

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

в.о.зав. кафедри екології

к.с.-г.н, доц. \_\_\_\_\_ В.В. Кацевич

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр»

на тему: « Біомоніторинг ґрунтів садових агроecosystem селянського  
фермерського господарства «Відродження» Дніпровського району  
Дніпропетровської області»

Виконала: здобувачка вищої освіти 2 курсу,  
групи МГЕ-1-22 спеціальності 101 «Екологія»

\_\_\_\_\_ Карпенко В.А.

Керівник \_\_\_\_\_ доц., к.с.-г.н Зленко І.Б

Рецензент \_\_\_\_\_ ст.н.с.,к.с.-г.н. Десятник Л. М.

Дніпро-2023

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о.зав. кафедри екології

к.с.-г.н., доц. \_\_\_\_\_ В.В. Кацевич

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

на дипломну роботу для здобуття освітнього ступеня «Магістр»

здобувачу вищої освіти

Карпенко Валерії Анатоліївни

1. Тема проекту (роботи) Біомоніторинг ґрунтів садових агроecosystem селянського фермерського господарства «Відродження» Дніпровського району Дніпропетровської області

керівник роботи: к.с.-г.н, доц.. Зленко Ірина Борисівна  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по ДДАЕУ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ р. № \_\_\_\_.

2. Термін здачі здобувачем вищої освіти закінченого проекту (роботи): « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): Відібрані зразки ґрунту в садових агроecosystemах сільського фермерського господарства «Відродження».

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Деструкція рослинних залишків та роль целюлозоруйнівних організмів в процесі гумусоутворення. Фізико-географічна і кліматична характеристика об'єкта досліджень. Результати досліджень та їх обговорення. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу ( з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Рисунків – 14, Таблиць – 8, Використаної літератури – 53, Розділів – 4, Сторінок – 82.

Дата видачі завдання: « 10 » жовтня 2023 р.

Керівник проекту (роботи): \_\_\_\_\_ / Зленко І.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняла до виконання: \_\_\_\_\_ / Карпенко В.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою дослідження	02.09.2023-17.09.2023	виконано
2	Фізико-географічна і кліматична характеристика об'єкта досліджень	18.09.2023-01.10.2023	виконано
3	Методи досліджень	02.10.2023-15.10.2023	виконано
4	Результати досліджень та їх аналіз	16.10.2023-29.10.2023	виконано
5	Потенційні економічні переваги проведення біологічного моніторингу агроєкосистем	30.10.2023-12.11.2023	виконано
6	Охорона праці	12.11.2023-26.11.2023	виконано
7	Оформлення дипломної роботи	27.11.2023-08.12.2023	виконано

Студент-дипломник \_\_\_\_\_ / (Карпенко В.А.) /  
(підпис)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ / (Зленко І.Б.) /  
(підпис)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ДЕСТРУКЦІЯ РОСЛИННИХ ЗАЛИШКІВ ТА РОЛЬ ЦЕЛЮЛОЗОРУЙНІВНИХ ОРГАНІЗМІВ В ПРОЦЕСІ ГУМУСОУТВОРЕННЯ.....	8
(Огляд літератури)	
1.1 Мікробні спільноти в ґрунті.....	8
1.2 Целюлозолітична активність у ґрунті.....	11
1.3 Розкладання целюлози.....	12
1.4 Активність деструкції целюлозовмісних матеріалів у ґрунтах....	14
1.5 Дослідження мікробної участі в відтворенні родючості ґрунту...	18
1.6. Цикл вуглецевих сполук у ґрунті.....	20
1.7 Мікробіологічні процеси гумусоутворення.....	23
1.8 Особливості інтенсивного садівництва.....	26
1.9 Технології догляду за ґрунтом у садах.....	27
2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	30
2.1 Об'єкт та місце проведення досліджень.....	30
2.2 Ґрунтові умови.....	32
2.3 Кліматичні умови.....	36
2.4 Технологія вирощування кісточкових плодів.....	39
2.5 Методи досліджень.....	40
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	42
3.1 Розподіл чисельності целюлозуруйнівних мікроорганізмів.....	42
3.2 Видовий склад целюлозуруйнівних мікроорганізмів.....	44
3.3 Потенційні економічні переваги проведення біологічного моніторингу агроєкосистем.....	65
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	68
4.1 Заходи з охорони праці в СФГ «Відродження».....	68
4.2 Аналіз виробничого травматизму.....	69
4.3 Охорона праці під час відбору проб ґрунту.....	70
4.4 Заходи безпеки при роботі в лабораторії.....	71
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	78

## РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи «Біомоніторинг ґрунтів садових агроecosистем селянського фермерського господарства «Відродження» Дніпровського району Дніпропетровської області». Дипломна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків та переліку посилань. Повний обсяг роботи – 82 сторінок друкованого тексту, включаючи 14 рисунків та 8 таблиць. Перелік посилань містить 53 найменування.

Мета досліджень : дослідити розкладання рослинних залишків під впливом однакових умов температури та вологості. На розкладання рослинних решток впливає багато факторів, які задіяні в кругообігу вуглецевих сполук в ґрунті. Швидкість розкладання та біорізноманіття целюлозоруйнівних мікроорганізмів слугує біоіндикатором сталості екосистеми ґрунту.

Об'єкт дослідження - ґрунти садових агроecosистем СФГ «Відродження».

Предмет дослідження - вивчення особливостей процесу розкладання у ґрунті за участі целюлозоруйнівних мікроміцетів та грибів.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

- Дослідити розподіл чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів;
- Дослідити видовий склад целюлозоруйнівних мікроорганізмів;
- Визначити потенційні економічні переваги проведення біологічного моніторингу агроecosистем;

Методи дослідження: мікробіологічний аналіз ґрунту, визначення вологості.

Ключові слова: БІОДІАГНОСТИКА, АНАЛІЗ ҐРУНТУ, ЦЕЛЮЛОЗОРУЙНІВНІ МІКРООРГАНІЗМИ, МІКРОБІОМ.

## ВСТУП

Тема розкладання рослинних залишків та вплив целюлозоруйнівних бактерій та грибів у ґрунті на цикл елементів є справжньою ключовою сферою дослідження в сучасній екології. Рослинні залишки в ґрунті є важливим джерелом органічної речовини, а їх деструкція має велике значення для кругообігу вуглецю та інших елементів.

Зазначена тема також актуальна через важливість вивчення целюлозоруйнівних бактерій і грибів як біоіндикаторів стану ґрунту в сталій екосистемі. Зміни в їхній кількості та видовому складі можуть вказувати на зміни у середовищі, включаючи забруднення, пригнічення ґрунтів засобами обробітку, надмірне внесення добрив, внесення засобів захисту від шкочодочинних організмів або зміни у використанні земель.

Для досліджень ґрунту і ґрунтових організмів були обрані багаторічні насадження, через те, що багаторічні рослини мають довготривалі системи коренів, які можуть пристосовуватися до різних умов ґрунту і змін погоди. Це дозволяє вивчати вплив різних факторів на ґрунтову екосистему протягом тривалого часу. У багаторічних насадженнях може бути більше різноманіття ґрунтових організмів, оскільки ці рослини можуть створювати різноманітні умови для розвитку різних видів бактерій, грибів та інших організмів. Довготривала наявність багаторічних рослин допомагає вивченню циклу вуглецевих сполук оскільки ці цикли можуть вимагати тривалого часу для повного розвитку.

Дослідження багаторічних рослин дозволяє вивчати довготривалі ефекти змін у ґрунтовій системі та екосистемі, що може бути важливим для розуміння стійкості та реакції на зовнішні впливи. Також важливим

фактором вибору багаторічних насаджень є те що на багаторічні насадження є монокультурними і впродовж довгого періоду часу впливають одні і ті ж діючі речовини. Ґрунти в такому випадку знаходяться під інтенсивним однотипним агровантаженням.

Загалом, вибір багаторічних насаджень дозволяє отримати більш повну інформацію про взаємодію ґрунту, рослинних насаджень, ґрунтових організмів і про швидкість розкладання целюлози.

Розклад целюлози - це найбільший природний процес розкладу, основну роль в якому виконують мікроорганізми у ґрунті.

Розкладання целюлози в ґрунті є індикатором стану ґрунту і ґрунтових організмів, оскільки у випадку пригнічення ґрунтів порушується колообіг органічних речовин, а це може вказувати на негативні зміни у середовищі. Коли ґрунтові організми не можуть ефективно розкласти целюлозу, це може бути ознакою порушення екосистеми та зниження активності мікроорганізмів. Такі зміни можуть впливати на різноманітні аспекти екологічної рівноваги та якості ґрунту.

Целюлозоруйнівні бактерії та гриби відіграють визначальну роль у цьому процесі, розкладаючи складні полімери целюлози на простіше сполуки, що можуть бути використані іншими організмами чи входити в ґрунтову структуру.

Дослідження целюлозоруйнівних організмів в процесі деструкції целюлози було обрано саме через високу чутливість цієї групи мікроорганізмів до вологи, температури, рН середовища. Активність цих мікроорганізмів регулює родючість ґрунту та впливає на його стійкість до зовнішніх факторів.

Проведення дослідження швидкості розкладання целюлози має стратегічне значення для розуміння біологічних процесів у ґрунті, сприяючи збереженню екосистем та створенню ефективних стратегій управління земельними ресурсами.

# 1 ДЕСТРУКЦІЯ РОСЛИННИХ ЗАЛИШКІВ ТА РОЛЬ ЦЕЛЮЛОЗОРУЙНІВНИХ ОРГАНІЗМІВ В ПРОЦЕСІ ГУМУСОУТВОРЕННЯ

## 1.1 Мікробні спільноти в ґрунті

Ґрунт є ключовим елементом в сільському господарстві та основою агроєкосистеми. Більше половини земель території України використовуються під сільське господарство згідно зі структурою земельного фонду. Проте, стан їхньої якості викликає певне хвилювання у дослідників.

Родюча здатність ґрунту формується в результаті складних систем екологічних факторів, і в цьому процесі ключову роль відіграє біохімічна активність мікроорганізмів. Вона забезпечує колообіг та трансформацію речовини та енергії у ґрунтовому покриві. Ґрунтова мікробіота бере участь у формуванні всіх важливих характеристик і властивостей ґрунту, таких як спрямованість, інтенсивність і тип процесів ґрунтового утворення, вона надає системі ґрунту утримувати стабільний кислотно-лужний баланс, забезпечує його функціонування як біохімічного фільтра. Мікроорганізми в ґрунті сприяють балансу між процесами створення та розкладання органічної речовини. Вони допомагають забезпечити взаємовідношення між різними хімічними процесами так, щоб система була стійкою і здатною ефективно використовувати органічні ресурси. Також мікробіота виділяє речовини, які стимулюють ріст рослин, і забезпечує, щоб поживні речовини були доступними для рослин, їхнього росту та розвитку.



Вчені з ключової лабораторії біоресурсів та екосередовища Сичуаньського університету Жуйсюань Лю та Юань Яо вивчали ґрунтові організми і користь від поглиначів вуглецю та азоту під довгостроковим лісонасадженням на Тибетському плато і визначили, що довгострокове заліснення сприяє поглинанню С і N у ґрунті завдяки різноманітності ризосферних мікробних спільнот ґрунту в альпійських екосистемах на Тибетському плато. На відміну від різноманітності структури спільноти, зміни мікробного багатства та рівномірності ґрунту залежать від змін навколишнього середовища, спричинених лісонасадженнями. Заліснення може змінити насиченість ґрунту бактеріями та рівномірність, але не грибкову насиченість та рівномірність.

Верхній шар поверхні ґрунту, де знаходиться коріння рослин і мікроорганізми в будь-якій сільськогосподарській системі піддаються антропогенному впливу, який може змінюватися в часі, ступені і масштабі. Цей вплив може бути результатом різних сільськогосподарських практик, використання ресурсів, введення різноманітних речовин та інших дій людей, що впливають на стан та функціонування ґрунту [1].

Будь-яке втручання в ґрунт, таке як використання хімічних добрив, вирубування лісу або інші антропогенні впливи, може призвести до порушення звичайного ходу ґрунтових процесів. Це, в свою чергу, впливає на цикл речовин у біосфері, оскільки ґрунт важливий для регулювання цього циклу. Такі втручання можуть мати негативний вплив на екосистему та біологічну різноманітність.

Значні зміни в навколишньому середовищі, такі як вплив антропогенних факторів чи зміни у кліматі, призводять до серйозних порушень у функціонуванні мікробного ценозу ґрунту. Мікроорганізми виявляються дуже чутливими до таких змін та реагують на них, що може впливати на їхню активність та взаємодію у ґрунті.

Склад і кількість мікроорганізмів у ґрунті може служити індикатором ступеня впливу людської діяльності на навколишнє середовище. Іншими

словами, зміни у мікробіоті ґрунту можуть бути використані для визначення екологічного стану ґрунту і рівня впливу людської діяльності на нього [2].

Різні аспекти сільськогосподарської діяльності, такі як використання добрив, обробіток ґрунту, вирощування культур, застосування регуляторів росту та пестицидів, впливають на розвиток конкретних мікроорганізмів та їх груп у ґрунті. Ці фактори також визначають характер процесів утворення ґрунту [3].

Протягом багатьох років аграрії досягали високих урожаїв завдяки використанню мінеральних добрив у сільському господарстві. Використання мінеральних добрив, у свою чергу, призводить до змін у роботі мікробного середовища ґрунту. Відомо, що використання мінеральних добрив призводить до поліпшення структури ґрунту, сприяє зменшенню втрат води та зменшенню ерозії [4].

Тривале використання великих кількостей мінеральних добрив гальмує розвиток особливо целюлозоруйнівних мікроорганізмів у ґрунті. При цьому приділяється увага посиленню процесів мінералізації та денітрифікації, що може призвести до втрат органічної речовини ґрунту та зменшення його стабільності [5].

Вивчення специфіки впливу антропогенних факторів на біоценотичну діяльність ґрунтових мікробних угруповань і вивчення спрямованості мікробіологічних процесів у ній є необхідним для розробки наукових основ раціонального використання земельних ресурсів, удосконалення систем землеробства та охорона навколишнього середовища.

Дослідження впливу людської діяльності на мікробні угруповання в ґрунті та аналіз спрямованості мікробіологічних процесів є необхідним для розробки наукових засад раціонального використання земель, удосконалення систем землеробства та охорони навколишнього середовища.

## 1.2 Целюлозолітична активність у ґрунті

Серед всіх вуглецевих речовин, які створюються рослинами, целюлоза вважається найважливішою і найпоширенішою органічною сполукою в природі. Розкладання целюлози, яка становить до 60% маси рослин, визначається діяльністю ґрунтових мікроорганізмів. Цей процес є важливим для енергетичних потоків у ґрунті та циклів речовин, таких як вуглець, азот, фосфор і сірка. Розкладання целюлози сприяє вивільненню енергії та одночасно супроводжується збереженням поживних елементів (азоту, фосфору, сірки) у ґрунті.

Целюлоза є нерозчинним полісахаридом, який природно утворює зв'язки з іншими речовинами, такими як геміцелюлоза, лігнін, танін та інші сполуки. Молекули целюлози утворюють мікрофібри, на поверхні яких відбувається адсорбція інших сполук. Ці мікрофібри об'єднуються в пучки, які покриваються оболонкою з воску та пектину.

У природі велика кількість мікроорганізмів розкладає целюлозу. Ці мікроорганізми мають широкий спектр ферментів та ферментних систем, які активно розкладають цю стійку речовину. Цей процес важливий для мікроорганізмів, оскільки він сприяє розкладанню целюлози на глюкозу, яка подальше використовується як джерело енергії.

Ферменти, які розкладають целюлозу, відносяться до класу гідролаз, і вони сприяють гідролізу  $\beta(1,4)$ -глікозидних зв'язків целюлози, при цьому утворюється глюкоза та дисахарид целобіоз [6].

Більшість целюлаз є білками з кількома областями, які виконують різні функції. У них є, як мінімум, три відмінних за структурою елементи: каталітичний домен, целюлозозв'язуючий домен і лінкер, який їх об'єднує [7].

### 1.3 Розкладання целюлози

Вивчення розкладання целюлозних матеріалів мікробами в ґрунті в контексті ґрунтового середовища стало цікавим для сільського господарства і промисловості. Дослідження целюлозолітичної активності різних мінеральних ґрунтів виникло з потреби кращого розуміння можливих варіацій в ґрунті, який використовується у якості компонента для ґрунтоутворення.

У експериментах Е.Л.Шмідта та О. Р. Рашмейера дані показують, що при підкисленні кожного з нейтральних ґрунтів відбувається різке зниження целюлозолітичної активності шляхом підвищення рН показника.

У працях О.Р. Рашмейера про дослідження фізичних, хімічних і мікробіологічних властивостей ґрунту щодо целюлозолітичної активності повідомляється: «Було виявлено, що реакція ґрунту та співвідношення ґрунтового азоту змінювалися найбільш послідовно разом із здатністю ґрунту до розкладання целюлози» [8, с.45].

Цей факт надає додаткові докази важливості розкладання целюлози для навколишнього середовища та мікрофлори ґрунту. Ця думка продемонстрована дослідженнями, у яких вимірювалася целюлозолітична реакція на прості зміни ґрунту.

Важливість взаємодії ґрунту та мікрофлори, яка взаємодіє з целюлозою, як продемонстровано наведеними даними, відзначається у більшості досліджень на цю тему. Навіть якщо деякі ранні дослідження, які цитує Зельман Абрахам Ваксман (1932), вказували на те, що зміна рН впливає лише на склад целюлозолітичної флори, а не на її загальну активність, власні дослідження не підтверджують цю точку зору

Гарсія-Паласіос виявив, що «Швидкість розкладання підстилки в глобальних екосистемах була знижена на 35%, коли ґрунтова фауна була

відсутня. Такі лобальні дослідження розширюють розуміння впливу ґрунтової біоти на розкладання рослинних залишків.»[9, с.1053].

Ці дослідження підкреслюють важливість ґрунтової біоти, зокрема ґрунтових мікроорганізмів, які беруть участь у процесі розкладання рослинних залишків, що включають целюлозу. За відсутності ґрунтових мікроорганізмів спостерігається значний спад у швидкості розкладання целюлози. Це свідчить про те, що ґрунтова біота є ключовим фактором, який підтримує ефективний процес розкладання рослинних матеріалів у ґрунті, включаючи целюлозу. Такі дослідження розширюють наше розуміння важливості біологічного компонента в цьому процесі та його глобального впливу на екосистеми.

Целюлозоруйні організми у ґрунті є різноманітними та змінюються відповідно до умов розпаду целюлози. Відсутність засобів для моніторингу екологічних змін у мікрофлорі призводить до того, що важко визначити вплив змін у ґрунтовому середовищі на цих організмів. Важливість рН може не завжди бути відображена в умовах ґрунтового погребування, де застосовуються різні стандарти ефективності целюлозолізу, та де деградація оброблених ділянок викликає особливі проблеми [10].

Дослідження доктора сільськогосподарських наук В. Г. Дідори на тематику біологічної активності ґрунту залежно від альтернативної системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах показують, що швидкість розкладання целюлози значно залежить від гідротермічних умов, структури ґрунту, хімічного складу органічних речовин та інших факторів. Оптимальні для мінералізації рослинних решток умови включають температуру 30°C і вологість 80-90% від повної вологоємності. При низьких температурних і умовах вологи розкладання субстрату сповільнюється, а зі збільшенням температури та вологості цей процес стимулюється. Проте висока вологість при сприятливій температурі може гальмувати аеробний розвиток цього процесу. При вологості, яка є достатньою, але низькому температурному режиму, розкладання органічних решток також сповільнюється. Значні

коливання температури ґрунту в певній мірі стимулюють процеси мінералізації, оскільки це призводить до різких змін фізико-хімічних властивостей водорозчинних органічних речовин.

В ряді досліджень відзначено, що при температурах нижче 10°C або при низькій вологості практично повністю припиняється активність ґрунтових безхребетних. У таких умовах розкладання клітковини відбувається виключно за участю мікроорганізмів [11].

Наприкінці 2007 року спостерігалось зниження активності мікроорганізмів, які розкладають целюлозу, у порівнянні з роками 2008 і 2009. Це може бути пояснено несприятливими умовами, такими як підвищена температура та низька вологість ґрунту.

#### 1.4 Активність деструкції целюлозовмісних матеріалів у ґрунтах

У сучасних умовах сільськогосподарської діяльності людей неперервно збільшується кількість чинників, які створюють стрес для навколишнього середовища, особливо для ґрунту.

Ґрунт – це живий орґано-мінеральний матеріал із характерною зональністю та індивідуальним складом мікроорганізмів різних рівнів організації, які повністю населяють його. Мікроорганізми ґрунту відіграють важливу роль у створенні родючості, перетворюючи залишки органічних речовин та сприяючи синтезу гумусних сполук у ґрунті [12].

Як відомо, розщеплення целюлози ферментами відбувається за участю комплексу ферментів, які відрізняються у своїй здатності розкласти певні підстрати. Згідно зі статистикою, харчові та паперові відходи становлять 50% усіх твердих побутових відходів.

Заслуговують на увагу дослідження вчених Саловарова В.П. та Козлова Ю.П., які проаналізували процес розкладання целюлози в

різноманітних ґрунтах. Об'єктом їх досліджень були ґрунти трьох типів: перегнійно-торф'яний, дерново-підзолистий суглинний і дерново-підзолистий супіщаний. Встановлено, що максимальний вміст гумусу зафіксований у перегнійно-торф'яному ґрунті, а процес розкладання целюлози найбільш активний у цьому типі ґрунту. Протягом 22 днів ступінь розкладання досяг 64%, а на 29-й день зразок цілком розклався. Таким чином, динаміка розкладання виявилася різною в ґрунтах різного типу. Також виявлено, що глибина ґрунтового горизонту впливає на інтенсивність процесу розкладання целюлози.

Мета проведених досліджень, а саме визначення впливу різних факторів (таких як стимулювання біологічної активності мінеральними речовинами або мікробіологічними добривами) на розкладання целюлози в ґрунті, зокрема, у чорноземі звичайному. Дослідження вказує на те, що введення азоту в ґрунт разом із субстратом, що містить органічний вуглець, і використання мікробіологічних добрив суттєво підвищують активність ґрунтової мікрофлори. Це проявляється у збільшенні інтенсивності дихання (вдесятеро) та різноманітних змінах ферментативної активності, що залежать від вивченого субстрату, і сприяє найшвидшому розкладанню органічних речовин за допомогою мікроорганізмів ґрунту.

Внесення азотнофосфорного добрива разом із азотфіксуючими бактеріями на ефективність розкладання паперу та нафти в ґрунті. Зазначається, що ця комбінація підвищує ефективність розкладання паперу на 22%, нафти на 2%, а спільно паперу і нафти на 14%. У випадку внесення лише мінерального добрива, ефективність біодеградації паперу підвищується на 12%, а для спільної нафти і паперу - на 18%. Зазначається також, що внесення мінерального добрива може знизити ефективність біодеградації нафти до 10%.

Внесення лише мікробіологічного добрива призводить до зниження ступеня розкладу до 9% для паперу та 2% для нафти. Однак, воно підвищує ефективність у випадку спільного внесення паперу і нафти на 10%. Коли

мікробіологічні добрива вносяться разом з азотно-фосфорними, процеси розкладання значно збільшуються. Також виявилось, що застосування мінерального добрива ефективно для прискорення біодеградації целюлози [13].

Дослідження американських та ізраїльських вчених, проведені в режимі реального часу, вивчали, як ферменти грибів і бактерій розкладають волокна целюлози, основи рослинної біомаси. Вчені прийшли до висновку, що гриби можуть впоратися із завданням швидше і ефективніше, ніж їх конкуренти. У ролі об'єктів дослідження вони обрали бактерію *Clostridium thermocellum* і гриб *Trichoderma reesei*. Зазначено, що ці організми використовують абсолютно різні стратегії для розкладання целюлози: бактерії використовують целюлосому — набір з декількох взаємодіючих білків, а гриби — кілька невеликих і незалежних один від одного молекул ферментів-целюлаз.

За даними досліджень вчених, грибні целюлази виявилися приблизно в п'ять разів ефективнішими у розщепленні ланцюжків біополімеру порівняно з їхніми бактеріальними конкурентами. За їхніми словами, такі ферменти в теорії можуть досягти практично 100% розкладання біомаси, якщо вона не містить лігніну. У той час як полімеризація мономерів та створення клітковини з глюкози є характерною для вищих рослин, деградація, тобто розкладання до мономерів, відбувається лише за участю мікроорганізмів [14].

Для ефективності процесу розкладання залишків, що містять целюлозу, важливим є проведення досліджень та створення оптимальних умов у природному середовищі за участю мікроорганізмів, що розкладають целюлозу.

Українські вчені О.Л. Матвеева, І.Л. Трофімов, Є.В. Муравицька провели дослідження процесу розкладання целюлози в різних типах ґрунтів. Для проведення досліджень були використані ґрунти трьох різних типів:



цілинний, луговий і підзолистий (дерновий). Зразки були зібрані в Полтавській області влітку.

Досліджувані проби фільтрувального паперу, вати, паперової серветки та поліетиленового пакету були піддані сушінню в сушильній шафі протягом однієї години при температурі 120 °С. Після цього їх зважували і поміщали в ґрунт для повного контакту з природною мікрофлорою. Термін перебування дисків в ґрунті становив 45 днів при температурі 22 °С і вологості ґрунту, доведеної до рівня 60% від повної вологоємності. Кожні 14-20 днів матеріали виймали з ґрунту, очищали від частинок ґрунту, висушували до постійної маси. Інтенсивність розкладання оцінювалася через різницю маси матеріалів після експозиції порівняно з вихідною масою, а також за спостереженнями за змінами в кольорі та структурі досліджуваних матеріалів.

Матеріали, що були введені в ґрунти, піддавались процесу мікробного розкладу. Після 45 днів інкубації в цілинному ґрунті втрати в масі склали 5% для зразка I, 6% для зразків II та III, і 30% відповідно (зразки: I – вата, II – фільтрувальний папір, III – серветка).

У вивченні впливу різних ґрунтів на розклад целюлозовмісних матеріалів виявлено, що серветка, вата і фільтрувальний папір розкладаються найшвидше в підзолистому ґрунті. У луговому ґрунті цей процес триває трошки довше. Цілинний ґрунт не суттєво впливає на зовнішній вигляд матеріалів. Матеріал із добавкою dW2 залишався стійким, тому його не враховували в подальшому аналізі.

При порівнянні, як росте активність біодеградації целюлозовмісних матеріалів у різних ґрунтах (цілинний, луговий і підзолистий) при вологості 60%, виявлено, що найбільш інтенсивний процес біодеградації спостерігається у підзолистому ґрунті. Це можна пояснити впливом факторів, таких як склад мікроорганізмів та вологість ґрунту. Виявлено, що у цьому ґрунті переважають мікроміцети, зокрема представники родів *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium*.

## 1.5 Дослідження мікробної участі в відтворенні родючості ґрунту

За думкою Р. Тейта, 1 грам ґрунту містить приблизно 4000 видів мікроорганізмів. Однак основна їх маса не може зростати в теперішніх живильних середовищах, в яких зазвичай вирощують мікроорганізми. Місцем їхнього природнього існування може бути організм людини або тварини, водні чи морські екосистеми, термальні джерела, продукти харчування та інше [15].

Серед мікроорганізмів ґрунту можна знайти представників практично всіх видів, описаних у визначнику Берджі. Бактерії та гриби є найпоширенішими із важливих екологічних партнерів рослин [16].

Однак інші учасники природних екосистем також грають значущу роль у їхньому функціонуванні. Дослідження показали, що виключення безхребетних із складу біоценозу опаду дубового лісу призвело до 2-5-кратного уповільнення його розкладання за участі мікробного ценозу [17].

У ґрунті велика частина маси складається з мікроорганізмів, конкретно від 0,1% до 1% органічної речовини є клітинами різних видів мікроорганізмів [18].

За даними болгарських вчених, у лучних екосистемах маса бактерій та грибів може досягати декількох тонн на гектар, особливо восени, коли у ґрунт потрапляють рештки рослин. Вміст вуглецю у мікробній масі становить від 2% до 10% від загального вмісту вуглецю у тропічних ґрунтах, що вище, ніж у ґрунтах помірних широт [19].

У ґрунті кількість мікроорганізмів є вказівником біогенності ґрунту. Цей параметр змінюється не лише протягом року, але також має варіації протягом коротших періодів в залежності від температури, вологості, стану рослинності і т.д. Наприклад, в літній сухий період на південних ґрунтах без поливу переважають актиноміцети, а навесні та в осінній період - бактерії, чия кількість влітку суттєво зменшується. Вологе ґрунту суттєво впливає на

стан мікробного ценозу в таких областях, і зазвичай активність мікрофлори ґрунту збільшується весною [20].

Функціонування мікроорганізмів у ґрунті відіграє ключову роль у формуванні структури ґрунту. Наприклад, гриби та актиноміцети, які ростуть на поверхні ґрунтових частинок, утворюють міцелій, який обгортає ці часточки, утворюючи водостійкі агрегати. На наступному етапі ці агрегати можуть бути з'єднані гумусом. Важливу роль у цьому процесі відіграють мікроорганізми, які виробляють позаклітинні полісахариди [21].

Мікроорганізми відіграють важливу роль у створенні поживних умов для ґрунту. Різноманітність мікроорганізмів у ґрунті, які відрізняються за своєю природою та функціями, має велике значення у різних процесах, що відбуваються в ґрунті. Склад і розподіл конкретних мікроорганізмів у ґрунті в значній мірі змінюється в залежності від обробітку ґрунту та внесення рослинних залишків. Ці рештки перетворюються під впливом бактерій і грибів, а на подальших етапах цього процесу - бацил і актиноміцетів [22].

Розділ мікроорганізмів в ґрунті відбувається на дві групи за їхньою взаємодією з органічними речовинами. "Зимогенна мікрофлора" - це ті, що "живляться різними органічними речовинами і активність яких пов'язана з надходженням цих речовин в ґрунт". А "автохтонна мікрофлора" - це ті, що "розкладають гумусові сполуки" [23].

Вченими розглядається вплив корневих виділень рослин на розподіл різних груп мікроорганізмів у ґрунті. Рослини видаляють певні речовини через свої корені, і ці речовини, такі як вуглеводи, кислоти, амінокислоти і інші, становлять значну частину продуктів фотосинтезу рослин. Ці речовини мають великий вплив на склад мікроорганізмів у ґрунті, формуючи середовище для їхнього існування [24].

Важливо розглядати значущу роль корневих виділень рослин, які служать харчовим джерелом для мікроорганізмів у ризосфері (область навколо коренів рослин). У цій динамічній зоні, що безпосередньо оточує корені, відбувається інтенсивне розмноження мікроорганізмів. Фактори, які

впливають на це середовище, визначають структуру та склад мікробних спільнот в ризосфері, що має велике значення для біологічних процесів у ґрунті та сільськогосподарської практики [25].

Склад мікроорганізмів, які знаходяться в зоні ризосфери (область навколо коренів рослин), відрізняється в залежності від виду рослин. Ці відмінності важливі, коли порівнюють мікробні спільноти усього ґрунту і тих, що знаходяться в зоні ризосфери [26].

## 1.6. Цикл вуглецевих сполук у ґрунті

Розглядаючи основний хімічний процес в ґрунті, який пов'язаний із вуглецевим циклом, можна сказати, що цей цикл включає утворення органічних речовин внаслідок фотосинтезу рослин, а також подальше їх перетворення на прості сполуки. Введення рослинних решток в ґрунт призводить до збільшення кількості та активності мікроорганізмів. Целюлоза, яка є основною вуглецевою сполукою в природі, грає важливу роль у цьому процесі, оскільки її велика кількість міститься в сухій масі рослин.

У природних умовах целюлоза перетворюється завдяки дії груп мікроорганізмів. Значну роль у цьому процесі відіграють гриби, зокрема сапротрофні види родів *Trichoderma*, *Chaetomium*, *Dicoccum*, *Stachybotrys*, *Penicillium*, і *Aspergillus*, а також незавершені гриби *Alternaria* та *Fumago* [27].

У одній молекулі целюлози міститься до 14 тисяч молекул β-D-глюкози. Крім того, під час розкладу целюлозних залишків у ґрунтах утворюються різноманітні сполуки, такі як органічні кислоти, альдегіди, амінокислоти, спирти та інші біологічно активні речовини. Утворені при

розкладі целюлозних матеріалів речовини використовуються іншими членами біоценозу ґрунту [28].

Після введення рослинних матеріалів у ґрунт вміст целюлозуруйнівних мікроорганізмів у ньому збільшувався від кількох десятків тисяч до десятків мільйонів на 1 г сирої речовини. Головними представниками були мікроскопічні гриби і бактерії. Розглядаючи вплив різних факторів, таких як тип ґрунту, рослинність, клімат і інші, на співвідношення целюлозуруйнівних мікроорганізмів, таких як бактерії, актиноміцети та гриби, у ґрунтах можна відзначити, що у неvirоблених та малозкультивованих ґрунтах важливу роль у розкладанні целюлози відіграють мікроскопічні гриби [29].

Крім цього, серед грибів-гіфоміцетів в ґрунтах широко розповсюджені хижі види, які відіграють важливу роль у циклізації вуглецю, азоту та інших ключових елементів, перетворюючи значну кількість ґрунтових нематод. Вони володіють унікальною властивістю формувати на своїх міцеліях різноманітні ловчі органи для захоплення нематод. Таким чином, в останні роки досліджується можливість використання хижих грибів у боротьбі з фітопаразитичними нематодами.

Мікроорганізми ґрунту можуть виробляти сполуки, які сприяють зростанню та розвитку фітобіонтів. Синтез вітамінів, таких як тіамін, вітамін В12, піридоксин, рибофлавін, пантотенова кислота та інші, в кореневій зоні, а також вироблення фітогормонів, таких як гібереліни, гетероауксини та інші, сприяє позитивному впливу на ріст і розвиток рослин [30].

Додатково, мікроорганізми можуть служити джерелом накопичення токсичних речовин у ґрунті, з основним внеском в цей процес від представників родів *Bacillus* і *Pseudomonas*. Специфічний вплив на рослини спостерігався унаслідок дії таких штамів, як *B. amilosina*, *B. brevis*, *Pseudomonas fluorescens* та інших. Важливим фактором, який визначає можливість синтезу фітотоксичних речовин, є введення в ґрунт рослинних залишків або певних вуглеводів [31].

Шляхом внесення перегною у ґрунт можна штучно збагатити його корисними мікроорганізмами-антагоністами. Це призводить до збільшення кількості таких мікроорганізмів, як бактерії, актиноміцети та гриби роду *Trichoderma*, що сприяє зниженню чисельності фітопатогенних грибів роду *Helminthosporium*. Наприклад, при вирощуванні пшениці після кукурудзи у кореневій зоні підвищується кількість корисних мікроміцетів, таких як *Penicillium* та *Aspergillus*. Таким чином, склад мікробного ценозу ґрунту та його вміст корисних та шкідливих мікроорганізмів залежать від різних факторів, таких як вид вирощуваної культурної рослини, обробіток ґрунту та його фізико-хімічні властивості [32].

Роль ґрунтової мікрофлори в утворенні гумусу та його мінералізації (перетворення в мінеральні сполуки) має важливе значення. Інтенсивність мікробної трансформації органічних речовин в ґрунтах зростає в напрямі від північних до південних регіонів. У південних регіонах підвищується відносний вміст целюлозоруйнівних бактерій порівняно з грибами. Навіть при зниженні вмісту мікроміцетів у південних ґрунтах, їх видова різноманітність зростає. У північних регіонах, де процеси мінералізації протікають повільніше, гриби роду *Penicillium* мають найбільш широке представництво. Під час руху на південь відбувається збільшення кількості представників роду *Aspergillus*. Гриби цих двох родів становлять понад 70% від усіх мікроміцетів у різних типах ґрунтів. Ґрунти на південь відзначаються меншою кількістю спорових бактерій та актиноміцетів порівняно з північними. Ці мікроорганізми поширюються на пізніших етапах розкладу рослинних залишків.

У ґрунтах, де відбуваються активні процеси мінералізації, широко поширені спорові бактерії, здатні асимілювати як органічний, так і мінеральний азот (*Bacillus subtilis* і *B. megaterium*). Навпаки, в ґрунтах, де мінералізація органічних сполук відбувається повільно, переважають спороутворюючі бактерії, які використовують органічні форми азоту. За допомогою молекулярно-біологічних методів вивчено структуру

бактеріальних спільнот у різних ґрунтах, і показано, що подібні типи ґрунтів характеризуються схожою структурою домінуючих видів бактерій [33].

Хоча вчені докладають значні зусилля до вивчення різноманіття та функцій біоценозів ґрунту, у літературі ще недостатньо вивчені закономірності змін складу цих біоценозів в залежності від умов довкілля. Однак вже відомо, що стресові фактори, які впливають на мікробний ценоз ґрунту, призводять до найбільш помітного розвитку певних груп бактерій і одночасно призводять до збіднення видового різноманіття цих груп. Наприклад, експеримент із закладанням ґрунту в атмосфері метану показав збільшення активності метанокислових бактерій та їх кількості, але це супроводжувалося зменшенням мікробної різноманітності [34].

Існує ситуація, коли кількісний склад мікрофлори ґрунту не завжди є індикатором його родючості. У певних умовах, при інтенсивному розвитку мікроорганізмів, мінеральні форми основних біогенних елементів можуть бути спожиті мікробними клітинами і стати їхньою складовою частиною. Такий процес може відбутися, наприклад, після внесення великої кількості соломи в ґрунт. Це призводить до інтенсивного росту целюлозоруйнівних мікроорганізмів та інших еколого-трофічних груп, що супроводжується зниженням вмісту мінеральних форм азоту в ґрунті та їхнім накопиченням у мікробних клітинах (імобілізація) [35].

## 1.7 Мікробіологічні процеси гумусоутворення

Ґрунт насичений значною кількістю бактерій, грибів, актиноміцетів та водоростей, які відіграють ключову роль у постійних біохімічних процесах, що відбуваються в ньому. Вищі рослини та різноманітні животні, що населяють ґрунт, активно впливають на його біохімічну природу.

Життєдіяльність всіх цих груп організмів переважно визначає динаміку всіх процесів у ґрунті, відповідальних за формування його плодючості.

Родючість ґрунту формується під впливом складної системи природних та антропогенних факторів, при цьому вирішальну роль відіграє біохімічна активність мікроорганізмів. Мікробний склад ґрунту бере участь у створенні та контролі практично всіх цінних для сільського господарства характеристик ґрунту. Зокрема, важливі для стратегії родючості ґрунту в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва є процеси мікробного перетворення свіжої органічної речовини, такі як синтез та мінералізація гумусу [36].

Ґрунти з високим рівнем гумусу відрізняються оптимальним, екологічно збалансованим складом мікробних спільнот, великою стійкістю до грибків, буферністю, здатністю утримувати вологу та забезпечувати рослинам сприятливі параметри вентиляції, тепла і живлення. Такі ґрунти мають високий рівень стійкості до ерозії. В гумусі накопичуються значні резерви поживних елементів, які під час поступової мінералізації мікроорганізмами переходять у ґрунтовий розчин і використовуються рослинами. Таким чином, мікробіологічні процеси трансформації гумусу, які неперервно відбуваються в ґрунті, є необхідною передумовою для нормального функціонування рослин, сприяючи їх ефективнішому використанню ґрунтового середовища. Гумус відіграє особливу роль у вуглецевому живленні рослин, оскільки в ньому концентрується 80-95% всіх запасів азоту в ґрунті.

Ґрунти, які мають велику кількість гумусу, відрізняються різноманіттям мікроорганізмів різних груп і видів. У таких ґрунтах основний ріст спостерігається у сапрофітної мікрофлори, що підвищує фунгістатичність ґрунту (затримка проростання грибів, які мають фітопатогенні властивості). Внаслідок цього культивовані, добре гумусовані ґрунти вирізняються високо вираженою фітосанітарною стійкістю, і при



обробітку сільськогосподарських культур в узгоджених сівозмінах вони менше схильні до явища «ґрунтовтоми» [37].

Джерелом гумусових речовин у ґрунті є органічні залишки рослин, мікроорганізмів та тварин. Рослинні залишки подаються в ґрунт як наземний опад та відмирають кореневою системою. Обсяг біомаси рослин варіює від 4 до 30 тонн під лісом тундри, від 50 до 350 тонн у лісовій зоні та від 500 до 1700 тонн у тропічних і субтропічних лісах (Родин, Базилевич, 1965). Річний приплив частини цієї біомаси у ґрунт у вигляді наземного опаду, що формує підстилку, є основним джерелом гумусу у лісових ґрунтах. В лісах помірних широт річний опад становить 2-7 тонн, а в вологих субтропіках досягає 100-250 тонн на 1 гектар. Незважаючи на вищий рівень опаду в субтропіках та тропіках, через інтенсивну мікробну мінералізацію загальна кількість підстилки тут невелика (2-10 тонн), в той час як в лісах помірних широт запаси сягають 10-70 тонн на 1 гектар. Хоча значна кількість органічних речовин формується в ґрунті завдяки кореневій системі, у зв'язку з тим, що деревна рослинність є багаторічною, її внесок у щорічному утворенні гумусу невеликий.

Основним походженням гумусових речовин є коренева система трав'янистої рослинності. У степовій зоні розміри кореневої маси становлять від 8 до 28 тонн на 1 гектар, в пустельній зоні - від 3 до 12 тонн на 1 гектар. На суходільних луках у зоні хвойних і змішаних лісів трав'яниста рослинність накопичує від 6 до 13 тонн коренів на 1 гектар у метровому шарі ґрунту. Значна кількість кореневих залишків постачається в ґрунт під багаторічними сіяними травами. Залежно від урожаю та складу трав, кількість коренів тут коливається від 6-8 до 12-15 тонн на 1 гектар. Під однорічною культурною рослинністю зазвичай утворюється обмежена кількість коренів (3-5 тонн на 1 гектар).

## 1.8 Особливості інтенсивного садівництва

Садівництво, як важлива галузь сільського господарства, традиційно має за мету задовольняти потреби населення у харчових продуктах. Це одна з найбільш інтенсивних та прибуткових сфер сільського господарства в Україні. Однак перехід садівництва до ринкових принципів призвів до негативних тенденцій, таких як значне зменшення площ багаторічних насаджень, що є основним виробничими ресурсами цієї галузі; різке скорочення обсягів виробництва та споживання плодово-ягідної продукції; фінансові труднощі для багатьох сільськогосподарських підприємств, які займаються промисловим виробництвом плодів; втрата конкурентоспроможності на внутрішніх та зовнішніх ринках. З урахуванням цих факторів покращення ефективності та конкурентоздатності садівництва передбачає його поетапну інтенсифікацію, що включає у себе поглиблення спеціалізації та концентрації галузі, а також перехід на інноваційно-інвестиційний шлях розвитку [38].

Проаналізувавши сучасні тенденції в розвитку інтенсивного садівництва, можна відмітити відсутність чіткої позитивної динаміки в галузі аграрного сектора. Процес деспеціалізації садівницьких підприємств, погіршення їхнього матеріально-технічного забезпечення та, наслідок, порушення технологічного процесу, впливають на подальший розвиток цієї галузі. Тому збільшення виробництва плодів і ягід в наш час можливе лише через підвищення як продуктивності кожного гектара землі, зокрема багаторічних насаджень, так і продуктивності праці. За таких умов актуальність отримують дослідження питань подальшої інтенсифікації галузі як найбільш ефективного напрямку розвитку виробництва. Особливу вагу має вивчення присутності та активності целюлозолітичних організмів в ґрунті, оскільки їхнє розкладання целюлози виступає індикатором якості ґрунту і

може визначити його потенціал для ефективного вирощування плодкових культур.

## 1.9 Технології догляду за ґрунтом у садах

Підтримання родючості ґрунту та забезпечення рослин необхідними поживними речовинами становлять ключовий елемент у досягненні високих урожаїв. Система догляду за ґрунтом у проміжках між рядами та прикореневій зоні саду включає комплекс заходів, спрямованих на збереження та підвищення його родючості, запобігання ерозії, створення оптимальних умов для аерації, підтримання сприятливого водного та теплового режимів, а також забезпечення можливості проведення агротехнічних операцій у найбільш відповідний час, незалежно від погодних умов.

В залежності від характеристик ґрунту та клімату використовують різноманітні методи догляду за ґрунтом. Найбільш поширені в сільському господарстві цієї сфери: парова, паро-сидеральна та дерново-перегнійна системи.

За методом пару, міжряддя протягом всього вегетаційного періоду піддається механізованій обробці, що забезпечує його постійне розпушення. Регулярна обробка сприяє видаленню бур'янів, поліпшує вологоповітряний та поживний стан, сприяючи позитивному розвитку рослин та їхньому плодоношенню. Однак тривале використання чорного пару з частим механічним обробітком призводить до порушення ґрунтової структури, мінералізації гумусу, збільшення ризику водної та вітрової ерозії, а також знищення корисних мікроорганізмів, що активно розкладають біомасу, тим самим створюючи невідповідні умови для біологічних процесів. Всі ці аспекти значно погіршують родючість ґрунту.

Для уникнення негативних наслідків рекомендується висівати сидеральні культури або застосовувати короточасне задерніння ґрунту кожні 2–3 роки. Також можна розглядати періодичне внесення достатньої кількості органічних добрив. Система парового обробітку підходить для регіонів з недостатньою вологою. Цей метод включає осінню оранку або дискування, розпушування ґрунту на початку весни (з утриманням вологи) та кілька обробітків у весняно-літній період (культивуація, дискування) [39].

У регіонах з високою вологою, але обмеженими можливостями введення необхідної кількості органічних добрив, використовується система утримання ґрунту за парово-сидеральним принципом.

Ця система включає вирощування сидератів у проміжках міжрядь та їх внесення в ґрунт, що призводить до поліпшення волого-повітряного та температурного режиму, а також поживного стану ґрунту. Цей підхід сприяє активності ґрунтових мікроорганізмів, що позитивно впливає на врожайність, якість плодів та їх тривале зберігання, а також збільшує зимостійкість рослин.

Сидеральні культури повинні добре пристосовуватися до місцевих кліматичних умов, бути стійкими до тіні, швидко відновлюватися після утоптування і швидко формувати значну кількість зеленої маси. Ця маса повинна бути багатою на поживні речовини та легко розкладатися в ґрунті. До підходящих культур для літнього висіву та осінньої оранки входять біла гірчиця, білий люпин, суміш вико-вівсяниці, горох і фацелія, а для осіннього висіву та весняної оранки підходять озимий горох, вика, фацелія, ячмінь і жито. У неполивних умовах можна використовувати білу гірчицю та гречку. Рослини бобових (горох, вика та люпин) додають азоту в ґрунт. За сприятливих умов вирощування, їх корені можуть накопичувати від 70 до 150 кг/га азоту, що відповідає кількості аміачної селітри від 21 до 45 кг.

Процес висіву сидератів відбувається у вологий ґрунт в другій половині літа або восени. При цьому сидерати пророблюють на глибину 10–12 см під час їх цвітіння, за винятком ячменю й жита, які заорюють під час

виколошування. На цьому етапі розвитку сидератів їх зелена маса ніжна і легко розкладається в ґрунті. Після збирання зеленої маси сидерати роздрібнюють садовими косарками для рівномірного розподілу, а потім вносять у ґрунт за допомогою плугів або дискових борін. Якщо немає косарки, то цю операцію можна виконати за допомогою дискової борони з дво- або триразовим дискуванням. Для стимулювання сходів поверхню ґрунту після висіву сидератів рекомендується ущільнити легким котком. Але варто враховувати, що використання сидеральних рослин може спричинити втрату вологи, особливо в регіонах з недостатнім зволоженням, і в таких умовах система утримання ґрунту може бути неефективною.

Використання дерново-перегнійної системи утримання ґрунту здійснюється у зрошуваних садах та в районах з достатньою кількістю опадів. За цією системою в міжряддях насаджень після сформовання крон дерев проводять залуження багаторічними злаковими травами. Важливо враховувати, що при висіві трав ґрунт має бути щільним, щоб уникнути залишання колій від посівного агрегату. Обираючи насіння, варто віддавати перевагу травам з неглибокою мичкуватою кореневою системою. Висів слід проводити в кінці літа, додаючи азотні добрива. З другого року траву періодично скошують, не допускаючи її відростання вище 20 см. Роздрібнена трава розподіляється по поверхні ґрунту, утворюючи мульчувальний шар, який стабілізує структуру та температурний режим поверхні, сприяючи підвищенню родючості ґрунту [40].

## 2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Об'єкт та місце проведення досліджень

Дослідження проводилися на території селянського фермерського господарства «Відродження» в селі Хутірське Дніпровського району, Дніпропетровської області. Село Хутірське входить до складу Петриківської територіальної громади. Місце досліджень розташоване в центральній частині Дніпропетровської області. На рисунку 2.1 зображено територію селянського фермерського господарства.



Рисунок 2.1 - Територія селянського фермерського господарства  
«Відродження» з прилеглими садами

Фермерське господарство засноване в 2001 році, засновником і директором є Ярмолюк Іван Савич. Основний вид діяльності господарства спеціалізується на вирощування зерняткових та кісточкових фруктових плодів. На рисунку 2.2 зображено місце відбору проб на території фермерського господарства.

Територія району досліджень знаходиться за 45 кілометрів від міста Дніпра. Проби ґрунту були взяті під такими культурами: Черешня, Абрикос, Персик, Алича, Слива, Нектарин та контрольна точка (овочеве поле).



Рисунок 2.2 – Точки відбору ґрунту на селянському фермерському господарстві «Відродження»

Для біомоніторингу ґрунту важливо обирати ділянки, розташовані близько одна від одної, оскільки це дозволяє контролювати вплив екзогенних факторів. Такий підхід дозволяє забезпечити більш точне порівняння показників мікробіологічної активності та складу мікробного співтовариства між досліджуваними об'єктами, адже відстань між ними меншає і меншає ймовірність значних варіацій у чинниках які мають вплив, таких як кліматичні умови, ґрунтовий склад та рослинний покрив. Такий підхід сприяє виокремленню біологічних відмінностей між досліджуваними

зразками ґрунту, що є ключовим для отримання достовірних та репрезентативних результатів в контексті біомоніторингу.

## 2.2 Ґрунтові умови

Досліджувані території у с.Хутірське мають лучно-чорноземні ґрунти, які належать до категорії поверхнево- і глибоко-солонцюватих ґрунтів (Phaeozems Sodic). Ці ґрунти формуються, коли рівень ґрунтових вод знаходиться близько до поверхні, і капілярна кайма цих вод простягається вздовж ґрунтового профілю. Це сприяє додатковому зволоженню ґрунту та створює сприятливий водний баланс, що, в порівнянні з автоморфними чорноземами, сприяє кращому розвитку лучно-степової рослинності. Завдяки цьому лучно-чорноземні ґрунти характеризуються вищим рівнем гумусу та, за винятком короткочасних делювіальних явищ, менше схильні до перезволоження.

Ці ґрунти мають гумусовий горизонт Н товщиною від 40 до 80 см, який, відмінно від чорноземів, виявляє шаруватість в намитих місцях, а не має однорідності. Під цим горизонтом розташовується перехідний горизонт Н<sub>p</sub>, який часто характеризується значною розтягнутістю і простягається до глибини 1,2-1,6 м. Далі слідує горизонт Ph(gl) із ознаками оглеєності, де зверху можна виявити слабкі прояви у вигляді залізо-марганцевих мазків і включень, а нижче ці ознаки стають виразнішими, з сизими плямами та залізо-марганцевими конкреціями. Перехід до породи та карбонатності може виявитися важливим на глибині 2,0-2,5 м, хоча ці характеристики можуть не бути чітко вираженими у зрізі.

Поширені головним чином на лісових терасах Дніпра та його лівобережних притоках, ці ґрунти охоплюють низькі місцевості з невеликою стійкістю, розташовані на схилах, і також можуть зустрічатися в степових



регіонах. На відміну від попередніх типів ґрунтів, вони отримують основний приплив поживних речовин від мінералізованих підземних вод, що призводить до різного рівня соленості, а також вмісту солей і оглеєності. Це обмежує їх використання для вирощування деяких вибагливих культур.

Лучно-чорноземні ґрунти володіють високим природною родючістю. Це давні агрокультурні ґрунти, які протягом багатьох століть активно використовуються в сільському господарстві. На сьогоднішній день ці ґрунти широко використовуються головним чином для сільськогосподарського виробництва, зокрема під ріллею та городами для вирощування різноманітних культур, таких як просапні, зернові і овочеві. Використання під сіножаття та пасовища менше поширене. Згідно з Земельним кодексом України, ці ґрунти віднесені до категорії особливо цінних [41].

В Україні практично не існує ґрунтів, які б залишилися незміненими внаслідок впливу людини. Довготривале та інтенсивне сільськогосподарське використання лучно-чорноземних ґрунтів, особливо в другій половині ХХ століття з використанням важкої техніки, меліорацій для осушення, та інших антропогенних втручань призвели до значних трансформацій ґрунтових режимів та процесів. Ці впливи також призвели до деградаційних змін властивостей ґрунтів. Отже, вивчення географії та характеристик лучно-чорноземних ґрунтів, а також аналіз змін, що відбуваються внаслідок людської діяльності, є ключовим для їх раціонального використання та збереження.

Про лучно-чорноземні ґрунти в науковій літературі мало інформації. Монографія Є.М. Самойлової «Лугові ґрунти лісостепу» (1981) містить окремі відомості про їхнє походження та характеристики.

Лучно-чорноземні ґрунти відзначаються високорозвиненим, глибоко гумусованим профілем типу чорнозему, великою кількістю гумусу, майже нейтральним або слабко лужним реакційним середовищем у ґрунтовому розчині та мінімальними проявами оглеєння.

Лучно-чорноземні ґрунти займають проміжне положення між чорноземами та лучними ґрунтами. Верхня частина профілю формується під впливом атмосферного зволоження, тоді як нижня періодично впливає підґрунтовими водами, розташованими на глибині 2,5-3 м від поверхні. Ці ґрунти характеризуються потужним, добре гумусованим профілем типу чорнозему, де виражені ознаки слабого гідроморфізму. У генетичному профілі лучно-чорноземних ґрунтів виділяються горизонти: гумусовий Н, верхній гумусовий перехідний Нр і нижній гумусовий перехідний Phgl.

Лучно-чорноземні ґрунти відзначаються менше вираженою диференціацією профілю щодо вмісту мулу, де ступінь диференціації S становить 1,13. Процеси накопичення мулу спостерігаються у всіх горизонтах, за винятком підорної частини гумусового акумулятивного горизонту Нк.

ґрунти відзначаються високою якістю, особливо в гумусовому шарі, де переважають мікроагрегати різних розмірів. Ця мікроструктура виявляється механічно міцною і водостійкою, з низьким вмістом пилюватих частин мікроагрегатів, включаючи активний мул. Високий вміст гумусу, оксидів заліза і алюмінію, а також карбонатів кальцію в мулистій фракції підкреслює цю особливість мікроструктури.

Результати досліджень про вплив сільськогосподарського використання на структурно-агрегатний склад чорноземно-лучних ґрунтів вказують на зміни у вмісті агрономічно цінних мезоагрегатів в гумусовому горизонті. Ці зміни оцінюються як незадовільні і задовільні з точки зору структурно-агрегатного складу. ґрунти з важкосуглинковим і легкоглинистим гранулометричним складом, які використовуються під ріллею, відзначаються найнижчим вмістом агрономічно цінних мезоагрегатів, що свідчить про їхню агрофізичну деградацію. Коефіцієнт структурності також підтверджує, що стан структурно-агрегатний ґрунтів є незадовільним або задовільним.

Описуючи властивості чорноземно-лучних ґрунтів, зокрема їх водостійкість макроструктури слід зазначити, що ґрунти відрізняються високою водостійкістю, що підтверджується різними розрахованими показниками. Гумусовий горизонт містить значний вміст водостійких мезоагрегатів, і ця властивість позитивно впливає на структуру ґрунту. Високий рівень водостійкості також пов'язаний з наявністю гумусу, карбонатів кальцію та оксидів заліза. Зазначається, що антропогенні чинники, зокрема переущільнення ґрунтів, також впливають на водостійкість структури, що підтверджується вищим вмістом водостійких агрегатів у верхніх шарах порівняно з глибше розташованими горизонтами.

Лучно-чорноземні ґрунти відзначаються значними кількостями гумусу. Наприклад, у верхньому орному шарі (0-20 см) це становить 157,10 т/га, в області 0-50 см – 389,72 т/га, а на глибині до 1 метра – 631,04 т/га. За показниками гумусового стану, запаси гумусу в орному шарі лучно-чорноземних ґрунтів оцінюються як низькі, а в області 0-100 см – як дуже високі.

Лучно-чорноземні ґрунти мають найбільш сприятливі умови для утворення гумусу порівняно з іншими ґрунтами. Це пояснюється великою кількістю органічного опаду, основною рослинністю трав'янистого кореневища, високим вмістом азоту, тривалістю періоду біологічної активності, насиченістю мінеральної частини ґрунту кальцієм та нейтральним або лужним середовищем.

Лучно-чорноземні ґрунти представляють собою перехідний тип між чорноземами і лучними ґрунтами. Склад їхнього гумусу подібний до того, що характерний для типових чорноземів.

Навіть при досить великій стійкості до людського впливу, ґрунти демонструють тенденцію до погіршення і структурного розладу через екстенсивне використання важкої сільськогосподарської техніки. Зокрема, рекомендується приймати заходи для зменшення навантаження на ґрунти,

обережного внесення добрив, використання новітньої техніки та проведення землеробських робіт науково обґрунтовано [42].

### 2.3 Кліматичні умови

Район проведення моніторингу ґрунтів знаходиться в Дніпропетровській області, котра розташована в центральній частині України і має характерний помірно- континентальний клімат.

В таблиці 2.1 наведені дані про середньомісячну температуру повітря метеостанцією «Дніпро».

Таблиця 2.1 – Середньодакна температура повітря в Дніпровському районі за 2023 рік

Місяць	Температура повітря по декадам, С°		
	I	II	III
Січень	-1,1	-0,3	-1,7
Лютий	-2,8	-0,5	0,8
Березень	3,8	5,0	7,4
Квітень	9,3	10,0	11,2
Травень	12,3	18,1	18,0
Червень	19,4	20,3	21,0
Липень	25,0	21,7	22,5
Серпень	24,8	24,1	24,0
Вересень	19,8	17,9	20,3
Жовтень	13,4	9,0	10,1

У таблиці 2.2 наведено дані про середньодекадну кількість опадів за метеостанцією «Дніпро»

Таблиця 2.2 – Середньодекадна кількість опадів в Дніпровському районі за метеостанцією «Дніпро» за 2023 рік

Місяць	Кількість опадів, мм		
	I	II	III
Січень	6	5	2
Лютий	8	10	13
Березень	1	23	8
Квітень	18	35	47
Травень	1	0	33
Червень	0	10	20
Липень	1	14	27
Серпень	15	14	0
Вересень	4	10	0
Жовтень	28	18	25

Помірно-континентальний клімат — це кліматичний тип, що характеризується відносно помірними та різко вираженими сезонами, а також великими амплітудами температур між літом і зимою. Основні риси цього клімату можуть варіювати в залежності від географічного положення [43]. Різкі зміни клімату сприяють росту рослин і формуванню врожаю: зимовий відпочинок для плодкових дерев і літнє тепло для їхнього росту.

Рівномірний розподіл опадів протягом року є важливою особливістю клімату, яка означає, що дощі приходять без великих коливань в різних порах року. Це дозволяє рослинам отримувати достатню кількість вологи без значних періодів посухи чи надмірного зволоження.

У контексті росту та плодоношення культур, рівномірний розподіл опадів забезпечує постійне забезпечення вологою протягом усього року, що сприяє стабільному і здоровому росту рослин. Крім того, це важливо під час

періоду плодоношення, оскільки культури мають постійний доступ до вологи, необхідної для формування і розвитку плодів.

Такий рівномірний режим опадів допомагає уникнути стресів для культур, пов'язаних з недостатнім або перевищеним зволоженням, що може негативно позначитися на їхньому здоров'ї та врожаї. Ця характеристика клімату створює сприятливі умови для успішного росту та плодоношення культур протягом року.

Зимові температурні режими, характеризовані достатньою кількістю холодних днів, є ключовим фактором для ефективного вирощування плодових дерев, зокрема холодостійких сортів. Зазначений період холоду визначає важливі аспекти фізіологічної активності рослин, забезпечуючи їм період паузи, необхідний для відновлення енергії та підготовки до нового вегетаційного сезону та плодоношення. Крім того, холодний період сприяє природному балансу, контролюючи популяції шкідників та хвороб, та впливає на стимулювання цвітіння та плодоношення. Ці фактори враховуються при виборі та вирощуванні плодових культур, сприяючи відбору сортів, що оптимально адаптовані до місцевих зимових умов та забезпечують стабільний урожай.

Помірно-континентальний клімат може впливати на ґрунтові мікроорганізми, зокрема целюлозоруйні бактерії, через зміни в температурних умовах та доступності вологи протягом року. У зимовий період целюлозоруйні бактерії можуть перебувати в стані зниженої активності або навіть в спокої, оскільки низькі температури можуть уповільнювати їхню біологічну активність. З іншого боку, влітку, при підвищених температурах, їхня активність може зростати, що сприяє біологічному розкладанню целюлози та інших органічних речовин у ґрунті.

Важливим фактором є також рівномірний розподіл опадів, який забезпечує постійний доступ до вологи для ґрунтових мікроорганізмів, у тому числі целюлозоруйні бактерії. Однак ефективність цих бактерій може залежати від балансу вологи та розподілу опадів протягом року.

## 2.4 Технологія вирощування кісточкових плодів

У садах, де дерева зростають та розвиваються, формується специфічна атмосфера на обмеженій площі. Різноманітні умови клімату в різних природних зонах України мають важливий вплив на врожайність фруктових рослин. Врожай та його якість значно залежать від факторів мікроклімату, які визначають ефективність росту плодових дерев [44].

Садовий мікроклімат визначається розподілом сонячної радіації, температури і вологості повітря, температури ґрунту та опадів у просторі та часі. Дослідження цього мікроклімату дозволяє вживати заходи, що сприятимуть зростанню та плодючості фруктових дерев.

Технологія вирощування кісточкових плодів у садах вимагає уважного врахування мікрокліматичних умов, оскільки вони мають великий вплив на врожайність та якість плодів. Особливості садового мікроклімату визначаються кількома ключовими факторами.

### 1. Сонячна радіація:

- Розподіл сонячної радіації в саду є важливим для процесу фотосинтезу та розвитку рослин.

- Оптимальне розташування дерев у саду та правильне обрізування можуть покращити доступність сонячного світла для кожного дерева.

### 2. Температура і вологість повітря:

- Кліматичні умови, такі як температура та вологість повітря, визначають комфорт для росту плодових дерев.

- За допомогою систем автоматизації та поливу можна регулювати ці умови, забезпечуючи оптимальний рівень комфорту для рослин.

### 3. Температура ґрунту та опади:

- Температура ґрунту важлива для кореневої системи дерев та поглибленого розвитку коренів.

- Контроль опадів дозволяє уникнути перенасичення ґрунту вологою, що може призвести до захворювань та розладів.

Дослідження мікроклімату саду є ключовим етапом у вирощуванні кісточкових плодів. За результатами досліджень можна вживати заходи, такі як оптимальне розміщення дерев, впровадження систем автоматизації та регулювання поливу, для створення ідеальних умов для росту та плодоношення рослин. Це допомагає досягти не лише високої врожайності, але й покращити якість отриманих плодів.

## 2.5 Методи досліджень

Проби ґрунту на фермерському господарстві «Відродження» були зібрані відповідно до загальноприйнятих методів. Процедура відбору проб виконувалася відповідно до стандарту ДСТУ 4287:2004 «Якість ґрунту» [45]. Відстань між точками коливалась від 150 до 200 метрів, а відстань між основними точками та точкою контролю становила приблизно 2000 метрів.

Цей стандарт стосується відбору проб із сільськогосподарських земель і встановлює загальні вимоги для обстеження ґрунтів щодо їхньої агрохімічної складової та загальної забрудненості, що може бути спричинена викидами промисловості, транспортом, зрошенням стічними водами та іншими чинниками.

Для вимірювання вологості ґрунту було використано гравіметричний метод відповідно до стандарту ДСТУ ISO 11465-2001 «Якість ґрунту» [46]. Визначення сухої речовини та вологості за масою. «Гравіметричний метод (ISO 11465:1993, IDT)» [47]. Зразки ґрунту зважували до та після висушування у сушильних шафах, використовуючи обладнання, таке як бюкси для сушіння та ваги.



Гравіметричний метод є досить простим та ефективним засобом визначення вологості ґрунту та знаходить широке застосування в геологічних та сільськогосподарських дослідженнях.

Принцип дії гравіметричного методу ґрунтується на тому, що вологий ґрунт має більшу масу в порівнянні з сухим. Вода, яка знаходиться в порах ґрунту, призводить до збільшення маси ґрунту, і це може бути виміряно. У вирощуванні садів гравіметричний метод використовується для визначення оптимального рівня вологості ґрунту для вирощування різних сільськогосподарських культур.

Переваги гравіметричного методу включають простоту застосування та високу точність вимірювань. Однак недоліком є те, що цей метод може бути чутливим до різних факторів, таких як ґрунтові властивості та методика вимірювань.

Для вимірювання різноманітності в екологічних системах, включаючи біологічні угруповання, такі як мікроорганізми у ґрунті використано індекс Шеннона. Цей індекс дозволяє отримати кількісну оцінку різноманіття видів в досліджуваній області [48].

## 3 РЕЗУЛЬТАТИ МОНІТОРИНГУ ГРУНТІВ

### 3.1 Розподіл чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів

В дослідженнях розглядається розкладання рослинних залишків під впливом однакових умов температури та вологості. Основна ідея полягає в тому, що швидкість цього процесу значно варіюється, особливо через характеристики рослинних залишків, а головним чином - через тип плодової породи.

Тривала вегетація на одному місці допомагає вивчати цикл вуглецевих сполук протягом тривалого періоду, розширюючи розуміння процесу. Загалом, вибір таких насаджень виявляється важливим для глибокого вивчення впливу рослин на ґрунтову екосистему та вуглецевий цикл.

Кожен вид рослин має унікальний хімічний склад, впливаючи на їхню різну біодоступність для мікроорганізмів, що відповідають за розкладання органічної речовини в ґрунті. Плодові залишки становлять особливий виклик для декомпозерів, оскільки вони містять геміцелюлозу, целюлозу, лігнін, білки, дубильні речовини та інші складові.

Різноманітність компонентів впливає на активність мікроорганізмів та динаміку розкладання в органічному середовищі. Наприклад, високий вміст лігніну та дубильних речовин може уповільнювати процес деградації, тоді як вміст геміцелюлози та целюлози може стимулювати активність розкладаючих організмів. Ця різноманітність складу визначає інтенсивність та швидкість процесу розкладання цих рослинних залишків.

В таблиці 3.1 наведений розподіл чисельності целюлозоруйнівних мікроміцетів та бактерій в ґрунті під плодовими культурами СФГ «Відродження».

Таблиця 3.1 - Розподіл чисельності целюлозоруйнівних мікроміцетів та бактерій в ґрунті під плодовими культурами СФГ «Відродження»

Чисельність мікроорганізмів в тис. КУО/ 1 г ґрунту	Контроль	Черешня	Абрикос	Персик	Алича	Слива	Нектарин
Бактерії	0,0	45,0	0,0	45,5	86,7	0,0	44,7
Мікроміцети	38,8	4185,0	4437,8	3863,3	4898,6	1007,6	3933,6
Разом	38,8	4230,0	4437,8	3908,8	4985,2	1007,6	3978,3

Угрупування целюлозоруйнівних мікроорганізмів виявило різницю в структурі та кількості в залежності від типу культури. На контрольному варіанті ми відзначили найнижчі показники, які становили 38 тисяч КУО, і в цьому випадку присутні були лише мікроміцети.

На рисунку 3.1 зображено розподіл чисельності целюлозоруйнівних мікроміцетів та бактерій в ґрунті під плодовими культурами.

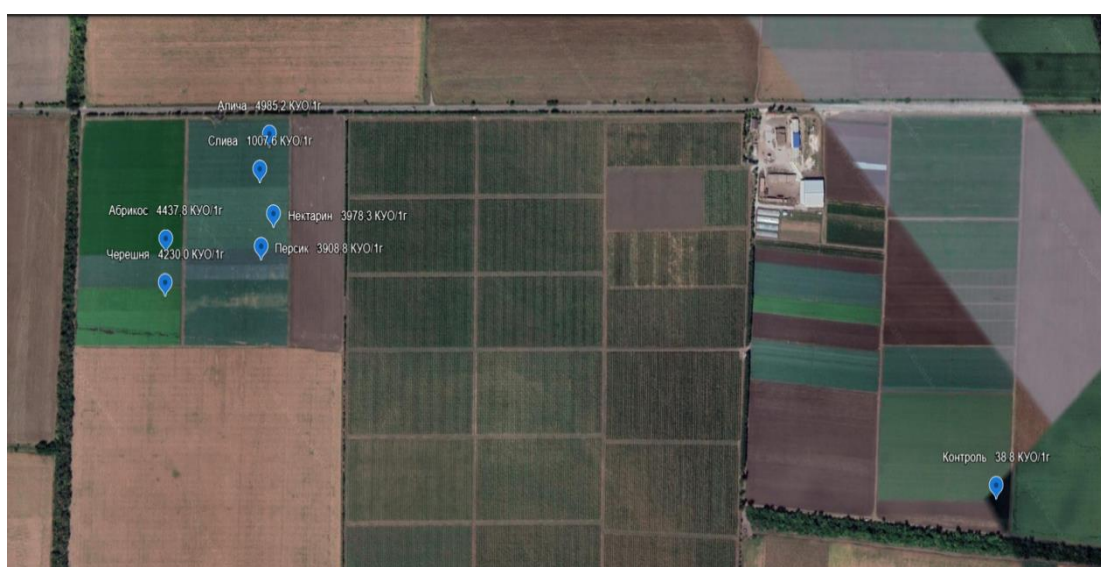


Рисунок 3.1 - Розподіл чисельності целюлозоруйнівних мікроміцетів та бактерій в ґрунті під плодовими культурами СФГ «Відродження»

В агроценозах плодових культур спостерігається більше різноманіття як форм, так і кількості організмів, що розкладають рослинні залишки. Під культурами черешні, аличі та персика ми також виявили бактеріальні форми, проте їхній внесок у загальну кількість целюлозоруйнівних мікроорганізмів не перевищував 1-2%, що свідчить про преобладання розкладання міцеліальними формами.

Можна зробити висновок, що угруповання целюлозоруйнівних мікроорганізмів підкреслюють різницю в структурі та кількості, зокрема, найнижчі показники у контрольному варіанті та більше різноманіття в агроценозах плодових культур, що свідчить про значення впливу культурного середовища на ці мікроорганізми.

### 3.2 Видовий склад целюлозоруйнівних мікроорганізмів

У спільнотах целюлозоруйнівних мікроорганізмів агроценозів плодових культур переважали види з родини мікроміцетів, такі як *Chaetomium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Dematium*. Бактерії, з свого боку, не виявились здатними до утворення спор, але значна частка з них була представлена видами, що утворюють слиз, з родин *Vibrio*, *Cytophaga*, *Polyangium*.

Контрольний агроценоз відзначається відсутністю бактерій, що свідчить про специфічні умови цього середовища, де переважає мікроміцетна активність. Це може бути пов'язано з особливостями ґрунтового складу або рослинного покриву в контрольній зоні. Збільшення числа видів бактерій у черешневому агроценозі вказує на взаємодію з корінним середовищем черешень, де бактерії відіграють важливу роль у розкладанні органічних решток. Присутність видів *Vibrio* та *Cytophaga* пов'язана з процесами деградації рослинного матеріалу. Абрикосовий агроценоз характеризується

різноманітністю видів мікроміцетів без участі бактерій. Це пов'язано з особливостями кореневої системи абрикоса та впливом абіотичних факторів на розпадання органічної речовини. У периковому агроценозі спостерігається обмеження числа видів мікроміцетів та наявність одного виду бактерій (*Vibrio*). Це є впливом конкретних фізико-хімічних умов агроценозу, що обмежують різноманіття мікроорганізмів.

Аличевий агроценоз вирізняється великою різноманітністю як мікроміцетів, так і бактерій. При наявності видів бактерій, таких як *Vibrio*, *Cytophaga* і *Polyangium*, може бути висунуто припущення про активні процеси розкладання решток та важливу роль бактерій у цьому процесі. Сливовий агроценоз подібний за розподілом мікроорганізмів до абрикосового, де переважають мікроміцети, але відсутність бактерій свідчить про специфічні умови цього агроценозу. У агроценозі нектарину виявлено широкий спектр мікроорганізмів, як мікроміцетів, так і бактерій, що свідчить про високий рівень різноманітності та біологічної активності у цьому середовищі.

На рисунку 3.2 зображено целюлозоруйнівні мікроорганізми, а також детальний опис їхнього видового складу, що розкриває унікальні взаємозв'язки та динаміку цього складного екосистемного мікробоценозу.



Рисунок 3.2– Целюлозоруйнівні мікроорганізми контрольної ділянки

У досліджуваному контрольному зразку ґрунту спостерігається різноманітний видовий склад. Колонії у вигляді біло-сірих плям можуть вказувати на присутність *Aspergillus fumigatus*, відомого своєю здатністю формувати біло-сірі утворення. Колонії у вигляді світло-жовтих плям свідчать про можливу участь *Penicillium chrysogenum*, виду, який проявляє жовтуваті відтінки у своїх колоніях.

Однак більш точна ідентифікація вимагає додаткових методів дослідження. Присутня також сірого кольору колонія, що подібна до моху, це пов'язано з наявністю *Chaetomium globosum*, який відомий своєю здатністю утворення мохових структур.

На рисунку 3.3 зображено целюлозоруйнівні мікроорганізми в агроценозах під культурами черешні та абрикосу.



а) б)  
Рисунок 3.3 - Целюлозоруйнівні мікроорганізми: а) під культурою черешні; б) під культурою абрикосу

У зразку ґрунту з агроценозу черешні, яка використовувалася для дослідження целюлозоруйнівних мікроорганізмів, було докладно зафіксовано різноманітні мікроструктури. Ці мікроструктури свідчать про високий рівень біорізноманіття та екологічної складності аналізованого середовища. Зразок ґрунту включав в себе різні види та типи мікроорганізмів, що сприяло створенню унікального екосистемного спілкування.

Детальне спостереження дозволило визначити взаємодію між целюлозоруйнівними мікроорганізмами та іншими компонентами ґрунтової матриці. Зокрема, зафіксовано активність целюлозоруйнівних мікроорганізмів, яка свідчить про їхню важливу роль у процесах розкладання органічної речовини в ґрунті.

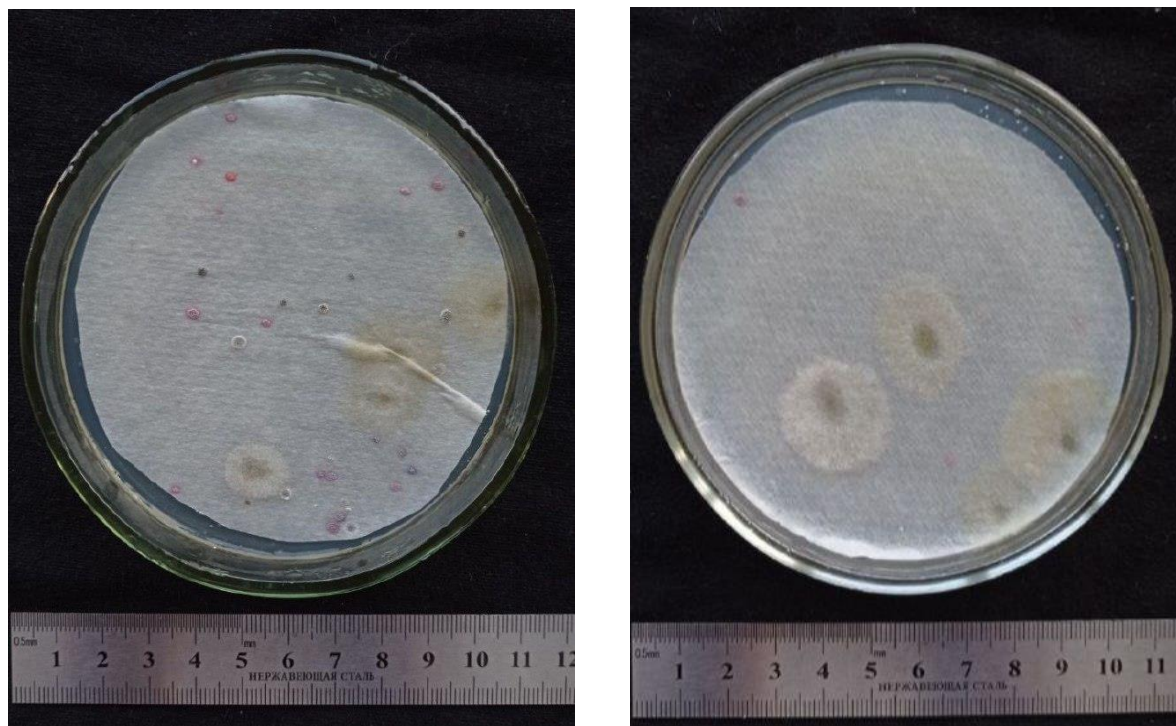
На першому плані знаходяться колонії бактерій, представлені видами *Vibrio*, *Cytophaga* та *Polyangium*. Ці бактеріальні структури відомі своєю спроможністю утворювати слиз та впливати на динаміку ґрунтового середовища. Слідом за цим спостерігається колонія сірого кольору, подібна до моху, що оточений білим окантуванням, що може свідчити про ріст *Chaetomium*, виду мікроміцета, який відомий утворенням мохових структур та взаємодіє з навколишнім середовищем.

Надалі, виділяється участь *Aspergillus*, яка може вказувати на можливу участь, мікроміцета, що проявляє жовтуваті відтінки у своїх колоніях. Близько 15-20 біло-сірих колоній мікроміцетів у вигляді цятки є результатом росту різноманітних видів *Penicillium* або *Trichoderma*.

У зразку ґрунту під культурою абрикоса виявлено різноманітні мікроорганізми. Спостерігається колонія, що може бути пов'язана з ростом *Chaetomium* чи *Dematium*, також виділяється *Aspergillus*. До того ж, близько 30 колоній біло-сірого кольору у вигляді цятки свідчать про різноманіття мікроміцетів, наприклад, *Penicillium* чи *Trichoderma*.



На рисунку 3.4 зображено целюлозоруйнівні мікроорганізми в агроценозах під культурами персика та аличі.



а)  
б)  
Рисунок 3.4 – Целюлозоруйнівні мікроорганізми: а) під культурою персика б) під культурою аличі

У випадку з агроценозом персика виявлено бактеріальну колонію жовтого кольору, яка може відповідати росту бактерій, таких як *Vibrio*., Також відзначаються колонії сірого кольору у вигляді плям. Колонії з жовтим та рожевим забарвленням можуть свідчити про різноманіття мікроміцетів, включаючи *Penicillium* чи *Trichoderma*.

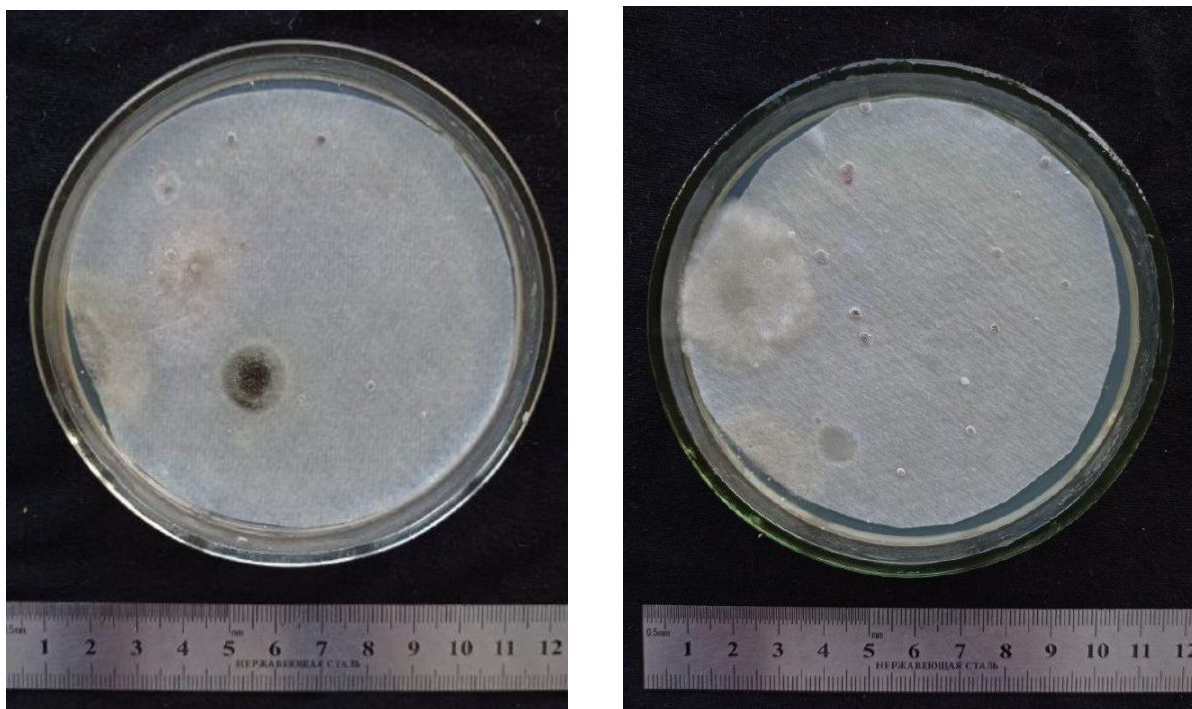
У вивченому зразку ґрунту аличевого агроценозу виявлено різноманітні мікроорганізми, що свідчать про екологічну комплексність цього середовища. Спостерігається присутність чотирьох бактеріальних утворень, що може вказувати на вид бактерій, такий як, *Cytophaga* чи *Polyangium*.

Крім того, виявлені білі та рожеві колонії мікроміцетного походження. Білі колонії можуть бути пов'язані з ростом *Penicillium* чи



*Trichoderma*, представниками мікроміцетів, відомих білою колонізацією. Рожеві колонії можуть свідчити про розвиток інших мікроміцетів, таких як *Chaetomium* чи *Dematium*, що зазвичай проявляють рожеві відтінки в своїх структурах.

На рисунку 3.5 зображено целюлозоруйнівні мікроорганізми в агроценозах під культурами сливами та нектарина.



а)

б)

Рисунок 3.5 – Целюлозоруйнівні мікроорганізми: а) під культурою сливи б) під культурою нектарина

У вивченому зразку ґрунту із сливового агроценозу зафіксовано різноманіття целюлозоруйнівних мікроорганізмів. Наявність великої колонії у вигляді сіро-чорної плями вказує на ріст *Chaetomium*, представників мікроміцетів, відомих за сіро-чорними утвореннями. Десять сірих колоній можуть відображати різноманіття мікроміцетів, таких як *Penicillium* чи *Trichoderma*, в той час як дві колонії у вигляді червоних плями можуть свідчити про присутність *Aspergillus* чи інших червоних міксоміцетів.

У зразку з нектаринового агроценозу виявлено бактеріальні культури, що продуують слиз, це може вказувати на різні види бактерій, таких як *Polyangium*. Велика колонія у вигляді білого моху, може відобразити різноманіття мікроміцетів, таких як *Penicillium* чи *Trichoderma*. До 20 колоній у вигляді білих цяток свідчать про різноманіття мікроміцетів, включаючи види, такі як *Penicillium* чи *Trichoderma*.

Зразки під плодовими культурами сливи та нектарина в порівнянні з контрольним агроценозом демонструють відмінності в мікробному складі. У ґрунті під сливою виявлено різноманіття мікроміцетів, таких як *Chaetomium* чи *Dematium*. У той час як у контрольному агроценозі відсутні подібні структури, що може свідчити про відмінності у мікробному складі.

У зразку ґрунту під нектариновим агроценозом виявлено бактеріальну колонію зі слизом, «білим мохом» та білими колоніями, що вказує на різноманіття бактерій та мікроміцетів, таких як *Penicillium* та *Trichoderma*. Знову ж таки, ці структури не спостерігаються в контрольному агроценозі, вказуючи на специфічні екологічні умови під культурою нектарина.

Цей науковий аналіз, хоча базується на загальних рисах вказаних мікроорганізмів, надає основу для подальших більш деталізованих та специфічних ідентифікацій за допомогою високоточних методів аналізу та дослідження.

Такий розподіл чисельності целюлозоруйнівних мікроміцетів та бактерій можна пояснити специфічними умовами різних агроценозів плодових культур. У дослідженнях американського еколога-мікробіолога, професора кафедри екології і еволюційної біології Ноя Фірера зазначено: «Навіть у одному ґрунтовому профілі умови середовища можуть суттєво відрізнятися в різних середовищах існування мікробів, які знаходяться в ґрунті, включаючи ризосферу, переважно шляхи течії води (включаючи тріщини в ґрунті), нори тварин, внутрішньоагрегатне та міжагрегатне середовища, поверхневі та глибші горизонти ґрунту. Наприклад, концентрація кисню може коливатися від 20% до <1% всередині окремих

грунтових агрегатів, і бактеріальні спільноти, які знаходяться поблизу близькості до кореня рослини або грибної гіфальної мережі можуть суттєво відрізнятися від тих, що знаходяться в «основному» ґрунті середовищ лише на відстані кількох сантиметрів.» [ 49, с.580].

На основі проведеного аналізу видового складу та різноманіття целюлозоруйнівних мікроорганізмів у спільнотах агроценозів плодкових культур можна зробити висновок, що ці спільноти головним чином складаються з різних видів мікроміцетів. У цих спільнотах бактерії, хоча неспроможні утворювати спори, проте представлені значною кількістю видів, що виробляють слиз, таких як *Vibrio*, *Cytophaga*, *Polyangium*. Відсутність бактерій у контрольному агроценозі вказує на наявність специфічних умов цього середовища. Зафіксоване збільшення різноманіття бактерій у черешневому агроценозі свідчить про їхню важливу роль у процесах розкладання органічних решток, особливо види *Vibrio* та *Cytophaga*, що пов'язані з деградацією рослинного матеріалу. Різноманітність видів міксоміцетів у різних агроценозах пов'язана з особливостями кореневої системи та впливом абіотичних факторів на розпадання органічної речовини, що свідчить про високий рівень різноманітності та біологічної активності у досліджених середовищах."

На рисунку 3.6 зображено загальну тенденцію розподілу целюлозоруйнівних мікроміцетів та бактерій в ґрунті під плодовими культурами СФГ «Відродження», яка включає велике різноманіття мікроорганізмів у саду, що є результатом взаємодії різних видів рослин, абіотичних факторів та різноманітних процесів розкладання рослинного матеріалу.

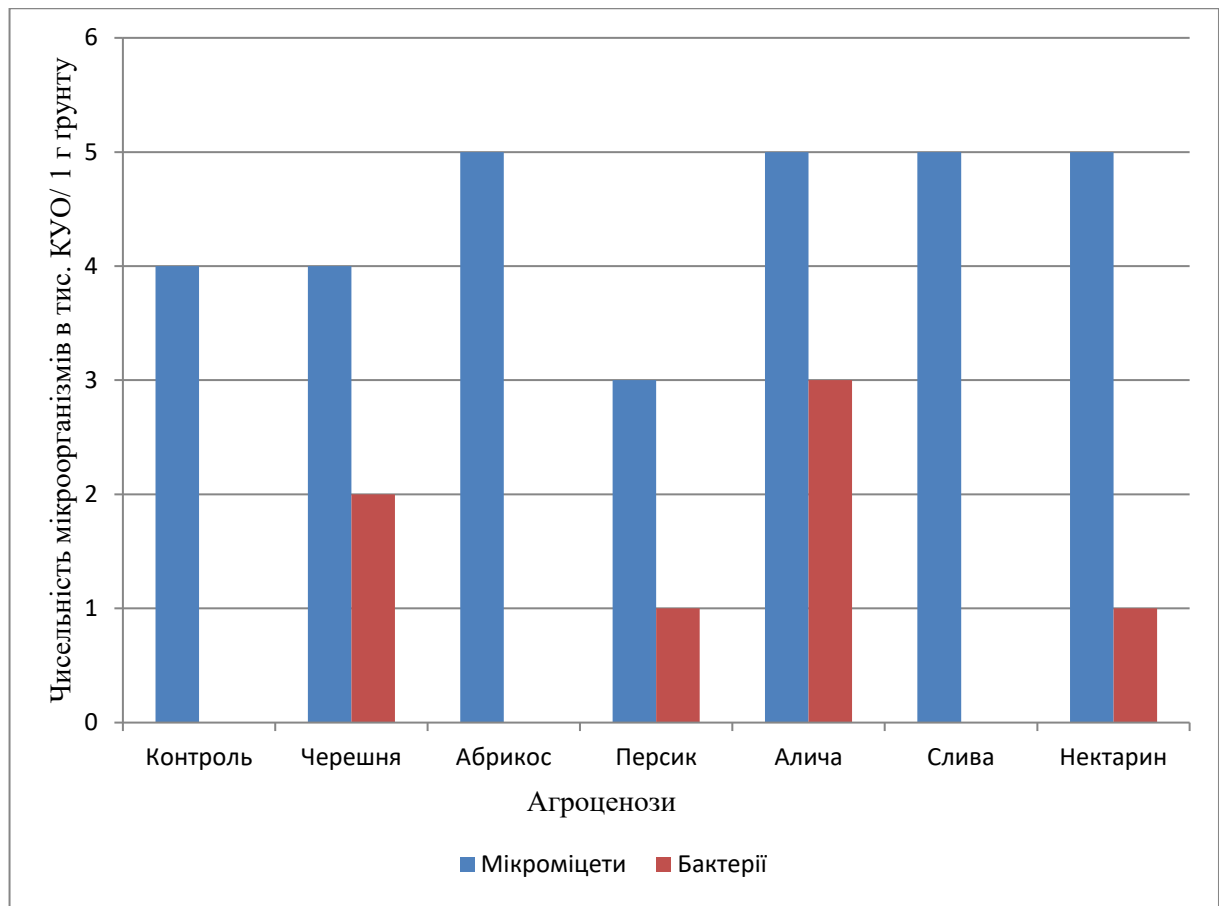


Рисунок 3.6 – Тенденції розподілу целюлозоруйніних мікроміцетів та бактерій в ґрунті під плодовими культурами СФГ «Відродження»

Як вказано в наведених на рисунку даних, міцеліальні форми мікроорганізмів у садових агроценозах були значною кількістю, коливаючись від 4,9 в агроценозі аличі до 3,9 млн КУО на один грам ґрунту в агроценозі персика. Ці особливості процесу розкладання виникають через систематичний приплив свіжої органічної речовини та відмерлого коріння. Рівень вологості, забезпечений краплинним зрошенням, також створює оптимальні умови для швидкого розкладання, що є характерним для мікроскопічних грибків.

Обставини розкладання рослинних залишків у агроценозі сливи були типовими і взагалі не відрізнялись від інших культур. Проте результати виявилися надзвичайно низькими, всього 1 млн/г ґрунту, що майже у чотири

рази менше, ніж у інших плодкових культурах. Це також майже в тричі менше, ніж у контрольному варіанті.

В таблиці 3.2 розглянуто залежність абсолютної чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів та чисельність амілолітичних мікроорганізмів на крохмалоамічному агарі та амоніфікувальних на м'ясо-пептонному агарі в ґрунтах під плодovими культурами СФГ «Відродження».

Таблиця 3.2 - Абсолютна чисельність целюлозоруйнівних, амілолітичних та амоніфікувальних мікроорганізмів в ґрунтах під плодovими культурами СФГ «Відродження»

Агроценози	Контроль	Черешня	Абрикос	Персик	Алича	Слива	Нектарин
Чисельність, КУО/ 1 г ґрунту	38,8	4230,0	4437,8	3908,8	4985,2	1007,6	3978,3
Чисельність амілолітичних мікроорганізмів, КУО/ 1 г ґрунту	1571,3	1318,5	979,7	824,4	1070,6	276,3	901,0
Чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів, КУО/ 1 г ґрунту	827,0	483,5	466,5	183,2	436,2	184,2	1446,6

Аналізуючи дані, можна спостерігати певний зв'язок між чисельністю мікроорганізмів та показниками чисельності мікроорганізмів на м'ясо-пептонному та крохмалоаміачному агарах в агроценозах різних плодovих культур.

У зразках ґрунту під агроценозами черешні та абрикоса спостерігається висока чисельність мікроорганізмів та високі значення чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів, що вказує на позитивний зв'язок між активністю мікроорганізмів і їхньою здатністю до амоніфікації. Тенденція до позитивного зв'язку присутня й у персика та аличі, хоча варто

враховувати, що цей зв'язок може бути умовною та залежати від інших факторів. У зразках із сливовим агроценозом, де число організмів менше, значення чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів теж зменшується.

На жаль, відсутність конкретних вимірювань та умов дослідження не дозволяє встановити абсолютні взаємозв'язки, але загальна тенденція вказує на те, що більша чисельність організмів сприяє підвищеній активності мінералізації у ґрунті під плодовими деревами культурами.

Враховуючи отримані дані про кількість амілолітичних мікроорганізмів та загальну чисельність в агроценозах плодових культур, можна визначити певні закономірності. Наприклад, у черешні та абрикосах, де зафіксована значна чисельність організмів, також спостерігаються високі показники кількості амілолітичних мікроорганізмів. Це може свідчити про наявність позитивного взаємозв'язку між активністю мікроорганізмів та їхньою здатністю до мінералізації органічних речовин.

Аналогічна тенденція виявляється у випадках персика та аличі. У культурах сливи та нектарина, де чисельність целюлозоруйнівних мікроміцетів та бактерій менша, амілолітичні мікроорганізми проявляють менший вплив. Це може бути пов'язано із зменшенням доступності субстратів для мінералізації, обумовленого меншою кількістю целюлозоруйнівних мікроорганізмів.

Загалом, можна взяти до уваги, що більша активність мікроорганізмів в ґрунті сприяє підвищеній активності мінералізації, але це також може залежати від конкретних умов в кожному агроценозі.

Проаналізувавши отримані дані, які зображено на рисунку 3.7, можна визначити ключові взаємозв'язки між чисельністю мікроорганізмів та активністю мінералізації в ґрунті під плодовими культурами.

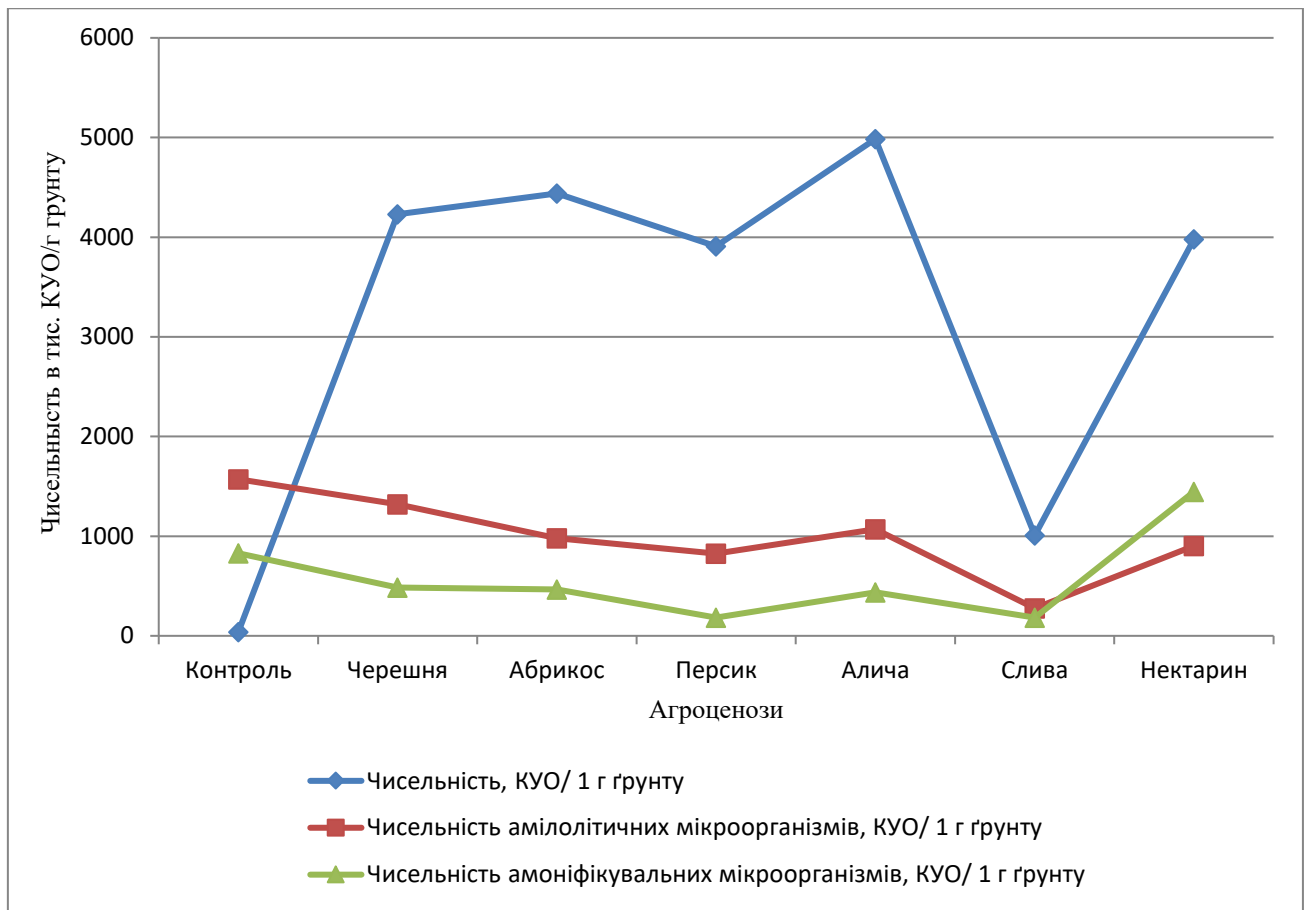


Рисунок 3.7 - Взаємозв'язки між чисельністю мікроорганізмів та активністю мінералізації в ґрунті під плодовими культурами

Графічне відображення цих залежностей надає можливість візуально оцінити динаміку та інтенсивність взаємодії між організмами та процесами мінералізації. На графіку можна спостерігати тенденцію до зростання активності мінералізації зі збільшенням чисельності організмів у черешні, абрикосах, персиках та аличі. Це підкреслює важливість мікробної активності в ефективному циклінгу поживних речовин в ґрунті під фруктовими агроценозами. Графік слугує інструментом для легшого розуміння динаміки цих процесів та може бути важливим інструментом для подальших досліджень у галузі агроєкології та ґрунтової біології.

Слід враховувати відмінності у розкладанні рослинних залишків, які можуть бути пояснені низьким вмістом азотних сполук. Азот є важливим для

живлення целюлозуруйнівних мікроорганізмів, які часто отримують його через мікробне перетворення свіжої органічної речовини. Цей процес включає амоніфікацію та ранні етапи нітрифікації. Крім того, азот також може поступати до системи завдяки азотфікації, яку забезпечують вільноживучі діазотрофи.

У таблиці 3.3 наведено показники чисельності целюлозуруйнівних мікроорганізмів і показника мінералізації в ґрунтах під плодовими культурами СФГ «Відродження».

Таблиця 3.3 - Залежність чисельності целюлозуруйнівних мікроорганізмів і показника мінералізації в ґрунтах під плодовими культурами СФГ «Відродження»

Агроценози	Контроль	Черешня	Абрикос	Персик	Алича	Слива	Нектарин
Чисельність в тис. КУО/ 1 г ґрунту	38,8	4230,0	4437,8	3908,8	4985,2	1007,6	3978,3
Показник мінералізації КАА/МПА	1,9	2,7	2,1	4,5	2,5	1,5	0,63

Розглядаючи показники чисельності мікроорганізмів та мінералізації ґрунту (КАА/МПА) можна побачити, що найвища чисельність мікроорганізмів спостерігається в агроценозі черешні та абрикоса (4230,0 та 4437,8 тис. КУО/1 г ґрунту відповідно), що може свідчити про сприятливі умови для розвитку целюлозуруйнівних бактерій. Велика кількість мікроорганізмів вказує на інтенсивність процесу розкладання органічної речовини.

На відміну від черешні та абрикоса, агроценози сливи та нектарина мають меншу чисельність мікроорганізмів (1007,6 та 3978,3 тис. КУО/1 г



грунту). Це вказує на меншу активність целюлозоруйнівних мікроорганізмів у цих ґрунтових системах.

Високий показник мінералізації у агроценозі персика (4,5) свідчить про велику концентрацію свіжого азоту. Це може бути пов'язано з активністю целюлозоруйнівних бактерій, які швидко розкладають рослинні залишки, забезпечуючи велику кількість доступного азоту.

З показниками мінералізації культур сливи та нектарина 1,5 та 0,63 відповідно можна припустити, що ці агроценози мають менше свіжого азоту. Це призводить до меншої активності целюлозоруйнівних мікроорганізмів, які розкладають органічні залишки.

На рисунку 3.8 зображено залежність чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів і показника мінералізації в ґрунтах під плодовими культурами СФГ «Відродження».

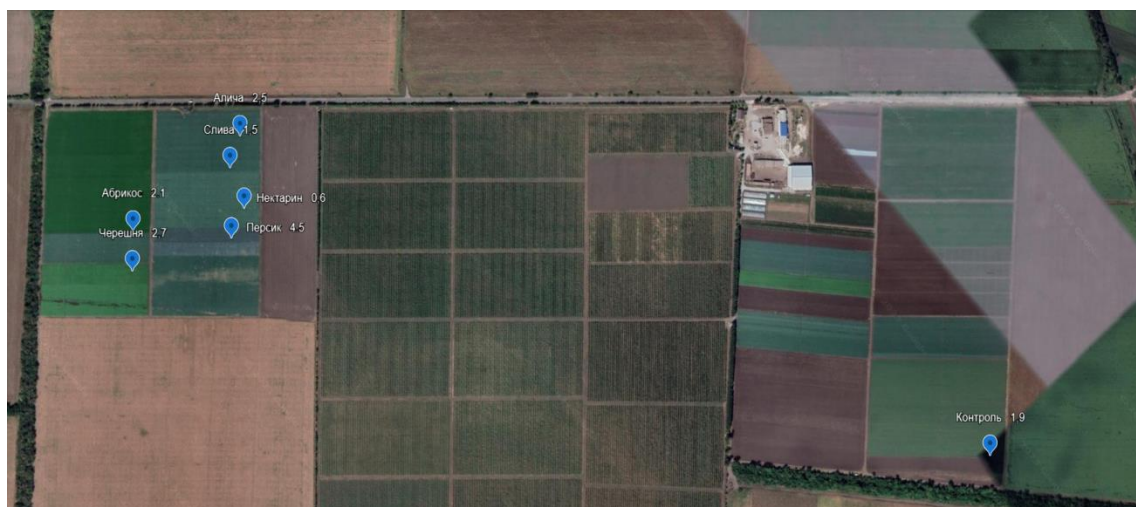


Рисунок 3.8 - Залежність чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів і показника мінералізації в ґрунтах під плодовими культурами СФГ «Відродження»

Агроценози з вищою чисельністю мікроорганізмів, такими як черешня та абрикос, мають тенденцію до вищих значень мінералізації. Це пояснюється більшою кількістю доступного азоту в ґрунті і як наслідок більшою активністю целюлозоруйнівних бактерій у цих системах, що

призводить до швидшого розкладання рослинних залишків і вивільнення свіжого азоту у ґрунт. З іншого боку, агроценози сливи та нектарина, з меншою чисельністю мікроорганізмів, мають тенденцію до менших значень мінералізації, що може вказувати на меншу концентрацію свіжого азоту та меншу активність целюлозоруйнівних мікроорганізмів, що призводить до пригнічення ґрунту

Важливо зауважити, що інші фактори, такі як типи мікроорганізмів, їхня активність та різноманіття, також можуть впливати на показник мінералізації та чисельність мікроорганізмів в агроценозах. Таким чином, взаємозв'язок між чисельністю мікроорганізмів і мінералізацією є комплексним і може бути обумовлений різноманітністю біологічних та хімічних факторів у ґрунтовій екосистемі.

Ми використовували індекс Шеннона для вимірювання біорізноманіття агроекосистеми у мікробних спільнотах. Цей індекс враховує кількість та різноманіття видів в досліджуваній системі. Індекс Шеннона враховує як кількість видів, так і їхню рівномірність у спільноті. Значення індексу зазвичай знаходиться в межах від 0 до великого числа, де вищі значення вказують на більше різноманіття в спільноті.

У таблиці 3.4 наведено показник індексу Шеннона в мікробних ценозах під плодовими культурами в ґрунтах СФГ «Відродження».

Таблиця 3.4 - Індекс Шеннона в мікробних ценозах під плодовими культурами в ґрунтах СФГ «Відродження»

Агроценози	Контроль	Черешня	Абрикос	Персик	Алича	Слива	Нектарин
Індекс Шенонна	0,89	1,10	0,87	0,68	1,48	1,06	1,12

У мікробному ценозі контрольної ділянки можна спостерігати деяку стабільність і відносно низьку різноманітність. Види, розподілені майже рівномірно, що підтверджується невеликим значенням індексу Шеннона. У

видовому складі черешні спостерігається збільшення різноманітності, різні види мікроорганізмів взаємодіють та існують, створюючи складний екосистемний пазл. У культури абрикоса різноманіття знову вище, але менше, ніж у черешні. Види можуть бути більш визначені, але все ще дозволяють існувати широкому спектру мікроорганізмів. Для персика характерне зменшення різноманітності. Середовище в мікробному ценозі персика є менш різноманітним, що може впливати на взаємодію мікроорганізмів. Різноманітність у мікробіоценозі сливи також доволі висока, що створює сприятливе середовище для різноманітних видів мікроорганізмів. У культури нектарину також спостерігається високий рівень різноманітності, що може вказувати на сприятливі умови для різноманіття видів мікроорганізмів.

На рисунку 3.9 зображено розподіл індексу Шеннона в мікробних ценозах під плодовими культурами в ґрунтах СФГ «Відродження»

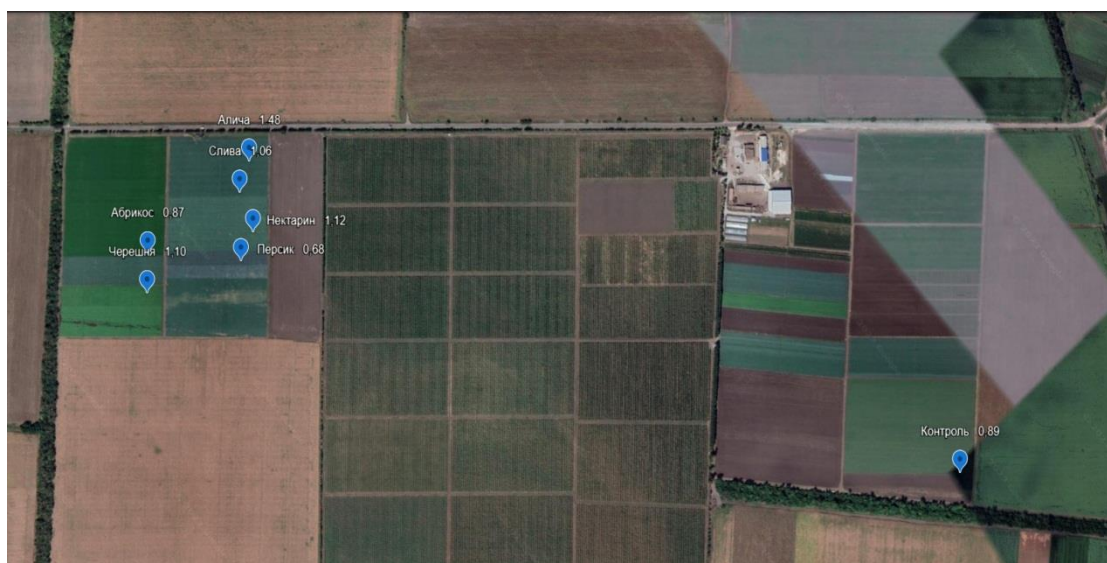


Рисунок 3.9 - Індекс Шеннона в мікробних ценозах під плодовими культурами в ґрунтах СФГ «Відродження»

Результати аналізу даних і розподілу значень індексу Шеннона, що зображено на рисунку 3.10 по саду свідчать про значущі відмінності у кількісному та видовому складі мікроорганізмів в ґрунтах агроценозів різних

плодових культур. Культури, такі як черешня, алича, слива та інші, впливають на структуру та розмаїття мікроорганізмів у ґрунті, визначаючи особливості екосистем та їхню ефективність.

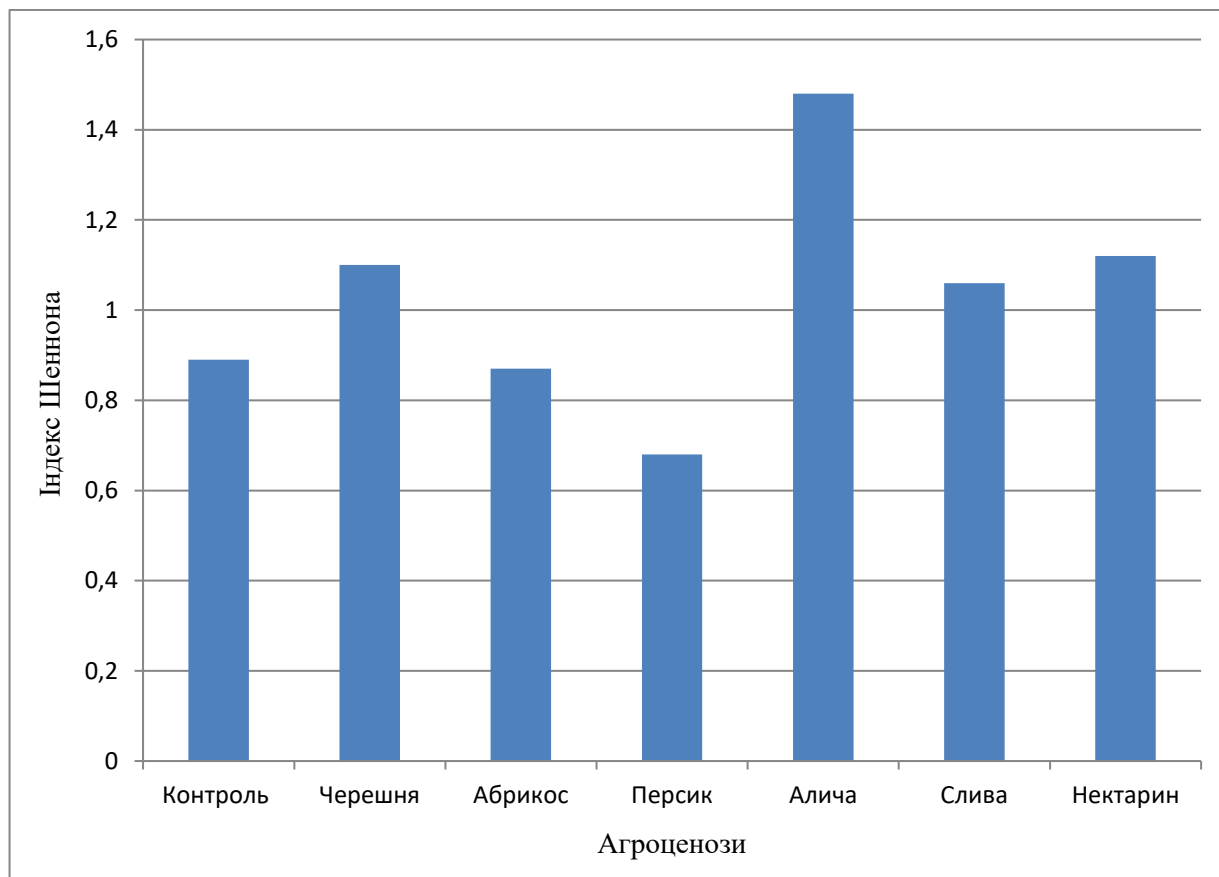


Рисунок 3.10 – Індекс Шеннона в мікробних ценозах під плодовими культурами в ґрунтах СФГ «Відродження»

Високі значення індексу вказують на складні та стійкі мікробіоми. Знайдена позитивна кореляція між кількістю видів мікроорганізмів та індексом Шеннона підтверджує, що збільшення різноманітності супроводжується підвищенням стійкості екосистеми. Розгляд різноманітності мікроорганізмів у ґрунтах плодових культур має важливі наслідки для агрокультурної практики, забезпечуючи більше науково обґрунтований підхід до утримання садів інтенсивного типу.

Підсумовуючи можна зробити висновок, що індекс Шеннона вказує на різноманітність мікроорганізмів у ґрунтах різних плодових культур.

Спостерігається, що черешня створює складну екосистему з високим рівнем різноманітності, тоді як периковий агроценоз проявляє обмеження різноманітності.

Залежність водневого показника ґрунтів з чисельністю мікроорганізмів є складною та важливою для розуміння екосистем ґрунтів та їхнього впливу на рослинний ріст та стійкість ґрунтового середовища. Водневий показник середовища ґрунту грає ключову роль у визначенні чисельності та розмаїття організмів у ґрунті, оскільки є важливим зовнішнім чинником для життєдіяльності мікроорганізмів. Рівень кислотності чи лужності ґрунту може суттєво впливати на фізіологічні процеси та витривалість різних мікроорганізмів.

У таблиці 3.5 наведено значення водневого показника та розподіл чисельності мікроорганізмів в ґрунті під плодовими культурами СФГ «Відродження»

Таблиця 3.5 - Водневий показник та розподіл чисельності мікроорганізмів в ґрунті під плодовими культурами СФГ «Відродження»

Агроценози	Контроль	Черешня	Абрикос	Персик	Алича	Слива	Нектарин
Чисельність в тис. КУО/ 1 г ґрунту	38,8	4230,0	4437,8	3908,8	4985,2	1007,6	3978,3
Водневий показник	7,09	6,91	7,34	6,73	6,64	6,78	6,86

Проведене дослідження взаємозв'язку між чисельністю мікроорганізмів у ґрунті та його водневим показником у різних агроценозах плодових культур виявило цікаві тенденції.

Науковий аналіз даних показав, що існує певний зв'язок між чисельністю мікроорганізмів та рівнем водневого показника ґрунту. Зокрема, виявлено, що в агроценозі аличі, де рН становить 6,64, спостерігається найвища чисельність мікроорганізмів (4985,2 тис. КУО/1 г ґрунту). Натомість, у контрольному варіанті з рівнем рН 7,09 чисельність мікроорганізмів складає 38,8 тис. КУО/1 г ґрунту.

На рисунку 3.11 зображено розподіл водневого показника та чисельності мікроорганізмів в ґрунті під плодовими культурами СФГ «Відродження».

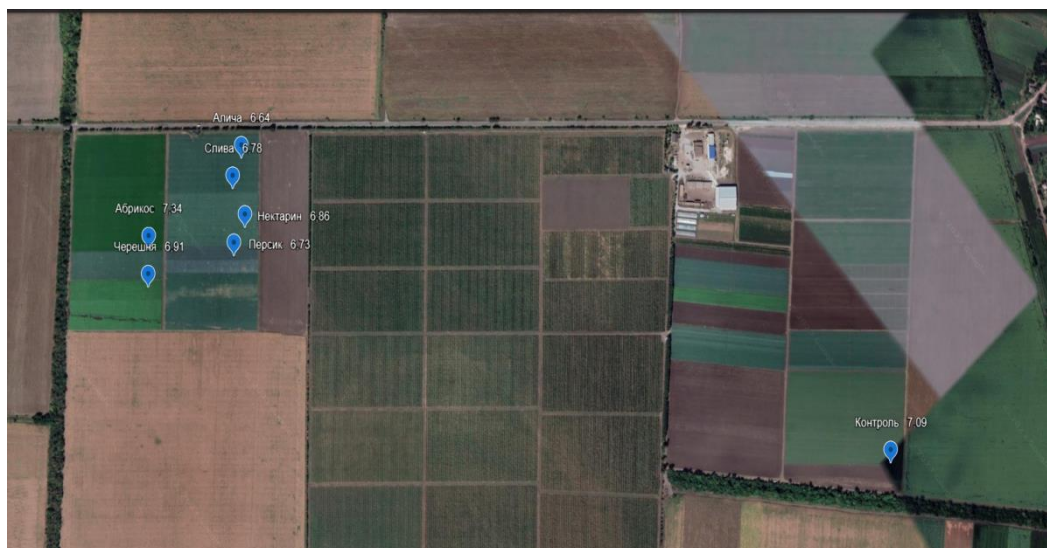


Рисунок 3.11 - Водневий показник та розподіл чисельності мікроорганізмів в ґрунті під плодовими культурами СФГ «Відродження»

Такий зв'язок свідчить про те, що чим кислотніші умови тим інтенсивніше збільшується чисельність мікроорганізмів у ґрунті. Проте, цей зв'язок неоднозначний, і відзначено, що агроценоз абрикосу, з рівнем рН 7,34, також володіє високою чисельністю мікроорганізмів (4437,8 тис. КУО/1 г ґрунту). Такі відмінності можуть бути зумовлені додатковими факторами, такими як склад ґрунту, тип рослин тощо.

Водневий показник, різноманітність і біогеографія ґрунтових бактеріальних угруповань були вивчені у працях Ноя Фірера і Роберт Б.

Джексона. Вчені досліджували 98 зразків ґрунту з усієї Північної та Південної Америки і представили опис угруповань ґрунтових бактерій і екологічних факторів, що впливають на їх біорізноманіття, у континентальному масштабі. В даних дослідженнях вчені дійшли такого висновку: «Різноманітність і багатство ґрунтових бактеріальних угруповань відрізнялися залежно від типу екосистеми, і ці відмінності в основному можна пояснити водневим показником ґрунту. Бактеріальне різноманіття було найвищим у нейтральних ґрунтах, результати свідчать про те, що мікробна біогеографія контролюється в основному едафічними змінними і принципово відрізняється від біогеографії макроорганізмів.» [50, с. 1358].

На рисунку 3.12 зображено значення водневого показника в ґрунті під плодовими культурами СФГ «Відродження».

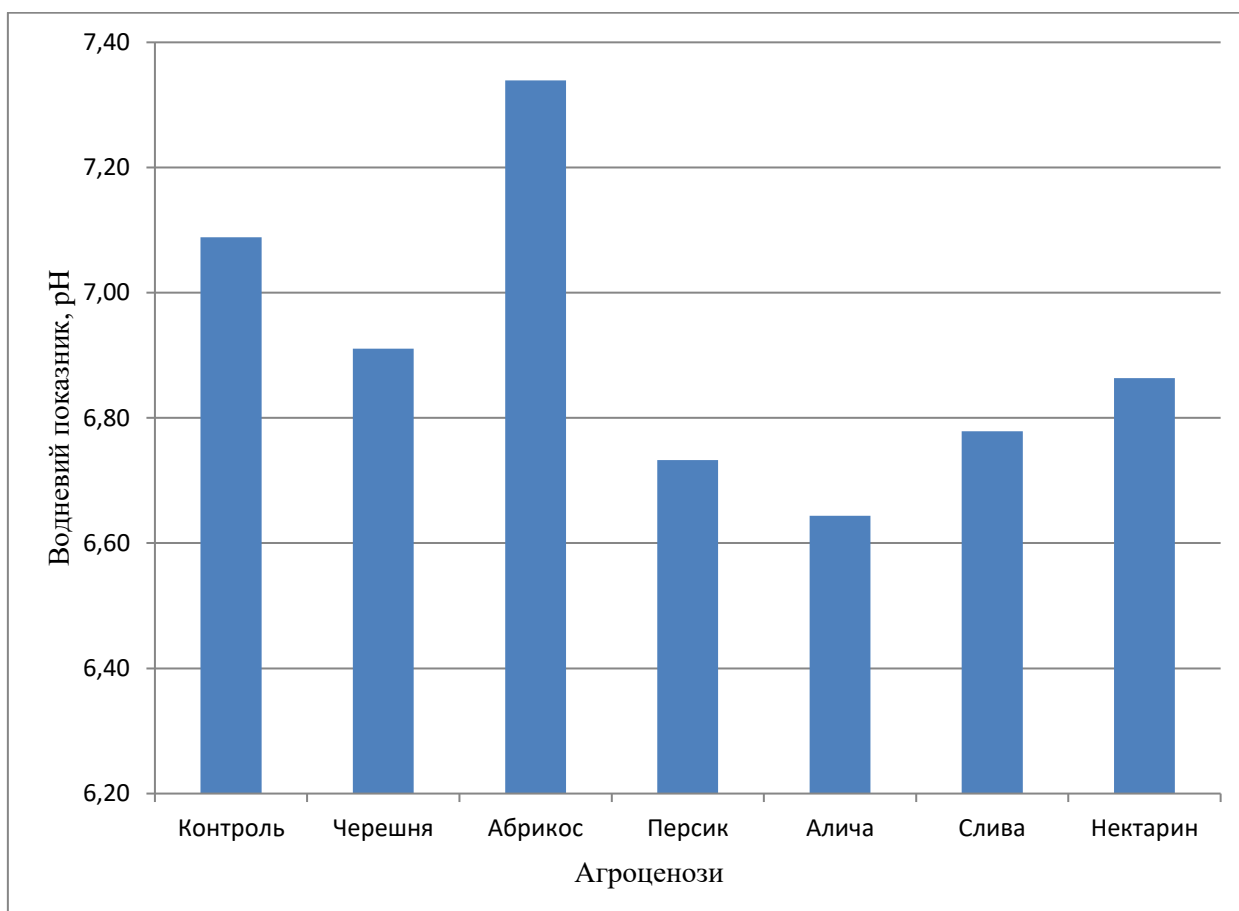


Рисунок 3.12 – Водневий показник в ґрунті під плодовими культурами СФГ «Відродження»



Підсумовуючи вищесказане можна зробити висновок про те, водневий показник, який визначає рівень кислотності або лужності ґрунту, виявляє важливу роль у визначенні чисельності та розмаїття організмів у ґрунті. Аналіз даних показав, що існує зв'язок між рівнем водневого показника і чисельністю мікроорганізмів. Наприклад, агроценоз аличі з найвищим водневим показником має найвищу чисельність мікроорганізмів, в той час як контрольний варіант з меншим водневим показником має меншу чисельність мікроорганізмів.

Структура та функціонування мікробних спільнот у ґрунтах СФГ «Відродження» пов'язані з характеристиками плодівих культур та рівнем кислотності ґрунту. Різноманітність мікроорганізмів може бути визначальною для ефективності екосистем та впливати на рослинний ріст та стійкість ґрунтового середовища.

### 3.3 Потенційні економічні переваги проведення біологічного моніторингу агроекосистем

У глибокому аналізі можливих економічних переваг від проведення досліджень активності целюлозоруйнівних організмів та сталості ґрунтової екосистеми з'являються додаткові аспекти, що роблять це дослідження важливим та перспективним для аграрного сектору.

Дослідження активності целюлозоруйнівних організмів відкриває можливість оптимізації процесів розкладання органічної речовини в ґрунті. Це може призвести до підвищення доступності поживних речовин для рослин, сприяючи вищій врожайності.

Стабільність ґрунтової екосистеми може призвести до суттєвої економії в сфері використання ресурсів, таких як добрива та агрохімікати. Рекомендації щодо оптимального управління ґрунтом призводять до



підвищення ефективності використання цього ресурсу, що впливає на економію.

Підтримка сталості ґрунтової екосистеми сприяє збереженню екосистемних послуг, таких як водоочищення, регуляція клімату та підтримка біорізноманіття. Збереження цих екосистемних послуг визначається не лише екологічною важливістю, але й економічною цінністю, оскільки вони є ключовими компонентами для забезпечення сталого розвитку та життєзабезпечення людства. Підвищення свідомості про економічні переваги досліджень у цій області може визначити нові стратегії для ефективного використання природних ресурсів та підтримки екосистемного балансу.

Економічні переваги внаслідок дослідження активності целюлозоруйнівних організмів та сталості ґрунтової екосистеми відіграють важливу роль у практичному застосуванні наукових відкриттів у галузі землеробства. Зокрема, розкладання органічної речовини целюлозоруйнівними організмами може призвести до підвищення врожайності. Зменшення витрат на добрива, раціональне використання ресурсів та оптимальне управління ґрунтом також визначаються конкретними числовими показниками, що вказують на економічну цінність досліджень.

Такий підхід допомагає перетворити наукові відкриття на практичні рішення, підсилюючи зв'язок між наукою та аграрним господарством для досягнення стійкого та ефективного землеробства.

Науково-економічний аспект впровадження рекомендацій, отриманих у результаті досліджень активності целюлозоруйнівних організмів та сталості ґрунтової екосистеми, в садових господарствах є ключовим компонентом для досягнення сталого та ефективного ведення господарства. Зазначені рекомендації базуються на вивченні біологічних процесів, що відбуваються в ґрунті, та можуть впливати на різноманітні аспекти аграрного виробництва,

включаючи врожайність, ефективність використання ресурсів та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Першою ключовою економічною вигодою впровадження досліджених рекомендацій є збільшення врожаїв. Розуміння активності целюлозоруйнівних організмів дозволяє оптимізувати процеси розкладання органічної речовини в ґрунті, що, в свою чергу, може призвести до підвищення доступності поживних речовин для рослин.

Другою ключовою перевагою є ефективне використання ресурсів. Розуміння сталості ґрунтової екосистеми дозволяє раціонально використовувати ресурси, такі як добрива та інші агрохімікати. Це може призвести до зменшення витрат на виробництво та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Третьою важливою вигодою є підвищення якості ґрунту. Результати досліджень можуть надати рекомендації щодо оптимального управління ґрунтом для забезпечення його стабільності та високої якості. Це важливо для збереження родючості та стійкості ґрунтової екосистеми.

Четвертою економічною перевагою є зменшення витрат на добрива. Якщо дослідження вказує на ефективний процес розкладання органічних решток целюлозоруйнівними організмами, це може знизити потребу у дорогоцінних добривах.

Крім того, збереження екосистемних послуг є важливим аспектом сталого землеробства. Розуміння та підтримка сталості ґрунтової екосистеми вносить свій вклад у збереження екосистемних послуг, таких як водоочищення, регуляція клімату та підтримка біорізноманіття. Це може мати значення не лише для аграрного сектору, а й для всього суспільства.

Нарешті, економічні вигоди від залучення інвестицій в аграрний сектор є важливою перспективою. У разі успішних досліджень та впровадження рекомендацій можливе привертання інвестицій, особливо якщо результати вказують на інноваційні підходи до землеробства та

екосистемного управління. Це може стимулювати розвиток галузі та сприяти утриманню високого рівня конкурентоспроможності.

Впровадження рекомендацій, отриманих в результаті досліджень активності целюлозоруйнівних організмів та сталості ґрунтової екосистеми, в садових господарствах є обґрунтованою та перспективною стратегією. Описані економічні вигоди вказують на значущий внесок цих досліджень у покращення сільськогосподарської діяльності, збереження природних ресурсів та сприяння сталому розвитку.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Заходи з охорони праці в СФГ «Відродження»

Основні принципи забезпечення безпеки та регулювання праці в Україні визначаються Конституцією України, Кодексом законів про працю, Законом "Про захист практики", а також розширюються та доповнюються відповідно до них нормативно-правовими актами, такими як укази Президента, накази, правила, положення, інструкції, стандарти та інші документи.

Директор СФГ «Відродження» несе відповідальність за умови забезпечення безпеки праці в підприємстві.

На підприємстві СФГ «Відродження» виконуються такі вказівки щодо охорони праці:

Вступний інструктаж для нових працівників, який реєструється та виконується головним інженером з техніки безпеки для запобігання аваріям. Також наголошується про проведення першого брифінгу на робочому місці для новоприйнятих працівників, який проводиться особисто керівником виборчих діляниць або керівництвом. Ці заходи визначаються як обов'язкові для забезпечення безпеки та уникнення можливих непорозумінь або конфліктів під час огляду робочого місця.

Повторне навчання проводять не рідше, ніж через півроку після першого. Всі подробиці таких інструктажів реєструються в журналі реєстрації інструкцій з охорони праці. У випадках, коли працівник має

серйозні проблеми зі здоров'ям, повторний інструктаж проводиться в штаті та реєструється. Це особливо важливо в разі попереднього планування інструктажу з охорони праці, оскільки це момент, коли можуть вноситися зміни в виробничий процес або вводяться нові процедури. В інших випадках планований інструктаж може бути невдалим, якщо його проводять не вчасно або в невідходящий момент у процесі виготовлення.

#### 4.2 Аналіз виробничого травматизму

За допомогою статистичного методу проаналізовано виробничий травматизм у господарстві СФГ «Відродження». Відповідно до цього, маючи чисельність працівників за останні три роки - 22 людини. В таблицю таблицю 4.1 занесено дані про кількість випадків травматизму на СФГ «Відродження» за 2020-2023 роки.

Таблиця – Кількість випадків травматизму на СФГ «Відродження» за 2020-2023 роки

Показники	2020	2021	2023
Кількість працівників, чол.	21	22	20
Кількість нещасних випадків	-	-	-
Кількість днів непрацездатності (Д):	-	-	-
- від травматизму			
- від захворювання			
Втрати, тис. грн:	-	-	-
- від травматизму			
- від захворювання			
Коефіцієнт частоти травматизму	-	-	-
Коефіцієнт важкості травматизму	-	-	-
Коефіцієнт втрат робочого часу	-	-	-

У господарстві встановлені та дотримуються високих стандартів безпеки праці. Це включає в себе чіткі інструкції, правила та процедури, спрямовані на запобігання травм та нещасних випадків серед працівників.

Оскільки не має зазначень про нещасні випадки протягом декількох років, це означає, що в господарстві успішно уникають ситуацій, що можуть призвести до травм або нещасних випадків.

В цілому, висловлення свідчить про те, що у господарстві приділяється серйозна увага безпеці праці, що призводить до позитивних результатів у забезпеченні безпеки та благополуччя працівників. Оскільки в господарстві не відбулося жодних нещасних випадків, можна вважати, що керівництво приділяє достатню увагу питанням охорони праці, і їх діяльність в цьому напрямку є стійкою.

#### 4.3 Охорона праці під час відбору проб ґрунту

Навіть при відсутності в ґрунті шкідливих речовин, важливо дотримуватися відповідних заходів безпеки під час відбору проб для досліджень. Це забезпечить не лише точність результатів, але й виключить можливість потенційного забруднення чистих проб ґрунту. Основні заходи безпеки включають:

##### 1. Оснащення захисним спорядженням:

Потрібно використовувати відповідне захисне спорядження, таке як рукавички та захисні окуляри, щоб уникнути прямого контакту з ґрунтом та захистити шкіру та очі.

##### 2. Чистота обладнання:

Перед відбором проб потрібно переконатися, що усе обладнання було абсолютно чисте та дезинфіковане. Це запобігає можливим зовнішнім забрудненням та забезпечує інтегритет проб.

### 3. Вивчення місцевих умов:

Потрібно оцінити місцеві умови та визначити можливі ризики, такі як нерівності ґрунту, щоб уникнути травм або нещасних випадків.

### 4. Дотримання протоколу безпеки:

Суворо дотримуватися протоколів безпеки, розроблених для відбору проб, щоб мінімізувати можливі ризики та гарантувати стабільні умови роботи.

### 5. Використання належної техніки:

Застосовувати правильні техніки відбору проб, щоб уникнути фізичного напруження та забезпечити оптимальні результати.

Навіть у відсутності визначених шкідливих речовин у ґрунті, дотримання цих заходів безпеки є ключовим для успішного та безпечного відбору проб для досліджень.

## 4.4 Заходи безпеки при роботі в лабораторії

При організації роботи в лабораторії використовують загальноприйняті стандарти безпеки праці, такі як ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 «Система стандартів безпеки праці» [51]. Системи управління охороною праці. «Загальні вимоги» (ГОСТ 12.0.230-2007, ІДТ) [52]. Для специфічної роботи в мікробіологічній лабораторії слід дотримуватись вимог ДСТУ 7748:2015 «Безпека праці. Біологічна безпека. Загальні вимоги» [53].

ДСТУ 7748:2015 є національним стандартом України, який визначає вимоги до забезпечення безпеки праці в області біологічної безпеки.

Основний акцент робиться на лабораторних умовах та роботі з біологічним матеріалом, зокрема в мікробіологічних лабораторіях.

Забезпечення організованого та безпечного робочого простору в лабораторії є критичним аспектом в справі забезпечення безпеки праці. В першу чергу, необхідно враховувати розташування та позначення обладнання та матеріалів в лабораторії. Чітке розташування та позначення сприяють не лише ефективному використанню робочого простору, а й запобігають можливим непорозумінням.

Далі, важливо враховувати виходи та шляхи евакуації. Це включає перевірку та забезпечення вільного доступу до виходів та шляхів евакуації для негайної реакції у випадку надзвичайної ситуації. Крім того, ефективна система вентиляції є ключовою для уникнення накопичення шкідливих речовин чи пилу в приміщенні.

Важливим аспектом організації робочого простору є безпека при використанні електрообладнання. Це включає в себе правила безпеки для правильного підключення та використання електричних приладів. Крім того, необхідно мати належну систему для видалення відходів, включаючи хімічні та біологічні матеріали, з метою уникнення забруднення та забезпечення відповідного оброблення відходів відповідно до стандартів безпеки.

При роботі в лабораторії персонал повинен мати доступ до чітких інструкцій та матеріалів, які надають необхідну інформацію про потенційні ризики та правила безпеки. Проведення регулярних навчань та інструктажів допомагає працівникам розуміти безпекові вимоги та вчить їх правильно взаємодіяти з обладнанням та речовинами.

Забезпечення належної інформації включає в себе оновлення та перегляд інструкцій з безпеки, а також використання засобів перевірки розуміння, таких як тести та обговорення. Моніторинг виконання правил безпеки допомагає переконатися, що працівники дотримуються встановлених процедур та уникнення можливих ризиків. Загалом, ці заходи призначені для забезпечення того, що всі працівники лабораторії мають належні знання та



дотримуються правил безпеки, щоб гарантувати ефективну та безпечну роботу.

Система вентиляції у лабораторії є критичним елементом для забезпечення безпеки працівників та уникнення можливих ризиків, пов'язаних з роботою з хімічними речовинами. Розглянемо більш детально, як вона функціонує та чому вона настільки важлива:

#### 1. Провітрювання та обмін повітрям:

- Система вентиляції забезпечує постійний потік свіжого повітря в лабораторію та виведення використаного повітря на зовнішній простір.

- Це дозволяє уникнути накопичення шкідливих випаровувань та парів, що можуть виникати при роботі з хімічними речовинами.

#### 2. Контроль температури та вологості:

- Система вентиляції допомагає підтримувати оптимальні параметри температури та вологості в лабораторії, що важливо для збереження стабільності експериментів та безпеки працівників.

#### 3. Фільтрація повітря:

- Спеціальні фільтри у системі вентиляції можуть затримувати частки пилу, аерозолі та інші частки, які можуть бути шкідливими для здоров'я.

- Це особливо важливо в лабораторіях, де може виникнути випадкове викидання дрібних частинок хімічних речовин.

#### 4. Захист від отруйних речовин:

- Система вентиляції дозволяє відводити та відсмоктати отруйні або неприємні аромати, гази чи пари, що можуть виникати при експериментах з хімічними речовинами.

Використання ефективної системи вентиляції в лабораторії є запорукою того, що працівники працюють у безпечному та здоровому середовищі, а ризики, пов'язані з хімічними речовинами, зменшуються до мінімуму. Це є необхідною складовою частиною стандартів безпеки в

лабораторії та важливим фактором у забезпеченні успішних та безпечних експериментів.

Особистий захист у лабораторії є критичним для запобігання потенційним ризикам та збереження здоров'я працівників. Розглянемо більш детально, які елементи особистого захисту використовуються та чому їх правильне використання так важливе:

#### 1. Лабораторні халати:

- Лабораторний халат є необхідним для зменшення контакту одягу працівників з хімічними речовинами чи іншими потенційно небезпечними матеріалами.

- Важливо, щоб халат був замкненим з переду, а рукави мали достатню довжину для захисту шкіри.

#### 2. Окуляри:

- Окуляри або захисні окуляри застосовуються для захисту очей від бризок, крапель та інших потенційно небезпечних частинок.

- Важливо вибрати окуляри, які повністю захищають очі та прилягають до обличчя.

#### 3. Рукавички:

- Використання рукавичок є обов'язковим для уникнення контакту шкіри з хімічними речовинами чи іншими ризикованими матеріалами.

- Рукавички повинні бути вибрані відповідно до характеру роботи та хімічної стійкості.

#### 4. Маски:

- Маски застосовуються для захисту дихальних шляхів від інгаляції шкідливих парів, газів чи пилу.

- Важливо вибирати маски відповідно до виду ризику та забезпечувати їх правильне прилягання.

#### 5. Видалення та обробка особистого захисту:

- Особистий захист, якщо він забруднений чи пошкоджений, повинен бути видалений та оброблений відповідно до встановлених процедур та правил.

- Забруднені рукавички, халати та інший захист повинні бути видалені відразу після використання, а обробка повинна відбуватися відповідно до стандартів безпеки.

Застосування відповідного особистого захисту в лабораторії є ключовим для уникнення травм та захисту здоров'я працівників від можливих ризиків, пов'язаних з роботою в умовах експериментів чи досліджень. Особистий захист має велике значення в створенні безпечного робочого середовища в лабораторії.

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що в агроценозах відбувається ефективний процес розкладання органічних решток целюлозоруйнівними мікроорганізмами. Високі показники чисельності мікроорганізмів в різних агроценозах плодкових культур свідчать про ефективність паросидеральної системи утримання саду. Присутність різноманітних фітоценозів багаторічних рослин в міжряддях сприяє збагаченню ґрунтів кореневими виділеннями, відмерлими рослинними рештками, що в свою чергу сприяє збільшенню різноманіття мікроорганізмів. Аналіз мікробних угруповань вказує на різницю у структурі та чисельності староорних ґрунтів та агроценозів плодкових культур, а різноманіття целюлозоруйнівних мікроорганізмів в агроценозах свідчить про значний вплив системи обробітку ґрунту міжрядь та загального утримання садів.

Значні показники біорізноманіття також вказують на передумови збільшення стійкості агроєкосистеми. Таким чином мікробіоти ґрунту мають більший потенціал стійкості до зовнішніх впливів, що забезпечує сталі умови для функціонування агроєкосистеми. Встановлено, що збіднення видового складу целюлозоруйнівних мікроорганізмів, що виявлено на контрольних ділянках староорного ґрунту вказують на несприятливі умови для стійкості мікробоценозів, зокрема збільшується вразливість та чутливість до стресових факторів, що впливає на весь агроценоз.

Умови розкладання рослинних залишків у агроценозі сливи, виявилися особливо низькими порівняно з іншими культурами. Цей факт вказує на зовнішні впливи на мікробну активність, яка відповідає за процеси мінералізації і перетворення органічної речовини в ґрунті.

Встановлено вплив фізико-хімічних показників на чисельність целюлозоруйнівних мікроорганізмів в агроценозах плодкових культур і це може бути ключовим у регулюванні мікробіоти ґрунту та забезпечення стабільності агроєкосистеми, також структура та функціонування мікробних спільнот у ґрунтах СФГ «Відродження» залежать від виду плодкових культур, а різноманіття мікроорганізмів вказує на стан агроєкосистем, зокрема на розвиток рослин і стійкість ґрунтового середовища.

Аналіз даних підтверджує перспективи впровадження технологій вирощування культур у селянському фермерському господарстві «Відродження». Ці технології можуть допомогти зберегти різноманіття ґрунтової мікрофлори, враховуючи особливості різних плодкових культур.

На основі наших досліджень ми рекомендуємо враховувати важливість активності целюлозоруйнівних організмів для оптимізації процесів розкладання органічної речовини в ґрунті. Це важливо не лише для сталості ґрунтової екосистеми, але й для підвищення доступності поживних речовин для рослин, що може призвести до збільшення врожаю.

Також рекомендуємо для оптимізації управління ґрунтом, спрямованої на забезпечення стабільності надходження свіжої органічної речовини, що вплине на якісні показники ґрунтового мікробіому та агроєкосистеми в цілому. Це забезпечить збереження родючості та стійкості ґрунтового середовища в умовах багаторічних насаджень. В цілому, наші дослідження відкривають перспективи для реалізації екологічно дружніх технологій вирощування культур у селянському фермерському господарстві «Відродження». Ці технології не лише сприятимуть збереженню біорізноманіття ґрунтової мікрофлори, але й можуть мати значущий економічний та екологічний вплив на сільське господарство регіону.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андреюк К. И., Валагурова Е. В. Основы экологии почвенных микроорганизмов. – К.: Наукова думка, 1992. – 224 с.
2. Cerna V., Elhottova D., Santruckova H. Functional groups of soil microbial community // International Symposium on "Structure and Function of Soil Microbiota". – 2003. – P. 3–67.
3. Звягинцев Д. Г. Успехи і сучасні проблеми почвенної мікробіології // Почвоведение. – 1987. – №10. – С. 44–51.
4. Патица В. П. Мікроорганізми і врожай // Наук.-виробн. конф. "Оптимізація структури агроландшафтів і раціональне використання ґрунтових ресурсів". – К., 2000. – С. 26–27.
5. Bekken L. R. Straw decomposition in soil, effects on denitrification and mineralization immobilization of nitrogen during the autumn and spring // Meld. Norg. Landbrukshogsr. – 1986. – 65. – № 13. – P. 1–16.
6. Біологічний енциклопедичний словник. Гл. ред. М. С. Гиляров; Редкол.: А. А. Бабаєв, Г. Г. Вінберг, Г. А. Заварзін і ін. — 2-е изд., исправл. – М.: Сов. Енциклопедія, 1986.
7. Анкудимова Н. В. Біохімічні і фізико-хімічні властивості ключової тополитичної ендоглюканази целюлазного комплексу *Chaetomium cellulyticum*: дис. кандидата хімічних наук: 2000/ Н. В. Анкудимова, 2000. – 116 с.
8. Ruschmeyer OR, Schmidt EL. Cellulose Decomposition in Soil Burial Beds: II. Cellulolytic Activity as Influenced by Alteration of Soil Properties. Appl Microbiol. 1958 Mar;6(2):115-20. doi: 10.1128/am.6.2.115-120.1958.

9. Пабло Гарсія-Паласіос, Фернандо Т. Маестре, Єнс Каттге, Діана Х. Клімат і якість підстилки по-різному модулюють вплив ґрунтової фауни на розкладання підстилки в біомах Уолл *Ecology Letters* (2013) 16, 1045–1053.
10. Ruschmeyer OR, Schmidt EL. Cellulose Decomposition in Soil Burial Beds: II. Cellulolytic Activity as Influenced by Alteration of Soil Properties. *Appl Microbiol.* 1958 Mar;6(2):115-20. doi: 10.1128/am.6.2.115-120.1958. PMID: 16349581; PMCID: PMC1057368.
11. Карягіна Л.А. Вплив умов гуміфікації соломи на накопичення загального вуглецю, мікрофлору, активність ферментів в дерново-підзолистій ґрунті/ Л.А. Карягіна, Л.І. Стефанькіна/Лучевые исследования. — Мінск: Ураджай, 1987. — С. 93-102.
12. Андреюк Е.И., Валагурова Е.В. Основы экологии почвенных микроорганизмов. — Київ: Наук.думка, 1992. — 223 с.
13. О.Л. Матвеева, І.Л. Трофімов, Є.В. Муравицька «Дослідження інтенсивності біодеградації целюлозовмісних матеріалів в ґрунтах різного типу».
14. <http://ua.korrespondent.net/tech/science/1429255> - Гриби виробляють біопаливо швидше і ефективніше, ніж бактерії. (дата звернення: 07.11.2023)
15. Добровольская Т.Г. Бактеріальне різноманіття ґрунтів: оцінка методів, можливостей, перспектив /Т.Г., Добровольская, Л.В. Лисак, Г.М. Зенова, Д.Г. Звягінцев //Мікробіол. — 2001. — Т. 70, № 2. — С. 149-167.
16. Rosario de Filipe Anton Ma. Interacciones microorganismo suelo planta en la preservación del Medio Ambiente y la Salud /Rosario de Filipe Anton Ma //An. Real acad.nac.farm. — 2004. — Vol. 70, № 3. — P. 743-776.
17. Добровольський Г.В. Екологічні функції ґрунту /Г.В. Добровольський, Є.Д. Никітін. — М.: Вид. МГУ, 1986. — 135 с.
18. Giezevel P. Research of the dynamics of the biomass of the soil microbocenoses in deluvial-meadow soils under natural grassland ecosystem /

- Giezevel P., Bogoev V. // Год. Софийск ун-т. Биол. фак. – 1997. – Vol. 87. – С. 65-71.
19. Nakamura Y. Secreted phytase activities of yeasts / Nakamura Y., Fukuhara H., Sano K. // Biosci. Biochem. – 2000. – Vol. 64, № 4. – P. 841-844.
20. Мишустин Е.Н. Мікробіологія / Е.Н. Мишустин, В.Т. Емцев. – М.: Высшая школа, 1978. – 350 с
21. Oades J.M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure / Oades J.M. // Geoderma. – 1993. – № 56. – P. 377-400.
22. Шевченко І.П. Вплив способів обробітку і добрив на стан мікробного ценозу та фітотоксичні властивості чорнозему типового еродованого / Шевченко І.П., Драч Ю.О., Яценко С.В. // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 10. – С. 12-15.
23. Виноградский С.Н. Мікробіологія ґрунту / С.Н. Виноградский. – М.: Изд. АН СССР, 1952. – 792 с.
24. Головка Э.А. Мікроорганізми в аллелопатії вищих рослин / Э.А. Головка. – К. : Наук. думка, 1984. – 197 с.
25. Lupwayi N.Z. Soil microbial density and community structure under wheat as influenced by tillage and crop ration / Lupwayi N.Z., Rice W.A., Clayton G.W. // Soil Biol. Biochem. – 1998. – № 30. – P. 1733-1741.
26. Kuske C.R. Diverse uncultivated bacterial groups from soils of the arid southwestern United States that are present in many geographic regions / Kuske C.R., Barus S.M. and Buchs J.D. // Appl. Environ. Microbiol. – 1997. – № 63. – P. 3614-3621.
27. Верниченко Л.Ю. Вплив соломи на ґрунтові процеси і врожай сільськогосподарських культур / Л.Ю. Верниченко, Е.Н. Мишустин // Використання соломи як органічного добрива. – М.: Наука, 1980. – С.
28. Бабьева И.П. Біологія ґрунту / И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – М.: Изд. МГУ, 1989. – 335 с.



29. Билай В.И. Трансформация целлюлозы грибами / В.И. Билай, Т.И. Билай, Е.Г. Мусич. – К.: Наук. думка, 1982. – 294 с.
30. Титова Л.В. Влияние высокодисперсных материалов на физиологическую активность бактерий рода *Azotobacter* / Титова Л.В., Антипчук А.Ф., Курдиш И.К. и др. // Микробиол. журн. – 1994. – Т. 56, № 3. – С. 60-65.
31. Берестецкий О.А. Фитотоксины почвенных микроорганизмов и их экологическая роль / О.А. Берестецкий // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. – Л., 1978. – С. 7-30.
32. Казюта О.М. Гумусовий стан ґрунтів заплави Сіверського Дінця / Казюта О.М. // Наук. вісник Чернівецького ун-ту. – 2005. – Вип. 252. Біологія. – С. 96-102.
33. Gelsomino A. Assesment of bacterial community structure in soil by polymerase chain reaction and denaturing gradient gel electrophoresis / Gelsomino A., Keijzer-Wolters A.C., Cacco G., van Elsas J.D. // J. Microdiol. Methods. – 1999. – Vol.
34. Øvreas L. Microbial community changes in perturbed agricultural soil investigated by molecular and physiological approaches / Øvreas L., Jensen S., Daae T.L., Torsvik V. // Appl. Environ. Microbiol. – 1998. – Vol. 64, № 7. – P. 2739
35. Кудзін Ю.К. Бактеріальні добрива / Ю.К. Кудзін. – К.: Держсільгоспвидав УРСР, 1962. – 108 с.
36. Почвы Украины и повышение их плодородия: В 2 т. – К.: Урожай, 1988. Т.1-2.
37. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1980.
38. Кушнірук, В. С., Кушнирук, В. С., Єрмаков, О. Ю., Єрмаков, О. Ю., Шибаніна, О. В., & Шибанина, Е. В. (2009). Організаційно-економічний механізм ефективного ведення садівництва в аграрних підприємствах регіону

39. Методика економічної та енергетичної оцінки типів насаджень, сортів, інвестицій в основний капітал, інновацій та результатів технологічних досліджень у садівництві. За ред. О. М. Шестопаля. – К., 2006. – 141 с.
40. Тимошок К, І. В.; Барабаш, Л. О.; Фризюк, Л. А. Механізація закладання інтенсивних насаджень плодкових культур. Садівництво, 2013, 67: 204-208.
41. Земельний кодекс України. – Львів: НВФ “Українські технології”, 2001. – 80 с.
42. Гаськевич В. Г. Лучно-чорноземні ґрунти Малоого Полісся // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія. Тернопіль: СМП «Тайп», 2012. № 2 (вип. 32). С. 24–29.
43. Клімат України / За ред. В.М.Ліпінського, В.А.Дячука, В.М.Бабіченко. – К.: Вид. Раєвського, 2003. – 343 с
44. Derkach D.F. To the method of measuring the temperature of fruit-bearing trees. of agricultural science, 1976. – №2. - с.58-64.
45. ДСТУ 4287:2004 «Якість ґрунту»
46. ДСТУ ISO 11465-2001 «Якість ґрунту»
47. ДСТУ ISO 11465–2001 Якість ґрунту. Визначення сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод (ISO 11465:1993, IDT).
48. Shannon C. E., Warren Weaver. The mathematical theory of communication. Urbana: the University of Illinois Press. 1949.
49. Fierer, N. Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. Nat. Rev. Microbiol. 15, 579–590 (2017).
50. N. Fierer, M.A. Bradford, R.B. Jackson, Toward an ecological classification of soil bacteria Ecology, 88 (2007), pp. 1354-1364.
51. ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 «Система стандартів безпеки праці».
52. ГОСТ 12.0.230-2007 «Загальні вимоги».
53. ДСТУ 7748:2015 «Безпека праці. Біологічна безпека. Загальні вимоги».