стандарту ISO 15901-3:2007(en)	
Дані про площу поверхні:	
Багатоточковий метод БЕТ від англійської Brunauer-Emmett-Teller (BET method) — метод математичного опису фізичної адсорбції, побудований на теорії полімолекулярної (багатошарової) адсорбції для знаходження площі поверхні пористого твердого тіла.	468,36
ВЈН метод (Barrett, Joyner and Halenda). Метод кумулятивної адсорбції площі поверхні для визначення розміру і об'єму пор (ВЈН method Pore Size and Volume Analysis method cumulative adsorption surface area), $\text{м}^2/\text{г}$	21,24
ВЈН Метод кумулятивної десорбції площі поверхні для визначення розміру та об'єму пор (ВЈН method cumulative desorption surface area), $\text{м}^2/\text{г}$	14,844
ДН (Dollimore and Heal) Метод кумулятивної адсорбції площі поверхні (ДН method cumulative adsorption surface area), $\text{м}^2/\text{г}$	21,732
ДН Метод кумулятивної десорбції площі поверхні, $\text{м}^2/\text{г}$	15,216
t-method визначення зовнішньої площі поверхні и об'єму пор адсорбента (t-method determine external surface area and pore volume of an adsorbent), $\text{м}^2/\text{г}$	44,96
t-method визначення площі поверхні мікропор (t-method micropore surface area), $\text{м}^2/\text{г}$	423,36
DR (Dubinin-Radushkevich) метод визначення площі мікропор (DR method micropore area), $\text{м}^2/\text{г}$	527,04

Метод функціональної теорії щільності для визначення загальної площі поверхні (Density Functional Theory (DFT) method cumulative surface area), м ² /г	870
Дані про об'єм пор:	
Сумарний об'єм пор для пор с радіусом, менше, ніж 1495.91 Å (10–10 м) при тиску P/P ₀ = 0.993542 2.017*e-01 (Total pore volume for pores with Radius less than 1495.91 Å at P/P ₀ = 0.993542 2.017e-01), см ³ /г	0,24204
Barrett, Joyner and Halenda (BJH) метод визначення сумарного кумулятивного абсорбційного об'єму пор (BJH method cumulative adsorption pore volume), см ³ /г	0,059796
BJH метод визначення сумарного кумулятивного десорбційного об'єму пор (BJH method cumulative desorption pore volume), см ³ /г	0,044256
Dollimore and Heal (DH) метод визначення сумарного кумулятивного абсорбційного об'єму пор (DH method cumulative adsorption pore volume), см ³ /г	0,05796
DH метод визначення сумарного кумулятивного десорбційного об'єму пор (DH method cumulative desorption pore volume), см ³ /г	0,042948
t-метод визначення об'єму мікропор (t-method micropore volume), см ³ /г	0,168
Dubinin-Radushkevich (DR) метод визначення об'єму мікропор (DR method micropore volume), см ³ /г	0,1878

Horvath-Kawazoe (HK) метод визначення об'єму мікропор (HK method micropore volume), см ³ /г	0,1836
Saito-Foley (SF) метод визначення об'єму мікропор (SF method micropore volume), см ³ /г	0,168
Метод функціональної теорії щільності для визначення кумулятивного об'єму пор (Density Functional Theory method cumulative pore volume), см ³ /г	0,215888
Дані про розмір пор:	
Середній радіус пор (Average pore Radius), Å (10–10 м)	12,408
ВН метод визначення радіуса адсорбційних пор (метод залежності dV (r)) (ВН method adsorption pore Radius), Å (10–10 м)	18,672
ВН метод визначення радіуса десорбційних пор (метод залежності dV (r)) (ВН method desorption pore Radius), Å (10–10 м)	20,064

<i>1</i>	<i>2</i>
ДН метод визначення радіуса адсорбційних пор (метод залежності $dV(r)$) (DH method adsorption pore Radius), Å (10^{-10} м)	18,672
ДН метод визначення радіуса десорбційних пор (метод залежності $dV(r)$) (DH method desorption pore Radius), Å (10^{-10} м)	20,064
DR метод визначення ширини мікропор для напівпори (DR method micropore Half pore width), Å (10^{-10} м)	6,9768
Dubinin-Radushkevich-Astakhov (DA) метод визначення радіуса пор (вид) (DA method pore Radius), Å (10^{-10} м)	8,64
НК метод визначення радіуса пор (вид) (НК method pore Radius), Å (10^{-10} м)	2,2056
SF метод визначення радіуса пор (вид) (SF method pore Radius), Å (10^{-10} м)	2,7132
Метод функціональної теорії щільності для визначення радіуса пор (вид) (DFT pore Radius), Å (10^{-10} м)	14,112