

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут Природокористування
Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

студента Маліченка Валерія Валерійовича
(ПІБ)

академічної групи 183-20-1
(шифр)

спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою – «Технології захисту навколишнього
(офіційна назва)

середовища»

на тему Дослідження впливу композитних брикетів з відходів кави на
(назва за наказом ректора)

ростові показники рослин-фіторемедіантів

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
кваліфікаційної роботи	Ковров О.С.		
розділів:			
Теоретичного	Ковров О.С.		
Технологічного	Ковров О.С.		
Охорона праці	Столбченко О.В.		
Рецензент	Сай К.С.		
Нормоконтролер	Грунтова В.Ю.		

Дніпро
2024

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:
 завідувачка кафедри ЕТЗНС
 Борисовська О.О.

« ____ » _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра

студенту Маліченко В.В. академічної групи 183-20-1
 (прізвище та ініціали) (шифр)
 спеціальності – 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
 (код і назва спеціальності)
 за освітньо-професійною програмою – Технології захисту навколишнього
 (офіційна назва)

середовища

на тему Дослідження впливу композитних брикетів з відходів кави на
ростові показники рослин-фіторемедіантів

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 21.05.24 №
453с.

	Розділ	Зміст	Термін виконання
1	Теоретичний	Проаналізувати проблему забруднення ґрунтів; дослідити ефективність практики фітомеліорації; визначити проблему оброблення ґрунтів добривами та хімікатами; дослідити проблему кавових.	09.11.23- 12.01.24
2	Технологічний	Проаналізувати методологію біотестування; провести експеримент з вирощування тест-культур методом ростового тесту; виконати статистичну обробку та аналіз результатів експерименту; визначити достовірність отриманих даних; дослідити показники фільтрату.	22.01.24- 14.03.24
3	Охорона праці	Дослідити умови праці в лабораторії; визначити та охарактеризувати небезпечні фактори роботи в лабораторії; запропонувати технічні та організаційні заходи з охорони праці в лабораторії.	21.03.24- 14.04.24

Завдання видано _____

(підпис керівника)

Ковров О.С.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____

(підпис студента)

Маліченко В.В.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 82 с., 18 рис., 27 табл., 7 додатки, 49 літературних джерел.

Мета роботи: дослідити вплив відходів кави різної концентрації на ростові показники піддослідних рослин методом ростового тесту, а також визначити оптимальну концентрацію кавової гущі у складі субстрату при якій спостерігається найкращі показники стимулюючого ефекту для рослин.

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми утворення відходів кави та перспективи цільового використання відходу в якості біодобрива для відновлення порушених земель, а також сформовані задачі дипломної роботи.

У теоретичному розділі розглянуто актуальність питання збереження та відновлення земельних ресурсів. Проаналізовано актуальність практики фітомеліорації порушених земель. Досліджено типові приклади заходів фітомеліорації та фіторемедіації ґрунтів.

У технологічному розділі наведено результати проведеного експерименту з вирощування рослин-меліорантів на субстратах з різною концентрацією кави та досліджено фізичні, хімічні та біологічні показники фільтрату, що утворився в процесі поливу рослин.

У розділі охорона праці визначено та класифіковано типові небезпечні фактори, що можуть виникнути під час роботи в лабораторії, обґрунтовано організаційні та технологічні заходи, що направлені мінімізувати прояв негативних чинників та забезпечити сприятливі умови праці.

У висновках наведено основні результати дослідження, а також запропоновано ефективні концентрації відходів кави у якості біодобрива.

ВІДХОДИ КАВИ, КАВОВА ГУЩА, БІОДОБРИВО, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ, ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ, РОСЛИНИ, ВІДНОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ, ҐРУНТИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ФІТОМЕЛІОРАЦІЇ ТА ПРИНЦИПИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ.....	8
1.1 Актуальність проблеми рекультивації деградованих та забруднених грунтів.....	8
1.2 Аналіз використання фітомеліорантів для відновлення потенціалу земель.....	10
1.3 Проблеми використання органічних і мінеральних добрив, а також різних хімічних препаратів.....	13
1.4 Досвід використання альтернативних фітомеліорантів чи біологічних добрив.....	19
1.5 Особливості вирощування та перспективи застосування рослинних культур гірчиця біла, сорго трав'янисте та стоколос безостий.....	22
1.6 Досвід використання відходів кави.....	25
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОМПОЗИТНИХ БРИКЕТІВ З ВІДХОДІВ КАВИ НА РОСТОВІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН- ФІТОРЕМЕДІАНТІВ.....	29
2.1 Біотестування як перспективний та високоефективний метод проведення екологічних досліджень з визначення впливу чинників на довкілля та його компоненти.....	29
2.2 Оцінка стимулюючого ефекту відходів кави на ростові показники тест-культур за допомогою «Ростового тесту».....	30
2.2.1 Підготовка та проведення експерименту з вирощування рослин- фіторемедіантів на субстратах з додаванням відходів кави.....	31
2.2.2 Статистична обробка та аналіз результатів ростового тесту.....	39
2.2.3 Визначення фізико-хімічних та біологічних показників фільтрату, що утворився в ході поливу рослин.....	50

РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ	57
3.1 Умови праці в лабораторії.....	57
3.2 Характеристика небезпечних факторів під час проведення дослідження в лабораторних умовах.....	60
3.3 Технічні та організаційні заходи з охорони праці в лабораторії.....	61
3.3.1 Заходи протипожежної безпеки.....	65
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	71
Додаток А. Копія публікації «Аналіз сучасного досвіду використання відходів кави в Україні».....	76
Додаток Б. Копія публікації «Дослідження впливу кавової гущі на ростові показники рослин методом ростового тесту».....	77
Додаток В. Відгук керівника.....	78
Додаток Г. Рецензія.....	79
Додаток Д. Довідка про результати перевірки тексту кваліфікаційної роботи бакалавра на присутність запозичень.....	80
Додаток Е. Результати перевірки модулем пошуку Plagiarism Checker X....	81
Додаток Є. Відгук керівника розділу «Охорона праці» та нормоконтролера	82

ВСТУП

Актуальність теми. З року в рік зберігається тенденція до поступового збільшення споживання кавових напоїв у світі, що в свою чергу сприяє утворенню все більшої кількості відходів. Рештки кавових бобів, як і інші рештки продуктів харчування, що мають органічне походження відносяться до IV класу небезпеки — мало небезпечні відходи, якщо брати до уваги масштаби та об'єми утворення відходів, однозначно, можна говорити про суттєвий негативний вплив на компоненти навколишнього середовища та довкілля в цілому. Наразі основним методом утилізації кавових відходів є захоронення на сміттєзвалищах, полігонах або спалювання, ці заходи не попереджують забруднення навколишнього середовища на достатньо екологічному рівні. Тому постає актуальне питання запропонувати новий спосіб утилізації відходу. Використання відходів кави як основи для біодобрива, сприяє росту та розвитку рослинності, слідує цілям сталого розвитку, не тільки попереджує забруднення, а й сприяє відновленню та захисту природного середовища.

Метою роботи є дослідження впливу відходів кави різної концентрації на процес росту та розвитку рослин, а також обґрунтування перспективи використання кавових відходів в якості біодобрива.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені наступні задачі:

1. Розглянути проблему рекультивації деградованих земельних ділянок та забруднених ґрунтів; проаналізувати актуальність використання фітомеліорантів для відновлення потенціалу земель; визначити проблеми використання різного походження добрив; запропонувати альтернативні види фітомеліорантів чи біологічних добрив; розглянути особливості вирощування та перспективи використання рослин, що пророщуються в досліді: суданська трава, гірчиця біла, стоколос безостий; дослідити шляхи використання відходів кави; підбити підсумки.

2. Проаналізувати загальні методологічні засади біотестування; визначити особливості методики проведення ростового тесту; виконати

експеримент з вирощування піддослідних рослин; виконати статистичні розрахунки отриманих результатів; встановити достовірність отриманих даних; виконати дослідження складу фільтрату, що утворився; зробити висновки.

3. Визначити умови праці в лабораторії; встановити та класифікувати небезпечні фактори, що можуть проявитися під час роботи в лабораторії; запропонувати організаційні та технологічні заходи з охорони праці в конкретних умовах; визначити особливості протипожежної профілактики за конкретних умов; визначити порядок дій у надзвичайних ситуаціях.

Практичне значення роботи полягає в зменшенні кількості відходів кави, що утворюються та накопичуються за рахунок цільового використання в якості біодобрива. Часткове покриття потреби живлення рослин добривом з кавової гущі зменшує потреби внесення органо-мінеральних добрив, що позитивно впливає на стан земельних ресурсів та має економічну вигоду.

Апробація результатів бакалаврської роботи. Зроблено доповідь на конференції «Молодь: наука та інновації» (Дніпро, 24 листопада 2023 р.).

Публікації:

1. Маліченко В.В. Аналіз сучасного досвіду використання відходів кави в Україні: матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 22–24 листопада 2023 року: «Молодь: наука та інновації». Дніпро: НТУ «ДП», 2023. С. 300-301.
2. Маліченко В.В. Дослідження впливу кавової гущі на ростові показники рослин методом ростового тесту: матеріали сімдесят дев'ятої студентської науково-технічної конференції, Дніпро, 8-12 квітня 2024 року: «ТИЖДЕНЬ СТУДЕНТСЬКОЇ НАУКИ». Дніпро: НТУ «ДП», 2024. С. 291-292.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ФІТОМЕЛІОРАЦІЇ ТА ПРИНЦИПИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Актуальність проблеми рекультивації деградованих та забруднених ґрунтів

Протягом усього розвитку людства питання збереження родючості земель мало пріоритетне значення. Ґрунти виконують багато функцій та відіграють надважливу роль для всього живого. Збереження якісного стану ґрунтового покриву прямо чи опосередковано впливає на: біорізноманіття організмів та рослин, міграцію елементів, особливості клімату, зокрема глобальне потепління, стійкість екосистем та біосфери в цілому.

Загальна площа земель в Україні складає 60,3 млн га, з яких майже 70% припадає на сільськогосподарські угіддя. Постійний моніторинг за станом ґрунтів та своєчасне попередження процесів їх деградації є передумовою забезпечення населення країни продовольчими ресурсами. Процеси деградації призводять до втрат сільськогосподарської продукції, що в свою чергу утворює низку проблем серед яких підвищення цін на продукти та зниження якості життя населення [1].

Основними причинами погіршення якісних показників ґрунтового шару є антропогенне забруднення, а саме в рамках сільськогосподарської діяльності оброблення земельних ділянок хімікатами та мінеральними добривами для захисту та живлення сільськогосподарських культур, а також поширення промислових поллютантів за межі промислових зон. Негативний вплив обумовлений: підвищенням концентрації певних речовин в складі ґрунту вище гранично допустимого, зміною кислотності середовища, порушенням катіонного обміну, гибеллю мікроорганізмів, ерозійними процесами та утворенням техногенної пустелі. Як наслідок маємо значні зміни фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунту [2].

До інших причин, які обумовлюють забруднення ґрунтів належать:

- підземна та поверхнева гірничодобувна промисловість;
- нафтовидобувна промисловість;
- захоронення міських відходів на сміттєзвалищах;
- діяльність автотранспорту.

За результатами проведених обстежень в 2020 році виявлено, що майже 62% ґрунтів України мають середній та підвищений вміст гумусу, більше 15% — низький та дуже низький, і лише близько 23% мають високий та дуже високий вміст гумусу, а також визначено, що близько 19% є кислими та 24% лужними. Сьогодні в основному застосовують азотні добрива, які мають кисле походження та лише погіршують наявну проблему. Найбільш дієвий засіб відтворення гумусу – органічні добрива, обсяги внесення яких зовсім незначні та не задовольняють потребу [3].

Типовими забруднювачами земельних ресурсів є:

- важкі метали;
- агрохімікати, зокрема пестициди, гербіциди та різні мінеральні добрива;
- нафтопродукти;
- радіонукліди;
- рештки органічного походження;
- тверді побутові відходи, особливо матеріали полімерного походження;
- біологічні забруднювачі, зокрема віруси, бактерії та грибки.

Рекультивация земель – це комплекс різноманітних робіт, спрямованих не тільки на часткове відновлення порушених територіальних комплексів, які зазнали негативний вплив, а й створення на тих місцях ще більш продуктивних та раціональних елементів антропогенних ландшафтів, тобто кінцевим результатом є створення техногенно оптимізованих територій та поліпшення умов навколишнього середовища [4].

Рекультивацию земель здебільшого реалізують у два етапи: технічний та біологічний. Технічний етап є підготовчим, передбачає планування, зняття і нанесення родючого шару ґрунту, встановлення гідротехнічного та меліоративного обладнання, захоронення знятого токсичного шару породи, а

також провадження інших робіт, які в подальшому сприятимуть утворенню необхідних умов для використання рекультивованих земель за призначенням та для проведення подальших заходів з відновлення родючості ґрунту. Біологічний етап в свою чергу передбачає застосування комплексу агротехнічних та фітомеліоративних заходів, які направлені покращувати фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту [5].

1.2 Аналіз використання фітомеліорантів для відновлення потенціалу земель

Фітомеліорація є одним з напрямків прикладної екології, сутність якого базується на дослідженні, прогнозуванні та використанні фітоценозів, природних чи штучних, з метою покращення геофізичних, геохімічних, біотичних, просторових та естетичних характеристик навколишнього середовища, проектуванні та створення штучних рослинних угруповань [6].

Розрізняють декілька видів фітомеліорації за сферами застосування:

- сільськогосподарська;
- лісогосподарська;
- інженерно-захисна;
- рекреаційна;
- естетична;
- архітектурно-планувальна.

Сільськогосподарська фітомеліорація передбачає вирощування на порушених земельних ділянках певних сільськогосподарських культур. Оскільки ступінь деградації ґрунтів може бути значним, то більшість розкритих порід на ділянці виділеній для подальшої меліорації за хімічними та фізичними показниками є малоприсадними чи взагалі не присадними для росту та розвитку рослин. Тоді виконують попередні підготовчі роботи, заздалегідь вносять родючий шар ґрунту, проводять терасування, подрібнюють брили та просіюють подрібнену породу. При виборі сільськогосподарських культур для вирощування

на відповідній ділянці з ціллю подальшої меліорації надають перевагу рослинам, які вже тут росли раніше або ростуть неподалік на непорушених землях. Головною метою сільськогосподарської фітомеліорації є скорочення розриву між простоем та використанням земель, а також дотримання спеціального догляду за культурами та насипним шаром [7].

Лісогосподарська фітомеліорація передбачає застосування відповідних заходів озеленення лісових ділянок для відновлення лісових ресурсів та створення продуктивних лісових екосистем. При формуванні видового складу лісових фітоценозів надають перевагу деревним, чагарниковим і трав'янистим рослинам, які не надто вибагливі до умов навколишнього середовища, швидко зростають, мають добре розвинену кореневу систему та позитивно впливають на прилеглі ґрунти в наслідок утворення гумусу та збагачення азотом [8].

Інженерно-захисна фітомеліорація застосовується на місцях вразливих до стихійних умов або інших місцях, які є функціонально важливими. На цих місцевостях провадять роботи з вирощування рослинності, яка наприклад має добре розвинену кореневу систему або значну зелену біомасу. Ці рослини сприяють захисту територій від різних геофізичних чинників.

Рекреаційна фітомеліорація спрямована на озеленення міст та приміських зон, а також інших населених пунктів для створення задовільних умов відпочинку населення. Результатом озеленення є утворення зон відпочинку: парки, лісопарки, сади та сквери, набережні та бульвари, тощо [9].

Естетична фітомеліорація передбачає використання декоративної рослинності з метою створення зон, де можна відпочити, відновити психоемоційний стан та духовно збагатитись. При створенні таких місць оперують різними художньо-декоративними засадами. Враховують різну комбінацію забарвлень квітів та стебл, форм листя та крони, а також розмірів та фактури рослин [10].

Архітектурно-планувальна фітомеліорація базується на створенні раціонально організованих систем озеленення міст та інших населених пунктів, що передбачають об'єднання усіх зелених насаджень, незалежно від

функціональної належності в єдину цілу систему [11].

Фітомеліоранти – культури рослин, які використовуються в процесі фітомеліорації для покращення фізичних, хімічних та біологічних показників ґрунтів. Основні функції, які виконують фітомеліоранти:

- фітофіксація;
- фітоаккумуляція;
- фітодетоксикація;
- фітостабілізація;
- декоративна.

Серед рослин-меліорантів найбільш популяризованими є: люцерна, стоколос, конюшина, соняшник, гірчиця, сорго, еспарцет, люпин, живокіст, бамбук, тасак та інші.

Люпин, завдяки гарним показникам утримувати сполуки азоту, проявляє себе як чудовий азотфіксатор, а також має здатність до акумуляції рухомих форм калію, що також виражає позитивний ефект на ґрунти [12].

Люцерна та інші бобові трави є важливими фітомеліорантами, мають добре розвинену кореневу систему, що сприяє зміцненню структури ґрунтів та попереджує ерозійні процеси. Також люцерна позитивно впливає на процес утворення гумусу та здатна акумулювати в ґрунті сполуки азоту, фосфору та калію. Чим більш розвинена коренева система цієї рослини, тим краще вона здатна фіксувати азот з повітря та накопичувати інші важливі сполуки [13].

Виправдано екологічним та дієвим засобом поліпшення ситуації з кислими ґрунтами є висівання на них еспарцету та конюшини. Зазначені рослини мають досить добре розвинену кореневу систему, завдяки чому вони можуть взаємодіяти з глибоко розташованими шарами ґрунту, де уловлюють кальцій та накопичують його в орному шарі. Крім того конюшина та еспарцет мають багато інших позитивних впливів на земельну ділянку на якій вони зростають: активізують мікробіологічні процеси, створюють сприятливі умови для розмноження азотфіксуючих бактерій, перешкоджають росту бур'янів, а також розвитку патогенів та комах шкідників [14].

Гірчиця є важливою культурою, яка проявляє меліоративні властивості, здатна захищати та відновлювати природний потенціал порушених земель. Вона відноситься до витривалих рослин, має збалансовану систему використання води завдяки низькому коефіцієнту транспірації, що дозволяє їй рости та розвиватися в степовій зоні, де мало опадів та високий температурний режим. Кількість видів патогенних організмів, що можуть вплинути на гірчицю – незначна. Ще однією важливою здатністю є швидкість приросту біомаси. На останок встановлено, що після збирання урожаю гірчиці спостерігається зменшення розвитку до 80% річних та близько 65% багаторічних бур'янів [15].

Серед рослин-меліорантів слід відзначити суданську траву, також відому як сорго. Вона має властивості до гіперакумуляції важких металів, таких як свинець, кадмій та нікель, що є першочерговими забруднювачами ґрунтів. Окрім цього сорго має густу кореневу систему, що може позитивно вплинути на структуру ґрунтів та здатність утримувати вологу.

Рослини роду живокіст знайшли своє застосування у меліорації засоленних земель. Під час життєвого циклу рослини живокосту завдяки процесу адсорбції акумулюють натрій з товщі ґрунту, а далі в процесі метаболізму синтезують алкалоїди [16].

Ще одним прикладом рослин, які використовують для фітомеліорації – бамбук. Він не дуже вибагливий до умов зростання, а також здатний за дуже короткий період значно збільшувати приріст біомаси. Серед іншого бамбук є гарним фітостабілізатором має добре розвинену густу та розгалужену кореневу систему, що сприяє захисту ґрунтів від ерозійних процесів.

1.3 Проблеми використання органічних і мінеральних добрив, а також різних хімічних препаратів

Для того аби збільшити швидкість росту та розвитку рослин, підвищити врожайність, а також захистити від хвороб у сільськогосподарській справі вже тривалий час застосовують різноманітні добрива. За походженням добрива

класифікують на дві основні групи мінеральні та органічні.

Прикладами органічних добрив є:

- компост;
- торф;
- гній;
- гумати.

Типовими прикладами мінеральних добрив є:

- азотні добрива;
- калійні добрива;
- фосфорні добрива;
- комплексні мінеральні добрива.

Органічні добрива складаються з речовин рослинного та тваринного походження, у процесі розкладання яких у ґрунт потрапляють мінеральні форми поживних речовин, а поверхневий шар землі збагачується двоокисом вуглецю, необхідного елементу в процесі фотосинтезу [17].

Компост – добриво органічного походження, утворюється в результаті розкладання рослинних решток під дією мікроорганізмів. Знаходить широке застосування в якості добрива для вирощування продовольчих культур.

Застосування засобів компостування на виснажених земельних територіях неабияк покращує наявну проблему та сприяє її вирішенню. У перший рік після внесення компосту рослина засвоює лише частину поживних речовин до 30% від початкового об'єму. Інша частина слугує поживою для біоти, яка населяє товщу ґрунту: гриби, бактерії, черв'яки та інші організми. З 1 кілограму компосту можна отримати до 8 кілограмів бактерій, що підтверджує велике значення застосування компосту для відновлення родючості ґрунтів [18].

Гній – органічне добриво, що утворюється в процесі розкладання та ферментації тваринних відходів. Він є важливим джерелом повернення цінних речовин в ґрунт та елементом живлення рослин.

Систематичне внесення гною може покращити надмірну кислотність ґрунтів за рахунок наявних карбонатів у складі. Крім того широкий спектр макро-

та мікроелементів покращує живлення рослин, а вуглекислота, яка виділяється при розкладанні гною поліпшує вуглецеве живлення. Також гній має в складі багато мікроорганізмів, що позитивно відображається на життєдіяльності ґрунтової мікрофлори. Одна тонна гною може містити до 5 кг азоту, 2,5 кг фосфору та 7 кг калію [19].

Торф має рослинне походження, утворюється з рослин, що ростуть на поверхні боліт. В умовах високої вологості та під дією мікроорганізмів відбувається часткове розкладання залишків відмерлих рослин, а більша частина консервується у вигляді торфу. Доцільно використовувати торф у сільському господарстві в якості органічного добрива для орних земель. У своєму складі він містить вапно, торфовіаніт, а також карбонати та фосфор, що є чудовою передумовою для росту та розвитку сільськогосподарських культур [20].

Гумати — солі гумінових кислот, які утворюються в процесі розкладання органіки в ґрунті. Вони відносяться до біостимуляторів і можуть використовуватися в сільському господарстві як добриво.

Гумати активізують синтез білку в рослинній клітині, що сприяє посиленню обміну речовин, зокрема росту та розвитку рослин. В результаті контрольованих змін в біохімічних процесах клітин рослин під час застосування гумінових препаратів можна досягти значних успіхів при вирощуванні сільськогосподарських культур. Серед показників, які можна поліпшити застосовуючи гумати: вміст крохмалю в бульбах картоплі, кількість олії льонового насіння, вміст вітаміну С в плодах овочевих культур, кількість білку злакових рослин, вміст цукру в буряку та багато інших якісних та кількісних показників [21].

Мінеральні добрива – речовини, які містять мінеральні елементи та можуть бути природного чи штучного походження. Широко використовуються в агропромисловій діяльності для забезпечення швидкого росту та розвитку, а також досягнення максимальної урожайності промислових культур.

Наразі близько 70% від усього об'єму мінеральних добрив, що застосовують в сільському господарстві припадає саме на азотні добрива. Азот є

складовою усіх амінокислот, з яких складаються білки, а також компонентом нуклеїнових кислот, що беруть участь в обмінних процесах та передачі спадкової інформації. Також азот міститься в хлорофілі, фосфатидах, алкалоїдах, ферментах та в складі інших речовин рослинних клітин. Недостатнє надходження азоту до рослини – унеможлиблює її повноцінний ріст та розвиток. Одним із джерел отримання рослиною азоту є внесення азотних добрив, але в цьому випадку є ймовірність перевищити нормальну концентрацію, що може викликати певні проблеми. Надмірне азотне живлення затримує дозрівання рослин, а також спостерігається значне збільшення вегетаційної маси, що сповільнює ріст репродуктивної маси. Також надмірне живлення азотом призводить до накопичення шкідливих для людей та тварин доз нітратів [22].

Ще одним важливим елементом для рослин є фосфор. Він входить до складу АТФ, нуклеотидів, нуклеїнових кислот та деяких ферментів. Найближчий час після появи сходів фосфор для рослин дуже необхідний, що обумовлюється стрімким розвитком кореневої системи, створенням запасів сполук фосфору та подальшим його перерозподілом органами рослини. Також під час активного розвитку плодів, квітів та насіння спостерігається значне пересування до цих частин фосфатів з вегетативних органів, що обумовлює ключову роль фосфору в цьому процесі. Основними джерелами фосфору для рослин є кальцієві, калієві, магнієві та амонієві солі орто-фосфатної кислоти [23].

Калій також дуже важливий елемент мінерального живлення рослини та є активатором понад 60 ферментів клітини. Він бере участь у синтезі білків, регулює процес фотосинтезу, відповідає за перерозподіл та нагромадження вуглеводів, збільшує осмотичний тиск рослинної клітини, а ще обумовлює посухостійкість та міцність рослин, окрім того підвищує стійкість до деяких захворювань. Джерелом калію для рослин є засвоєння його з ґрунтів та внесення калійних добрив. Незважаючи на відносно великі концентрації цього мінералу в ґрунтах, він здебільшого перебуває в нерозчинній формі, що унеможлиблює його засвоєння рослинами. Тож порівняльно незначне живлення рослин калієм в

складі ґрунтового шару пояснює значення помірною внесення калійних добрив для забезпечення нормального росту та розвитку рослин [24].

Слід зазначити, що з використанням мінеральних добрив пов'язано забруднення навколишнього середовища. Забруднення відбувається не лише при безпосередньому застосуванні добрив, а й під час технологічного процесу виготовлення і транспортування. Загальновідомо, що рослини засвоюють лише частину внесених добрив. Так для аграрних культур коефіцієнт засвоєння добрив складає: азотних – до 60%, фосфорних – до 25% та калійних – до 60%. З цим пов'язано виникнення певних екологічних проблем, серед яких: засолення ґрунтів, потрапляння окремих хімічних елементів до підземних водних горизонтів і поверхневих водойм та їх забруднення [25].

У наш час, як правило, вирощування сільськогосподарських культур супроводжується не лише внесенням органічних, мінеральних чи їх поєднанням добрив, а й обробленням або земельних ділянок перед посівом, або згодом безпосередньо рослин чи їх окремих частин хімічними речовинами (пестицидами). На відміну від добрив, які направлені на забезпечення живлення рослин, оброблення хімічними засобами направлені на захист від шкідників.

Хімічні речовини для обробки рослин за напрямом дії проти окремих шкідників класифікують:

- інсектициди (проти комах);
- фунгіциди (проти грибів, молюсків та бактерій);
- гербіциди (проти бур'янів);
- акарициди (проти павуків та кліщів).

Застосування пестицидів для оброблення рослин несе за собою виникнення ряду екологічних проблем. Інсектициди відносяться до хімічних речовин спрямовані протидіяти впливу комах-шкідників, які можуть становити загрозу сільськогосподарським культурам та призвести до зменшення або знищення врожаю. Проте ці препарати містять токсичні речовини, які потенційно можуть вплинути не лише на шкідників, а й на інших комах чи тварин. До того ж деякі комахи, проти яких застосовують інсектициди можуть досить швидко

виробити імунітет до них. Слід сказати, що деякі компоненти в складі препарату, що проявляють токсичну дію не розкладаються в довкіллі, а накопичуються в трофічних ланцюгах. На остаток важливим параметром застосування інсектицидів є вибірковість дії, бо доведено, що лише близько 0,1% від усього біорізноманіття комах є шкідниками для сільського господарства чи збудниками хвороб людей і тварин [26].

Фунгіциди належать до різновиду пестицидів, що здатні проявляти специфічну дію та пригнічувати або знищувати розвиток грибкових мікроорганізмів. Збудники грибкових хвороб заражають сільськогосподарські культури, тим самим знищують вагому частку врожаю та завдають нищівний вплив на агропромисловий сектор, що обумовлює необхідність застосування препаратів для захисту рослин. Проведення багатьох досліджень показують, що при дотриманні встановлених гігієнічних регламентів застосування фунгіцидів вживання обробленої продукції є цілком безпечним для людини, доза надходження активно діючої речовини в складі препарату, що потрапляє до організму не перевищує 2% від допустимої добової концентрації [27].

Гербіциди ще один вид хімічних препаратів, що застосовують в сільськогосподарській справі для захисту рослин. Ці препарати направлені пригнічувати ріст та розвиток рослин, що проявляють конкуренцію по відношенню до сільськогосподарських культур. Переважна більшість гербіцидів в якості основних активних речовин містять сполуки, що проявляють надзвичайну токсичну дію навіть у зовсім незначних концентраціях. Підтверджено тератогенний, канцерогенний та мутагенний впливи даних препаратів. Слід зазначити, що навіть через місяці після оброблення цими хімічними засобами земельних ділянок в ґрунтах спостерігається перевищення гранично допустимої концентрації окремих токсичних речовин. На останок гербіциди можуть мати приховану токсичність, що згодом впливає на зниження врожаю сільськогосподарських культур, що зростають на раніше оброблених землях [28].

1.4 Досвід використання альтернативних фітомеліорантів чи біологічних добрив

Щорічне зростання оборотів внесення мінеральних добрив все більше погіршує екологічний стан навколишнього середовища. Цим зумовлено попит запропонувати екологічні альтернативи, що мають меліоративні властивості та сприятимуть відновленню родючості ґрунтів, а також утворенню сприятливих умов для зростання рослин без створення додаткових екологічних проблем.

Нестандартними методами провадження фітомеліорації є використання в процесі штучно виведених рослин чи вирощених культур в якості зеленого добрива.

Так в світі шириться досвід використання гібридних рослин-меліорантів в процесі фітомеліорації. Застосовують методи селекції та генної модифікації для виведення нових видів рослин, що мають покращені властивості до меліорації порушених земель або набувають нових властивостей, що дозволяє застосовувати ці рослини для вирішення ширшого спектру завдань.

Зелені добрива або сидерати – це свіжа зелена фітомаса, що попередньо вирощується на звичайних або спеціально відведених ділянках з послідовним скошуванням та заорюванням цієї сировини в ґрунтовий шар. Сидерація є чудовою фітомеліоративною практикою адже зелене добриво є важливим джерелом гумусу та азоту в ґрунті. При заорюванні 37 т/га сидератів в орний шар потрапляє до 200 кг азоту. Коефіцієнт використання такого азоту рослинами, що зростають на удобреній ділянці до двох разів вищий порівняно з гноєм. Істотним мінусом використання рослин-сидератів є те, що вони мають незначний вміст фосфору та калію, тому рекомендується провадити сидерацію з одночасним внесенням фосфорно-калійними добривами [29].

Цікавими різновидами органічного добрива, що також можуть проявити неабиякий позитивний ефект під час меліорації деградованих земель є: біопрепарати на основі мікроорганізмів та бактерій, мікориза, сапропелі та вермікомпост.

Важливе значення для вирощування сільськогосподарських культур набуває використання спеціальних біопрепаратів на основі мікроорганізмів. Ці препарати забезпечують захист рослин від хвороб та шкідників. Поширеними мікробіологічними препаратами є: фітоспорин, біоплант, ризоплан та поліміксобактерин. Згаданий фітоспорин належить до високоефективних препаратів мікробіологічного походження. Його застосовують для обробки насіння сільськогосподарських культур перед посівом. Спори бактерій, що є основою біопрепарату проникають у тканини ростків та захищають від патогенів. Підтверджено збільшення врожайності сільськогосподарських культур на 20% при застосуванні фітоспорину [30].

Для поліпшення азотного живлення рослин, в особливості бобових культур, для яких цей процес відіграє надважливе значення, оброблюють насіння перед сівбою біопрепаратом – ризоторфін, який відноситься до бактеріальних добрив. Дані отримані з інституту мікробіології УААН свідчать, що сільськогосподарські культури попередньо оброблені цим препаратом мають приріст врожаю до 30% і збільшення кількості білка на 3%. Також розроблені препарати альбобактерин і поліміксобактерин мають фосформобілізуючий ефект для рослин чим обумовлюють регуляцію фосфатного живлення. Застосування цих біопрепаратів забезпечує приріст врожаю цукрового буряку до 20%, а нагромадження цукрів на 1,2%. Застосування азотфіксуєючих та фосформобілізуючих біопрепаратів доцільне на деградованих ґрунтах та при незначних дозах внесення мінеральних добрив, крім того вони не можуть замінити внесення органічних та мінеральних добрив, а лише слугують в якості додаткового та комплексного живлення рослин [31].

Сапропелі – органічне відкладення, основу якого складають рештки відмерлих гідробіонтів. Цей осад утворюється переважно на дні заболочених водоймищ. Може слугувати перспективною альтернативою органічним добривам, до того ж використання цього матеріалу не лише сприятиме відновленню родючого потенціалу земель, а й стане дієвим заходом протидії евтрофікації водних ресурсів. Багатий мінеральний склад, різноманіття живлячих

компонентів для рослин, а також наявність гумусових часток, які потрапили до осаду в наслідок ерозійних процесів ґрунтів все це зумовлює позитивний ефект на всіх етапах гумусифікації деградованих ґрунтів [32].

Дедалі більшого розголосу викликає застосування вермикомпосту в агропромисловому секторі. Внесення вермикомпосту підвищує загальний об'єм гумусу на земельній ділянці, а також наявність в його складі багатьох активних та поживних речовин обумовлюють інтенсифікацію механізмів утворення гумусу та живлення фітоценозів. Так вміст вільних амінокислот у вермикомпості складає до 6% від загального об'єму. Вони забезпечують азотне живлення та є структурними одиницями гумусових речовин, тож мають вагоме значення в процесі гумусифікації. До того ж окремі амінокислоти безпосередньо впливають на ріст та розвиток рослин або входять до складу сполук, що проявляють такий вплив. Серед переваг біогумусу отриманого в процесі вермикультивування слід відмітити багатий мікробний склад, так в 1 г вермикомпосту налічується до $2 \cdot 10^{10}$ мікроорганізмів, що сприяє утворенню мікроценозів в складі ґрунтів [33].

Ще одним цікавим прикладом застосування біологічних добрив є досвід використання симбіотичних відносин між грибами та корінням рослин (мікориза) під час вирощування сільськогосподарських культур.

Мікориза забезпечує багатократне збільшення площі кореневого живлення, що розширює можливості рослини засвоювати поживні речовини, які знаходяться на значній відстані від неї. За необхідності гриби можуть синтезувати антибіотики чи інші сполуки необхідні для рослини тим самим захищаючи та забезпечуючи її всім необхідним для росту і розвитку.

Встановлено, що такий симбіоз між рослинами та грибами може підвищити врожайність до 40% порівняно з врожаєм отриманого без внесення добрив. Тож такий підхід є чудовою альтернативою внесення мінеральних добрив, що сприятиме покращенню екологічного становища земельних територій [34].

1.5 Особливості вирощування та перспективи застосування рослинних культур гірчиця біла, сорго трав'янисте та стоколос безостий

Гірчиця біла (*Sinapis alba*) – однорічна рослина, має жовтуваті або білі квітки зібрані в суцвіття, плід – стручок, заповнений дрібним круглим насінням. Є важливим представником олійних культур. До переваг вирощування гірчиці можна віднести багатогранний досвід застосування в людському житті, так найпоширенішими способами використання даної культури є:

- виготовлення олії з насіння, що не поступається за якісними показниками іншим видам, тож чудово підходить для приготування страв;
- виготовлення ефірного масла з насіння, що широко застосовується в косметології та парфумерії;
- використання насіння в медицині, наприклад гірчичний пластир має властивості зменшувати відчуття болю при ревматизмі, саме насіння може знімати симптоми чи сприяти лікуванню: атеросклерозу, високого тиску, розладу травлення та багато інших проблем зі здоров'ям;
- отримання меду, гірчиця — медоносна культура, дає нектар та пилок;
- використання в якості кормової культури, молоде бадилля слугує чудовою кормовою добавкою в раціоні худоби;
- використання в харчовій промисловості, виготовлення спецій та прянощів, а також в якості консерванту для овочів, риби чи м'яса;
- приготування біопрепарату для захисту від шкідників, так гірчиця проявляє ефективну дію в боротьбі з комахами, особливо проти попелиць, тож є екологічно виправданим інсектицидом [35].

В Україні площі виділені для вирощування гірчиці відносно малі, як варіант причиною може бути недооцінювання цієї культури аграріями чи недостатня обізнаність в особливостях технологічного процесу її вирощування. Основними рекомендаціями щодо особливостей вирощування гірчиці білої в польових умовах та отримання високого показника врожайності є:

- висаджувати в сівозміні після озимини;

- оранка ґрунту 20-22 см;
- висіювати в строк сівби (III декада березня або I декада квітня за температури 2-4 °С та 4-6 °С відповідно);
- норма висіву 2 млн.шт/га для отримання максимального врожаю насіння та 1 млн.шт/га для отримання максимального показника олійності насіння;
- допосівне та післяпосівне коткування ґрунту [36].

Сорго трав'янисте (*Sorghum bicolor*) – однорічна трав'яниста рослина, що належить до родини тонконогові. Має вузьке, довге листя, що кріпиться до стебла. Квіти, що розташовані на верхівці стебла, утворюють китицеподібне суцвіття. Плоди представлені зернами, що на відміну від сорго звичайного не розкриваються при дозріванні. Поширеним досвідом використання сорго трав'янистого є:

- кормова добавка для худоби;
- виготовлення біопалива;
- виготовлення спирту;
- сировина для текстильного та паперового виробництва;
- елемент декоративного оздоблення.

Рекомендації до вирощування сорго трав'янистого в польових умовах і отримання високоефективного показника врожайності:

- висіювати в сівозміні після пшениці, ячменю чи ріпаку;
- зяблева оранка ґрунту 25-30 см;
- боронування важкими зубовими боронами та коткування;
- внесення азотних, калієвих та фосфорних добрив;
- насіння для сівби має бути вологістю до 13%, переважно середньої та великої фракції;
- висіювати в строк сівби (III декада квітня або I декада травня за температури шару ґрунту на глибині 10 см близько 13-15 °С);

- оптимальна глибина висіву 5-7 см при нормальній вологості ґрунтового шару, 10-12 см і 4-5 см при низькій та високій вологоємності ґрунту відповідно);
- норма висіву 600 тис.шт/га;
- використання високоефективних гербіцидів;
- зрошення для вирощування 1 ц зеленої фітомаси 5,5 м³ і 75м³ для 1 ц зерна;
- попередня десикація посівів перед збором врожаю (консервування або оброблення зерна хімічними засобами), щоб перешкодити появі плісняви та втрати поживної цінності вологого зерна [37].

Крім того гірчицю білу та сорго трав'янисте активно використовують в заходах з фітомеліорації земельних ділянок, вони позиціонують себе як високоефективні фітомеліоранти. Детальніше про особливості застосування цих рослин в процесах відновлення та поліпшення стану ґрунтів можна ознайомитися в розділі 1.2 цієї роботи.

Стоколос безостий (*Bromopsis inermis*) – багаторічна трав'яниста рослина родини тонконогові. Довжина рослини може сягати 1,5 метра заввишки, має довге і вузьке листя та квіти на верхівці стебла, що утворюють китиці. Переважно зростає в заплавах річок та на схилах балок.

Досвід використання бромопсису безостого в повсякденному житті не виділяється різноманітністю, переважно його використовують в якості кормової добавки для худоби чи сировини для заготовки сіна та силосу.

Існують цікаві дослідження де стоколос безостий дуже ефективно використовується в заходах з фітореMediaції ґрунтів, що зазнали забруднення нафтою та її похідними. У процесі життєдіяльності цієї рослини відбувається поглинання, накопичення та деструкція нафтопродуктів, що сприяє зменшенню вмісту залишкової нафти в складі ґрунту. Така методика є надзвичайно перспективною для відновлення забруднених земельних територій.

Загалом у світі досвід контрольованого вирощування стоколосу безостого не надто поширений, як правило він здебільшого зростає в природніх умовах. Можливою причиною не зацікавленості аграріїв у вирощуванні цієї культури є

не бачення перспективи та економічної вигоди. До основних рекомендації вирощування стоколосу безостого в польових умовах можна віднести: сівба в межах весіннього періоду, оранка ґрунту, до- та післяпосівне коткування, а також забезпечення якісного азотного живлення.

1.6 Досвід використання відходів кави

Споживання кави дуже розповсюджено по всьому світі. Популярність цього напою обумовлена традиціями проводити вільний час за чашкою кави в затишній атмосфері та дружній компанії, зокрема багато тих, хто високо оцінюють приємний аромат та смак цього напою і властивість швидко бадьорити та підіймати настрій. Здатність кави бадьорити перш за все пов'язано з високим вмістом у ній кофеїну. Сполуки аденозину в процесі активності людини заповнюють рецептори головного мозку тим самим викликаючи сонливість, сполуки кофеїну в свою чергу неабияк структурно нагадують будову аденозину, потрапляючи в організм витісняють сполуки аденозину і самі зв'язуються з рецепторами головного мозку супроводжуючи ефект бадьорості.

Високий попит на споживання кави обумовлює утворення великої кількості відходів спожитої продукції. Так найбільш розповсюдженіший спосіб утилізації даного типу відходу у світі є відвезення його в складі побутових відходів в кращому випадку на організоване місце зберігання відходів (полігон), а в гіршому на звичайнісіньке сміттєзвалище, в багатьох випадках навіть не законне. Низка показників може впливати на термін розкладання кавових відходів в природніх умовах, такі як: сорт кави, різновид кавового відходу (оболонка зерна, зерно чи кавова гуща), фракційність, кількість кисню, метеорологічні умови та якісні показники суміжних відходів. Так орієнтовно кавові відходи розкладаються від декількох місяців до декількох років. За цей час відходи кави можуть негативно впливати та стан довкілля. Фільтрат, який утворюється під час розкладання відходів, разом з опадами може потрапляти у глибокі шари ґрунту, забруднюючи землю, підземні води та поверхневі водні об'єкти. Кислотність

кавових відходів (5,0-6,0) може стати причиною вилугування важких металів та спричинити оксидативний стрес тварин чи людей, що п'ють воду із забрудненого джерела або поїдають гідробіонтів, які мешкають в забрудненій воді. Тож вагома потенційна небезпечність кавових відходів обумовлює важливість запропонувати шляхи зменшення утворення даного типу відходів.

Важливо зауважити, що кавові відходи продовжують зберігати в собі багатий хімічний склад макро- та мікроелементів. Склад може широко варіюватися в залежності від сорту кави, ступеню екстракції та виду кавового відходу. У цій роботі акцентовано увагу на кавовій гущі, що утворюється під час приготування кави з меленого зерна. Найбільш поширеними сортами кави є арабіка та робуста, також часто для приготування кави використовують суміш цих сортів (80/20, 60/40 арабіки та робусти відповідно). Під час екстракції 1 г меленого зерна в процесі приготування кави утворюється близько 0,9 г кавової гущі. У складі кавової гущі можна побачити широкий спектр різних хімічних елементів, що становлять вагоме значення для живих організмів та мають економічну цінність (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Середні концентрації хімічних елементів в складі сухої речовини кавової гущі [38]

Хімічні елементи	Концентрація елементів у складі кавової гущі, г/кг	Частка від сухої маси, %
C	500,3	50,03
N	25,6	2,56
P	1,53	0,15
K	5,06	0,51
Ca	1,77	0,18
Mg	1,48	0,15
Na	0,13	0,01
S	0,87	0,09

Крім того, в кавовій гущі присутні багато біологічних сполук, що також мають велике значення для живих організмів, можуть бути отримані з відходу та використані в економічних цілях (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Середні концентрації хімічних сполук в складі сухої речовини кавової гущі [39]

Хімічна сполука	Частка від сухої маси, %
целюлоза	8-15
геміцелюлози	30-40
лігнін	20-30
ліпіди	11-17
мінеральні речовини	5
білки	8-14
кофеїн	1-2
жирні кислоти	3

Тож потенційна небезпека кавових відходів та неправильне поводження з ними під час утилізації є підґрунтям запровадити заходи щодо зменшення утворення відходів кави. Загальною рекомендацією може стати повторне використання, що є частиною концепції 3R (reuse, reduce, recycle). Ця концепція є успішною європейською практикою в сфері управління відходами, що слідує цілям сталого розвитку та ефективно сприяє вирішенню проблеми з відходами.

Поширеним досвідом використання кавових відходів є:

- в якості антислизького засобу для доріг;
- в якості біодобрива;
- сировина для виготовлення біопалива;
- екологічне пакування;
- компонент косметичного засобу;
- сировина для виготовлення олій;
- сировина для отримання полісахаридів [40].

Отже, земельні ресурси справді мають велике значення для людей та живих організмів в цілому, бо так чи інакше впливають на перебіг всіх процесів, що відбуваються на планеті. В Україні переважна більшість земельних територій належить до сільськогосподарських угідь та як показують результати постійних моніторингових робіт з кожним роком втрачають свій родючий потенціал, що є головним критерієм якості ґрунту. Можна багато дискутувати з приводу того, що призводить до деградації земельних ресурсів, проте можна однозначно сказати, що головною проблемою є вплив людини. Саме обробка ґрунтів хімічними препаратами та внесення мінеральних добрив сприяють більшою мірою забрудненню ґрунтів та призводять до зниження родючості. Постає нагальне питання запропонувати альтернативні добрива, що мінімізують негативний вплив на довкілля та навпаки сприятимуть покращенню його стану.

Фітомеліорація як один з методів рекультивації земель передбачає використання рослин для відновлення потенціалу порушених земель. Результати застосування фітомеліорації доводять неабияку ефективність цього методу.

Дослідження та науковий прогрес щодо використання альтернативних добрив під час сільськогосподарського обробітку ґрунтів висвітлюють перспективні напрацювання, що передбачають використання гібридних фітомеліорантів та біодобрив для більш ефективного відновлення ґрунтів.

Проблема використання органічних та мінеральних добрив, а також хімікатів в агропромисловому секторі перш за все пов'язана з поступовим скороченням об'ємів внесення органічних добрив та неконтрольованим внесенням хімікатів та мінеральних добрив, що згубно впливають на довкілля.

Запропоновані методи використання кавових відходів є перспективними та ефективними заходами, що сприяють зменшенню кількості відходів та запобігають забрудненню навколишнього середовища. А використання відходів кави в якості добрива може стимулювати процеси відновлення якісних показників порушених земельних територій.

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОМПОЗИТНИХ БРИКЕТІВ З ВІДХОДІВ КАВИ НА РОСТОВІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН– ФІТОРЕМЕДІАНТІВ

2.1 Біотестування як перспективний та високоефективний метод проведення екологічних досліджень з визначення впливу чинників на довкілля та його компоненти

Біотестування в наш час займає важливе місце серед методів реалізації дослідницької роботи з визначення впливу конкретних факторів та їх взаємодію на довкілля та його компоненти. Сутність методу полягає в тому щоб дослідити в контрольованих (лабораторних) умовах реакцію живих організмів: рослин, тварин, грибів та мікроорганізмів на зміну певного параметра або їх сукупність. Встановити кореляційний зв'язок між зміною контрольованого фактору та реакцією тест-об'єкта, а також визначити характер цієї залежності.

До переваг проведення біотестування у порівнянні з іншими методами провадження дослідження можна віднести:

- доступність: тест-об'єкти можна легко знайти на відкритій місцевості (парк, степ, прибережна ділянка та інші), матеріали для проведення робіт зазвичай є розповсюдженими, а теоретичні засади щодо специфіки проведення біотестування наявні у відкритих пошукових базах;
- швидкість: зазвичай проведення експерименту не займає багато часу;
- відтворюваність: проведення дослідження не вимагає глибоких теоретичних та практичних навичок, а результати експерименту можна відносно легко перевірити відтворивши задані умови;
- достовірність: аналіз і статистична обробка результатів дослідження дозволяють отримати дані, що максимально точно наближені до дійсності;
- економічність: отримання сировини та матеріалів для проведення експерименту не вимагають великих матеріальних затрат;

- **об'єктивність:** живі організми в якості тест-об'єктів є складними біосистемами, реакція яких дозволяє встановити правдивий вплив досліджуваного подразника на довкілля та його компоненти, таким який він є в природніх умовах без втручання людини.

Для проведення біотестування та отримання якісних і надійних результатів необхідною складовою є проведення комплексного дослідження з врахуванням всіх чинників, що так чи інакше можуть вплинути на результати експерименту, а також застосування різноманітних тест-об'єктів для отримання комплексних результатів, що більшою мірою відповідають складності впливу та перебігу реакцій в навколишньому природному середовищі [41].

2.2 Оцінка стимулюючого ефекту відходів кави на ростові показники тест-культур за допомогою «Ростового тесту»

Ростовий тест – один із способів проведення біотестування, що характеризується дослідженням ростових показників кореневої та надземної частин тест-культур залежно від інтенсивності дії контрольованого фактору. Сутність цього методу полягає в тому щоб встановити залежність між довжиною підземної та надземної частин рослини-індикатора та характером впливу на цю культуру певного чинника. Ростовий тест дозволяє встановити фітотоксичний ефект забруднюючих речовин на рослини, що характеризується зменшенням ростових показників тест-культур зі збільшенням концентрації речовин в субстраті, а також стимулюючий ефект речовин, що проявляють властивості добрива та сприяють збільшенню ростових показників піддослідних рослин.

Рослини є ефективними індикаторами стану довкілля, вони займають першу ланку трофічних ланцюгів, у процесі життєдіяльності поглинають з навколишнього середовища ресурси для подальшого синтезу речовин, росту та розвитку. Переважна більшість культур є чутливою до впливу забруднювачів, тому можна чітко простежити та визначити характер та інтенсивність впливу поллютантів чи добрив на ростові показники рослин.

Для проведення експерименту в якості тест-об'єктів надають перевагу рослинам, що швидко зростають та характерні для обраної території. Також в якості піддослідних рослин чудово підходять рослини, що здатні проявляти позитивний ефект на відновлення родючого потенціалу ґрунтів.

Експеримент в рамках цієї роботи направлений дослідити вплив відходів кави (кавової гущі) різної концентрації на ростові показники піддослідних рослин. У якості тест-культур обрані: гірчиця біла (*Sinapis alba*), сорго трав'янисте (*Sorghum bicolor*) та стоколос безостий (*Bromopsis inermis*). Існує багато наукових досліджень, що підтверджують ефективність застосування цих культур в практиці фіторекультивациі порушених та забруднених ґрунтів. Гірчиця – надзвичайно стійка і невибаглива до кліматичних умов та якості земель, вона належить до піонерних рослин, що утворюють первину сукцесію та сприяють формуванню фітоценозів. Сорго є гіперакумулятором важких металів, а стоколос в свою чергу є ефективним фіторемедіантом, що вирощують на забруднених нафтою територій, він здатен поглинати нафтопродукти та відновлювати ґрунти.

Позитивні результати ростового тесту, що обумовлені збільшенням ростових показників рослин внаслідок додавання до субстрату кавової гущі можуть засвідчити доцільність та перспективу цільового використання кавових відходів в якості біодобрива. До того ж важлива ціль експерименту визначити оптимальну концентрацію кавових відходів на одиницю об'єму, за якої спостерігається найкращий результат приросту фітомаси.

2.2.1 Підготовка та проведення експерименту з вирощування рослин-фіторемедіантів на субстратах з додаванням відходів кави

Підготовчий етап для проведення дослідження передбачає отримання сировини кавової гущі та підготовку до цільового використання. Її можна отримати в домашніх умовах після приготування кавового напою з меленого зерна або отримати на прохання в будь-якій кав'ярні. Кавова гуща має досить високу вологість, що добре утримується протягом тривалого часу. З урахуванням

того, що сировина є поживним середовищем для грибків та цвілі, то з метою уникнення розвитку патогенного середовища слід висушити кавову гущу. Найліпшим способом висушити буде викласти на підставку тонким шаром та залишити в добре вентиляваному приміщенні або на відкритому просторі протягом доби. Якщо кавову гущу використати як добриво протягом 1-2 діб після одержання, у такому разі попередня підготовка є необов'язковою.

Експеримент проводиться протягом трьох тижнів (22.01.24-12.02.24) в лабораторних умовах при середніх значеннях температурного режиму 16-20 °С. Рослини вирощуються на підвіконні (добре освітлювальне місце), слід зазначити обраний період проведення досліду характеризувався переважною хмарністю, тому рослини зростали за умов недостатньої освітленості.

У перший день дослідження (22.01.24) в спеціальну форму для вирощування рослин, що складається з 18 комірок (кожна об'ємом 180 см³) насипається субстрат, що представлений піском, ґрунтом та суглинком (6 комірок для кожного) з різною концентрацією кавових відходів. Тобто в результаті матимемо три різні середовища для вирощування піддослідних культур і кожне матиме комірку без додавання кави (контрольний субстрат), а також з різним складом кави (10-50 грамів). Кавова гуща навішується на вагах з розрахунку 10, 20, 30, 40 та 50 грамів в кожную комірку для всіх трьох середовищ (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Перерахунок маси кавової гущі (густиною 0,92 г/см³) в частку від об'єму комірки

Частка, що займає кавова гуща в комірці, %						
	контроль	10г	20г	30г	40г	50г
Кавова гуща	0,0	6,04	12,08	18,12	24,15	30,19

У кожную комірку висаджується насіння тест-об'єктів (40 насінин у кожную) та поливається за допомогою мірного стаканчика (10-15 мл). Щоб вода, яка проходить скрізь субстрат під час поливу не виливалася з форми, потрібно встановити знизу кожної комірки пластмасовий стаканчик для збору фільтрату,

що в подальшому можна буде дослідити. На останок форма для пророщування рослин виставляється на підвіконня для оптимального забезпечення сонячним світлом. Для створення парникового ефекту форму потрібно накрити харчовою плівкою (рис. 2.1).

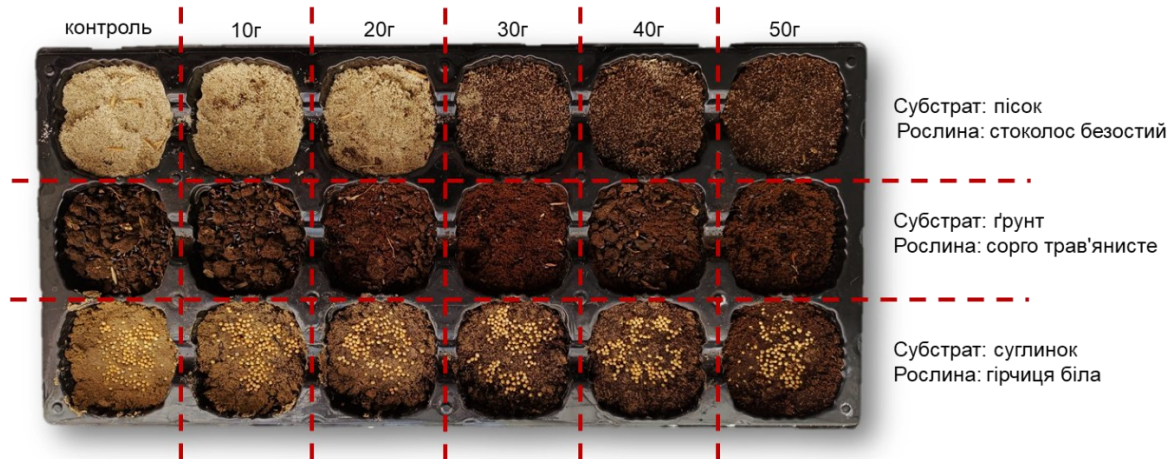


Рисунок 2.1 – Підготовлена форма для вирощування піддослідних культур

Після успішного закладання експерименту наступними кроками є систематичний полив тест-об'єктів, періодичне провітрювання та фіксація результатів приросту зеленої фітомаси. Полив здійснюється через день з розрахунку 10-15 мл в кожен комірку, потрібний обсяг води відміряється за допомогою мірного стаканчика. Харчову плівку, що сприяє створенню умов високої вологості для рослин потрібно 1–3 рази на день знімати на 5-15 хв, щоб збагатити середовище для рослин киснем. Інтенсивність збільшення зеленої маси рослин фіксуються фотознімком наприкінці кожного тижня (рис 2.2–2.4).



Рисунок 2.2 – Результати ростового тесту за 1-й тиждень



Рисунок 2.3 – Результати ростового тесту за 2-й тиждень



Рисунок 2.4 – Результати ростового тесту за 3-й тиждень

Через три тижні після початку дослідження, в завершаючий день (12.02.24) виконуються контрольні заміри ростових показників тест-рослин. Для цього з кожної комірки обережно, щоб мінімізувати ушкодження кореневої системи виймають по 10 одиниць паростків кожної рослини (рис. 2.5–2.7).



Рисунок 2.5 – Вплив кавової густи на ростові показники гірчиці білої

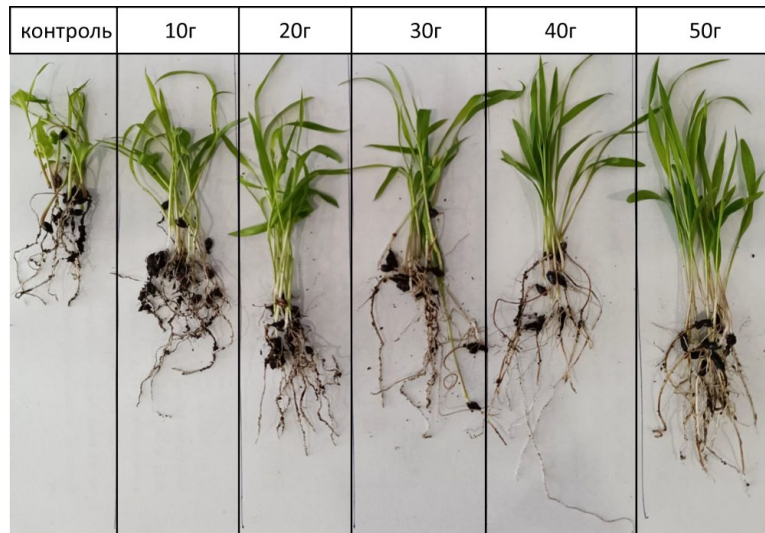


Рисунок 2.6 – Вплив кавової гущі на ростові показники сорго трав'янистого

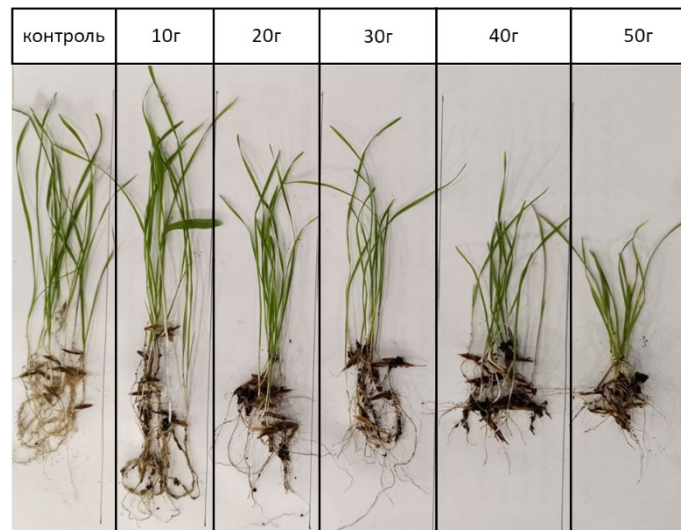


Рисунок 2.7 – Вплив кавової гущі на ростові показники стоколоса безостого

Наступним кроком потрібно виміряти та зафіксувати показники довжин підземної та надземної частин піддослідних культур. Вимірювання виконується за допомогою звичайної лінійки. Отримані результати ростових показників рослин зводяться в таблиці (табл. 2.2-2.7).

Таблиця 2.2 – Результати вимірювань довжини поверхневої частини гірчиці білої (Sinapis alba)

№	Довжина стебл зразків гірчиці білої (Sinapis alba), см					
	контроль	10г	20г	30г	40г	50г
1	9,4	7,5	9,5	8,2	9,1	9,2
2	6,8	8,7	7,8	6,7	8,5	10,4
3	8,4	10,3	8,5	6,7	6,6	8,6
4	7,2	7,8	7,3	8,5	7,3	10,5
5	9,5	8,9	8,6	8,7	7,3	8,7
6	9,6	8,8	6,6	8,1	7,0	8,4
7	6,9	8,1	7,1	8,4	7,0	8,9
8	6,8	9,1	7,3	7,6	7,2	8,0
9	5,4	7,7	8,1	6,4	7,5	8,1
10	7,9	8,5	9,6	6,1	5,5	7,9

Таблиця 2.3 – Результати вимірювань довжини кореневої системи гірчиці білої (Sinapis alba)

№	Довжина коренів зразків гірчиці білої (Sinapis alba), см					
	контроль	10г	20г	30г	40г	50г
1	5,2	6,6	3,1	2,7	4,7	4,1
2	3,9	2,9	5,5	4,4	5,8	4,6
3	1,7	4,2	2,2	4,3	2,7	3,7
4	2,1	4,7	2,9	6,1	5,0	3,6
5	2,4	8,0	8,7	6,7	4,9	2,8
6	2,5	5,2	4,6	5,7	5,2	3,8
7	4,1	3,4	3,4	3,3	4,1	3,7
8	2,3	3,3	2,6	2,6	5,1	3,2
9	2,4	2,1	2,8	4,5	5,5	2,2
10	3,5	2,9	3,0	3,5	5,2	2,5

Таблиця 2.4 – Результати вимірювань довжини поверхневої частини сорго трав'янистого (*Sorghum bicolor*)

№	Довжина стебл зразків сорго трав'янистого (<i>Sorghum bicolor</i>), см					
	контроль	10г	20г	30г	40г	50г
1	4,7	7,6	10,9	7,8	6,6	12,1
2	3,3	7,5	7,8	11,1	7,1	11,4
3	2,4	5,5	7,5	10,1	8,5	12,9
4	4,1	7,0	8,9	7,5	10,3	11,5
5	5,1	6,1	6,8	8,2	9,8	9,8
6	5,5	11,5	8,0	8,1	7,7	9,4
7	3,4	7,5	11,1	5,9	10,6	8,5
8	4,6	5,5	8,9	10,6	7,3	8,4
9	4,4	7,1	8,6	7,6	8,9	8,4
10	2,5	5,7	7,6	7,1	8,3	7,5

Таблиця 2.5 – Результати вимірювань довжини кореневої системи сорго трав'янистого (*Sorghum bicolor*)

№	Довжина коренів зразків сорго трав'янистого (<i>Sorghum bicolor</i>), см					
	контроль	10г	20г	30г	40г	50г
1	4,5	3,9	5,5	5,3	9,9	5,2
2	3,7	5,4	4,4	6,2	6,4	6,5
3	3,1	8,0	5,7	5,7	10,1	5,7
4	4,7	10,2	4,5	5,5	5,1	5,9
5	6,7	5,7	5,5	5,5	4,2	5,2
6	2,9	4,5	4,1	6,9	4,6	5,3
7	3,3	3,6	5,5	6,1	4,3	4,5
8	5,5	2,7	3,9	5,1	6,9	3,9
9	6,3	5,1	4,6	9,2	5,2	4,5
10	4,8	4,1	4,4	7,4	7,2	4,1

Таблиця 2.6 – Результати вимірювань довжини поверхневої частини стоколоса безостого (*Bromopsis inermis*)

№	Довжина стебл зразків стоколоса безостого (<i>Bromopsis inermis</i>), см					
	контроль	10г	20г	30г	40г	50г
1	12,1	12,8	11,0	11,4	10,4	6,6
2	12,4	12,4	10,8	7,5	9,8	5,7
3	10,5	13,9	11,5	11,5	6,5	7,1
4	12,4	14,0	10,1	9,9	8,1	9,1
5	9,5	15,8	9,0	8,3	8,7	9,2
6	11,4	12,6	9,4	10,3	9,0	7,8
7	11,4	14,7	9,2	10,9	7,3	6,2
8	12,2	11,0	9,2	11,6	6,1	6,9
9	11,8	10,6	8,1	8,6	5,7	6,4
10	8,6	10,3	10,9	6,5	7,5	4,4

Таблиця 2.7 – Результати вимірювань довжини кореневої системи стоколоса безостого (*Bromopsis inermis*)

№	Довжина коренів зразків стоколоса безостого (<i>Bromopsis inermis</i>), см					
	контроль	10г	20г	30г	40г	50г
1	8,3	9,7	8,3	6,2	5,1	1,4
2	8,5	13,2	7,6	6,6	3,7	0,9
3	7,3	10,1	9,4	11,7	4,1	2,4
4	7,7	7,1	8,4	5,7	3,5	2,2
5	6,9	8,6	6,2	4,3	6,3	1,6
6	10,4	8,7	4,8	3,7	3,4	2,5
7	12,6	9,1	4,6	5,4	2,6	3,7
8	6,4	10,2	5,3	5,1	5,1	3,9
9	6,5	6,7	4,8	4,6	3,4	3,6
10	5,7	5,8	6,8	4,7	3,6	2,5

2.2.2 Статистична обробка та аналіз результатів ростового тесту

Після виконання замірів довжини ростових показників усіх тест-культур та зведення цих даних до таблиць наступним кроком є статистична обробка та аналіз отриманих результатів. Ідея полягає в тому щоб розрахувати можливе відхилення показників від отриманих результатів, а також визначити достовірність впливу кавової гущі на зміну ростових показників рослин. Для цього потрібно обчислити середню довжину кореневої та надземної частин рослин, а також середньо арифметичне відхилення $\bar{x} \pm m$ [42],

де \bar{x} – середнє арифметичне значення; m – похибка середнього арифметичного, що розраховується за формулою:

$$m = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}} \quad (2.1)$$

де N – кількість результатів; σ^2 – дисперсія, що обчислюють за формулою:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x - \bar{x})^2}{N} \quad (2.2)$$

Потрібно розрахувати середні арифметичні значення довжини кореневої системи та висоти стебла для кожної рослини та для кожного середовища, у якій вона зростала окремо, також обчислити дисперсії та середні арифметичні похибки за формулами 2.1–2.2. Отримані результати статистичної обробки зводять у таблиці (2.8–2.10).

Таблиця 2.8 – Середні арифметичні висоти гірчиці білої та довжини кореневої системи з урахуванням можливого відхилення від отриманих даних

Концентрація кавової гущі, г	Показник, см	Дисперсія σ^2	Середнє, см $\bar{x} \pm m$
0,0 (контроль)	Висота стебла	1,8	7,79 \pm 0,57
	Довжина кореня	1,11	3,1 \pm 0,35
10,0	Висота стебла	0,62	8,54 \pm 0,19
	Довжина кореня	3,05	4,33 \pm 0,97

Закінчення таблиці 2.8

20,0	Висота стебла	0,92	$8,04 \pm 0,29$
	Довжина кореня	3,46	$3,88 \pm 1,09$
30,0	Висота стебла	0,85	$7,54 \pm 0,27$
	Довжина кореня	1,8	$4,38 \pm 0,57$
40,0	Висота стебла	0,86	$7,3 \pm 0,27$
	Довжина кореня	0,69	$4,82 \pm 0,22$
50,0	Висота стебла	0,77	$8,87 \pm 0,24$
	Довжина кореня	0,5	$3,42 \pm 0,16$

Таблиця 2.9 – Середні арифметичні висоти сорго трав'янистого та довжини кореневої системи з урахуванням можливого відхилення від отриманих даних

Концентрація кавової гущі, г	Показник, см	Дисперсія σ^2	Середнє, см $\bar{x} \pm t$
0,0 (контроль)	Висота стебла	1,01	$4,0 \pm 0,32$
	Довжина кореня	1,58	$4,55 \pm 0,5$
10,0	Висота стебла	2,8	$7,1 \pm 0,89$
	Довжина кореня	4,52	$5,32 \pm 1,43$
20,0	Висота стебла	1,82	$8,61 \pm 0,57$
	Довжина кореня	0,4	$4,81 \pm 0,13$
30,0	Висота стебла	2,49	$8,4 \pm 0,79$
	Довжина кореня	1,41	$6,29 \pm 0,45$
40,0	Висота стебла	1,72	$8,51 \pm 0,54$
	Довжина кореня	4,24	$6,39 \pm 1,34$
50,0	Висота стебла	3,1	$9,99 \pm 0,98$
	Довжина кореня	0,62	$5,08 \pm 0,2$

Таблиця 2.10 – Середні арифметичні висоти стеколоса безостого та довжини кореневої системи з урахуванням можливого відхилення від отриманих даних

Концентрація кавової гущі, г	Показник, см	Дисперсія σ^2	Середнє, см $\bar{x} \pm m$
0,0 (контроль)	Висота стебла	1,53	11,23 \pm 0,48
	Довжина кореня	3,91	8,03 \pm 1,24
10,0	Висота стебла	2,98	12,81 \pm 0,94
	Довжина кореня	4,01	8,92 \pm 1,27
20,0	Висота стебла	1,09	9,92 \pm 0,34
	Довжина кореня	2,73	6,62 \pm 0,86
30,0	Висота стебла	2,98	9,65 \pm 0,94
	Довжина кореня	4,56	5,8 \pm 1,44
40,0	Висота стебла	2,23	7,91 \pm 0,71
	Довжина кореня	1,08	4,08 \pm 0,34
50,0	Висота стебла	1,95	6,94 \pm 0,62
	Довжина кореня	0,93	2,47 \pm 0,29

На основі даних, отриманих під час проведення статистичної обробки результатів вимірювань ростових показників рослин для візуалізації інформації та підбиття висновків потрібно побудувати графіки, що наглядно демонструють особливості впливу різної концентрації кавових відходів на ростові показники рослин (рис. 2.8–2.10).

Отже, найменша середня висота стебла гірчиці білої (7,3 см) спостерігається за концентрацією кавових відходів 40 г, а найбільша (8,87 см) за концентрацією 50 г. Щодо показників довжини кореневої системи, то найменша середня довжина кореня гірчиці (3,01 см) спостерігається без додавання кави до субстрату, а найбільша (4,82 см) за концентрацією кави 40 г.

Загальна динаміка зміни ростових показників гірчиці білої досить неоднозначна, тому важко судити про суттєвий вплив кавової гущі в цьому питанні.

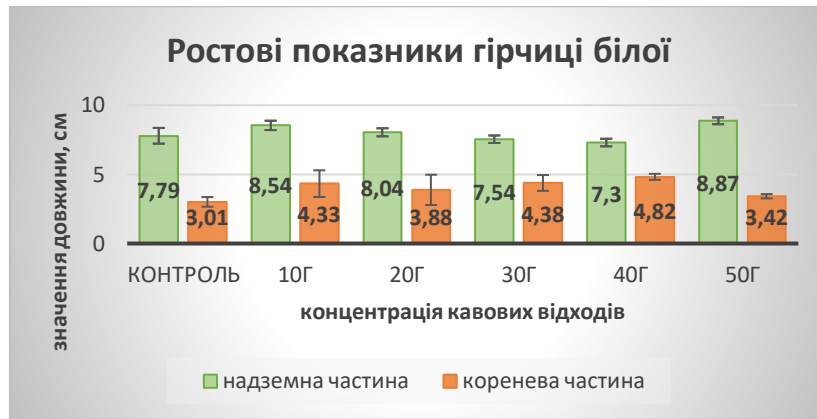


Рисунок 2.8 – Динаміка зміни ростових показників гірчиці білої (*Sinapis alba*) під впливом кавової гущі різної концентрації

Несуттєвий вплив кави на гірчицю можна спробувати пояснити тим, що ця культура має дуже широкі межі витривалості, тому може добре зростати за будь-яких умов.

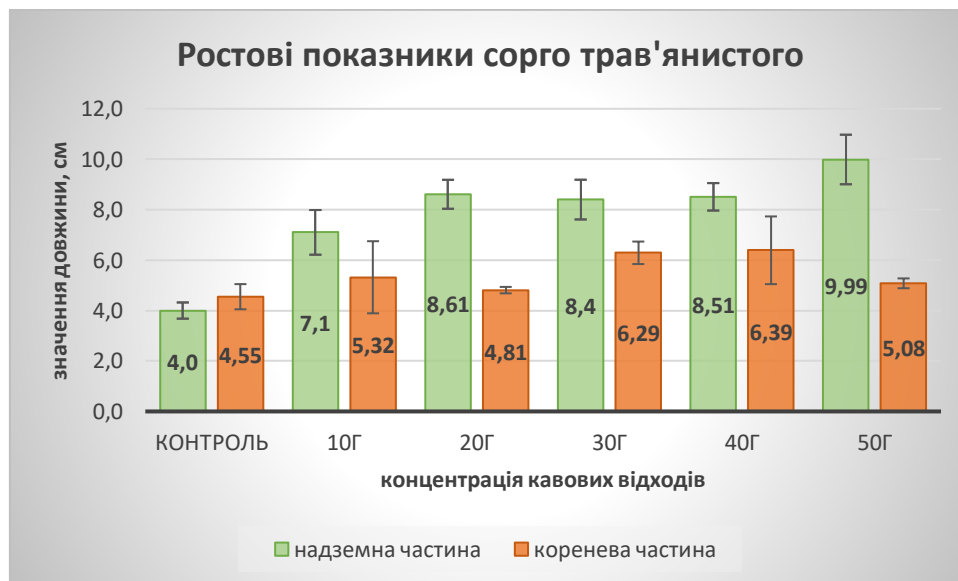


Рисунок 2.9 – Динаміка зміни ростових показників сорго трав'янистого (*Sorghum bicolor*) під впливом кавової гущі різної концентрації

Отже, найменша середня висота стебла сорго трав'янистого (4,0 см) спостерігається в контрольному середовищі, без додавання кави, а найбільша (9,99 см) за концентрацією 50 г. Щодо показників довжини кореневої системи, то найменша середня довжина кореня сорго (4,55 см) також спостерігається без додавання кави до субстрату, а найбільша (6,39 см) за концентрацією кави 40 г.

Загальна динаміка зміни ростових показників сорго під впливом кавової гущі, однозначно, висвітлює неабиякий позитивний результат. Так зі збільшенням концентрації кави висота паростків значно збільшується, щодо кореневої системи, то довжина коренів сорго значно збільшується до концентрації кави 40 г, а потім зменшується.

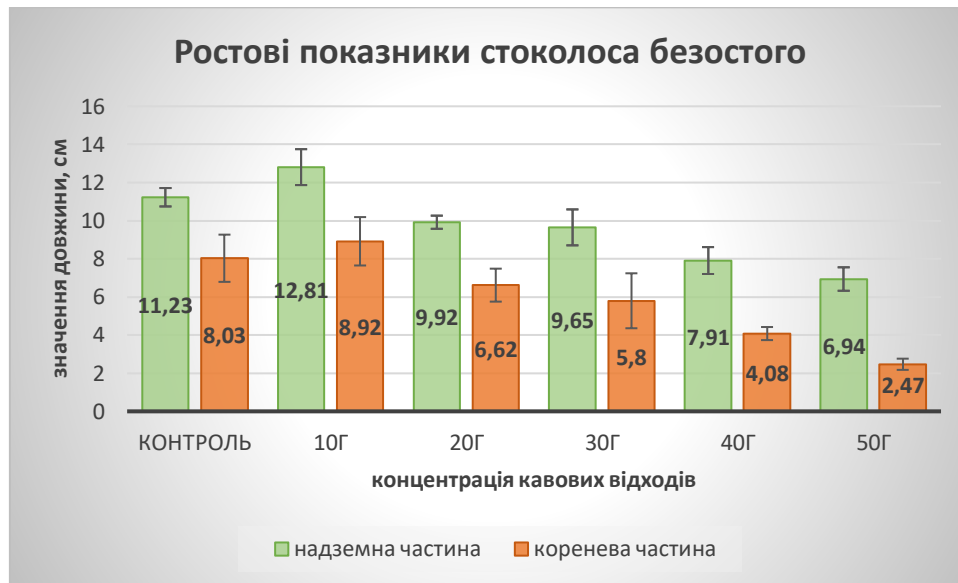


Рисунок 2.10 – Динаміка зміни ростових показників стоколоса безостого (*Bromopsis inermis*) під впливом кавової гущі різної концентрації

Отже, найменша середня висота стебла стоколоса безостого (6,94 см) спостерігається в середовищі з найбільшою концентрацією кави (50 г), а найбільша (12,81 см) за концентрацією 10 г. Щодо показників довжини кореневої системи, то найменша середня довжина кореня стоколоса (2,47 см) спостерігається за концентрацією кавової гущі 50 г, а найбільша (8,92 см) за концентрацією кави 10 г. Загальна динаміка зміни ростових показників стоколоса під впливом кавової гущі має регресивний характер. Гарний позитивний ефект від впливу кави спостерігається лише за незначної концентрації (10 г), у свою чергу збільшення концентрації кави у складі субстрату призводить до пригноблюючого ефекту на рослину, тобто висока концентрація кави має фітотоксичну дію на стоколос безостий.

Щоб перевірити достовірність отриманих результатів дослідження та впевнитися, що саме вплив кавової гущі різної концентрації обумовлює зміни

ростових показників рослин потрібно виконати дисперсійний аналіз однофакторних рівночисельних комплексів. Для цього потрібно визначити допоміжні величини для кожної рослини (табл. 2.11–2.16) [43].

Таблиця 2.11 – Допоміжні величини до результатів вимірювань висот стебла гірчиці білої (*Sinapis alba*)

	контроль	10г	20г	30г	40г	50г	Σ
$\sum x_i$	77,9	85,4	80,4	75,4	73,0	88,7	480,8
$(\sum x_i)^2$	6068,4	7293,2	6464,2	5685,2	5329,0	7867,7	38707,6
$\sum x_i^2$	624,83	735,48	655,62	577,06	541,54	794,49	3929,0
n	10	10	10	10	10	10	60

Примітка: n – кількість вимірювань; x_i – довжина кореня або висота стебла паростка.

Таблиця 2.12 – Допоміжні величини до результатів вимірювань довжин кореня гірчиці білої (*Sinapis alba*)

	контроль	10г	20г	30г	40г	50г	Σ
$\sum x_i$	30,1	43,3	38,8	43,8	48,2	34,2	238,4
$(\sum x_i)^2$	906,0	1874,9	1505,4	1918,4	2323,2	1169,6	9697,7
$\sum x_i^2$	101,67	218,01	185,12	209,88	239,18	121,92	1075,8
n	10	10	10	10	10	10	60

Таблиця 2.13 – Допоміжні величини до результатів вимірювань висот стебла сорго трав'янистого (*Sorghum bicolor*)

	контроль	10г	20г	30г	40г	50г	Σ
$\sum x_i$	40,0	71,0	86,1	84,0	85,1	99,9	466,1
$(\sum x_i)^2$	1600,0	5041,0	7413,2	7056,0	7242,0	9980,0	38332,2
$\sum x_i^2$	170,14	532,12	759,49	730,5	741,39	1029,05	3962,7
n	10	10	10	10	10	10	60

Таблиця 2.14 – Допоміжні величини до результатів вимірювань довжин кореня сорго трав'янистого (*Sorghum bicolor*)

	контроль	10г	20г	30г	40г	50г	Σ
$\sum x_i$	45,5	53,2	48,1	62,9	63,9	50,8	324,4
$(\sum x_i)^2$	2070,3	2830,2	2313,6	3956,4	4083,2	2580,6	17834,4
$\sum x_i^2$	222,81	328,22	235,39	409,75	450,77	264,24	1911,2
n	10	10	10	10	10	10	60

Таблиця 2.15 – Допоміжні величини до результатів вимірювань висот стебла стоколоса безостого (*Bromopsis inermis*)

	контроль	10г	20г	30г	40г	50г	Σ
$\sum x_i$	112,3	128,1	99,2	96,5	79,1	69,4	584,6
$(\sum x_i)^2$	12611,3	16409,6	9840,6	9312,3	6256,8	4816,4	59247,0
$\sum x_i^2$	1276,39	1670,75	994,96	961,03	647,99	501,12	6052,2
n	10	10	10	10	10	10	60

Таблиця 2.16 – Допоміжні величини до результатів вимірювань довжин кореня стоколоса безостого (*Bromopsis inermis*)

	контроль	10г	20г	30г	40г	50г	Σ
$\sum x_i$	80,3	89,2	66,2	58,0	40,8	24,7	359,2
$(\sum x_i)^2$	6448,1	7956,6	4382,4	3364,0	1664,6	610,1	24425,9
$\sum x_i^2$	683,95	835,78	465,58	381,98	177,3	70,29	2614,9
n	10	10	10	10	10	10	60

Далі потрібно розрахувати допоміжний параметр H для кожної рослини та її частини, що вимірюється за формулою:

$$H = \frac{(\Sigma(\Sigma x_i))^2}{\Sigma n} \quad (2.3)$$

Розрахувавши значення допоміжного параметра за формулою 2.3 результати заносять до таблиці (табл. 2.17).

Таблиця 2.17 – Результати розрахунку допоміжного параметра

частина	Гірчиця біла		Сорго трав'янисте		Стоколос безостий	
	стебло	корінь	стебло	корінь	стебло	корінь
<i>H</i>	3852,81	947,24	3620,82	1753,92	5695,95	2150,41

Наступним кроком є розрахунок дев'ят: загальної (D_y), факторіальної (D_a) та залишкової (D_e) за формулами:

$$D_y = \sum(\sum x_i^2) - H \quad (2.4)$$

$$D_a = \frac{\sum(\sum x_i)^2}{n} - H \quad (2.5)$$

$$D_e = D_y - D_a \quad (2.6)$$

Виконавши обчислення величин дев'ят за формулами 2.4–2.6 результати записують до таблиці (табл. 2.18).

Таблиця 2.18 – Результати розрахунків дев'ят

частина	Гірчиця біла		Сорго трав'янисте		Стоколос безостий	
	стебло	корінь	стебло	корінь	стебло	корінь
D_y	76,21	128,54	341,87	157,26	356,29	464,47
D_a	17,95	22,52	212,4	29,51	228,74	292,18
D_e	58,26	106,01	129,47	127,74	127,54	172,29

Після розрахунку дев'ят потрібно визначити показники ступенів волі для кожної дисперсії: ступені волі для загальної (K_y), факторіальної (K_a) та залишкової (K_e) дисперсії. Розрахунки виконують за формулами:

$$K_y = \sum n - 1 \quad (2.7)$$

$$K_a = a - 1 \quad (2.8)$$

де a – кількість градацій регулюючого фактору (у даному випадку кількість середовищ з різною концентрацією кави).

$$K_e = K_y - K_a \quad (2.9)$$

Визначивши числа ступенів волі для кожної дисперсії за формулами 2.7-2.9 отримані результати потрібно звести у таблицю (табл. 2.19).

Таблиця 2.19 – Результати розрахунків числа ступенів волі

K_y	K_a	K_e
59	5	54

Далі потрібно розрахувати власне дисперсії: загальну (S_y), факторіальну (S_a) та залишкову (S_e) за формулами:

$$S_y^2 = \frac{D_y}{K_y} \quad (2.10)$$

$$S_a^2 = \frac{D_a}{K_a} \quad (2.11)$$

$$S_e^2 = \frac{D_e}{K_e} \quad (2.12)$$

Розрахувавши дисперсії за формулами 2.10-2.12 отримані дані зводять у таблицю (табл. 2.20).

Таблиця 2.20 – Результати розрахунків дисперсії

частина	Гірчиця біла		Сорго трав'янисте		Стоколос безостий	
	стебло	корінь	стебло	корінь	стебло	корінь
S_y^2	1,29	2,18	5,79	2,67	6,04	7,87
S_a^2	3,59	4,5	42,48	5,9	45,75	58,44
S_e^2	1,08	1,96	2,4	2,37	2,36	3,19

Результати розрахунків свідчать про те, що значення факторіальної дисперсії S_a^2 більше у порівнянні зі значенням залишкової S_e^2 для всіх рослин та їх вимірювальних частин. Тож між групова варіація перевищує внутрішню. Усе це дає підстави стверджувати, що концентрація кавової гуші у складі субстрату дійсно має вплив на ростові показники всіх рослин. Останнім кроком залишається визначити з якою вірогідністю можна це стверджувати.

Для цього необхідно встановити дисперсійне відношення F_ϕ та порівняти його з табличним значенням критерію Фішера F_{st} для прийнятого рівня значимості. Дисперсійне відношення розраховується за формулою:

$$F_\phi = \frac{S_a^2}{S_e^2} \quad (2.13)$$

Після розрахунку значень дисперсійного відношення за формулою 2.13 для всіх рослин та їх вимірювальних частин потрібно визначити стандартне (табличне) значення критерію Фішера. Його можна визначити за відповідною таблицею, що характеризує певний рівень значимості, у цьому випадку розглядається рівні значимості $\alpha=5\%$ та $\alpha=1\%$. Потрібне значення знаходиться на перетині горизонталі та вертикалі, у якості яких виступають числа волі для факторіальної та залишкової дисперсії відповідно (табл. 2.21).

Таблиця 2.21 – Результати визначення достовірності впливу кавових відходів на ростові показники піддослідних культур та ймовірності цього впливу

частина	Гірчиця біла		Сорго трав'янисте		Стоколос безостий	
	стебло	корінь	стебло	корінь	стебло	корінь
F_ϕ	3,33	2,29	17,72	2,5	19,37	18,32
$F_{st}, \alpha=5\%$	2,39					
$F_{st}, \alpha=1\%$	3,38					

Тож, у випадку коли розрахункове значення дисперсійного відношення (F_ϕ) є більшим за стандартне значення критерію Фішера (F_{st}), можна стверджувати про достовірність впливу контрольованого параметру (концентрація кави у складі субстрату) на зміну ростових показників тест-рослин з певною ймовірністю, у іншому випадку підтверджується нульова гіпотеза (про відсутність впливу).

Отже, кава впливає на висоту стебла гірчиці білої з імовірністю 95%, щодо впливу на довжину кореневої системи, то підтверджується нульова гіпотеза. Причиною відсутності або малої ймовірності впливу кави на ростові показники коренів гірчиці може бути не точність вимірювань, у наслідок обривання частини коренів під час діставання паростків із субстрату. Стосовно сорго трав'янистого, то встановлено, що кава впливає на ростові показники висоти стебла з імовірністю 99% та довжини кореневої системи 95% відповідно. Щодо стоколосу безостого, то встановлено, що концентрація кавової гущі впливає на ростові показники (висоти стебла та довжини кореневої системи) цієї рослини з імовірністю 99%.

2.2.3 Визначення фізико-хімічних та біологічних показників фільтрату, що утворився в ході поливу рослин

Завершальним етапом експерименту є дослідження певних показників фільтратів, що утворилися під час поливання рослин. Для цього потрібно обережно відокремити форму, де пророщувалися рослини від стаканчиків, при цьому зберігаючи послідовність та відповідність самих стаканчиків певній рослині та середовищу в якому вона зростала (рис. 2.11).

Планується дослідити такі показники як: кислотність (pH), TDS (Total Dissolved Solids), що визначає загальний вміст розчинених солей, колоїди та біологічні речовини в складі рідини, а також солевміст (SALT), що визначає загальну мінералізацію. Усі вимірювання здійснюються за допомогою тестера якості води (рис. 2.12).

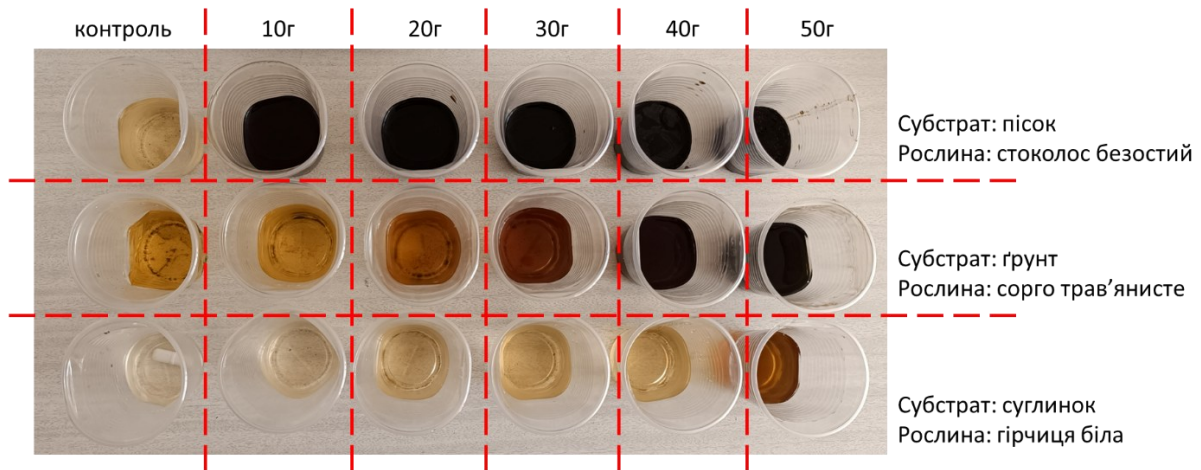


Рисунок 2.11 – Стаканчики з фільтратом, що утворився в процесі поливу піддослідних культур



Рисунок 2.12 – Мікрокомп'ютерний тестер якості води

Вимірювання потрібно виконувати в умовах постійної циркуляції рідини щоб отримати достовірні результати. Для цього стаканчик з фільтратом встановлюють на електромагнітний розмішувач. Також слід сказати, що вимірювання проводиться окремо для кожної рослини починаючи з фільтрату, який відноситься до середовища без додавання кави та закінчуючи фільтратом, що утворився від середовища з найбільшою концентрацією кави. Першою досліджується кислотність рідин. Загальна схема послідовності дослідження показників фільтрату:

1. Встановити тестер у ємність з дистиллятом щоб вода покривала електрод;
2. Увімкнути тестер та занурити у фільтрат (починаючи з середовища без кави), що постійно перемішується на магнітному розмішувачі;
3. Після того як тестер зафіксує відповідне значення потрібно його записати;
4. Далі тестер виймається та промивається в ємності з дистильованою водою;
5. Аналогічно виконують вимірювання інших фільтратів зберігаючи послідовність від найменшої концентрації кави до найбільшої;
6. Записавши результати для однієї рослини потрібно добре промити електрод тестера дистильованою водою, а також замінити ємність з дистиллятом на нову (з чистою водою).

Завершивши дослідження кислотності фільтратів для всіх рослин потрібно замінити електрод тестера на той, що вимірює значення TDS та солеміст. Вимірювання здійснюють відповідно загальній схемі послідовності дослідження показників фільтрату, перейти від одного параметра, що вимірюється на інший можна за допомогою кнопки зміни режиму «mode». На основі записаних даних формуються таблиці (табл. 2.22-2.24).

Таблиця 2.22 – Результати вимірювань кислотності, TDS та загальної мінералізації фільтрату, що утворився з середовищ вирощування гірчиці білої (*Sinapis alba*)

	контроль	10г	20г	30г	40г	50г
pH, ум. од	8,66	8,17	8,2	8,11	7,99	7,65
TDS, ppm	481	291	285	270	310	391
SALT, ppm	364	219	214	202	233	293

Таблиця 2.23 – Результати вимірювань кислотності, TDS та загальної мінералізації фільтрату, що утворився з середовищ вирощування сорго трав'янистого (*Sorghum bicolor*)

	контроль	10г	20г	30г	40г	50г
pH, ум. од	7,58	6,77	6,02	6,71	7,09	6,29
TDS, ppm	1452	1461	1948	1583	1330	1045
SALT, ppm	1084	1093	1452	1187	995	784

Таблиця 2.24 – Результати вимірювань кислотності, TDS та загальної мінералізації фільтрату, що утворився з середовищ вирощування стоколоса безостого (*Bromopsis inermis*)

	контроль	10г	20г	30г	40г	50г
pH, ум. од	7,92	7,26	7,52	7,8	7,77	7,63
TDS, ppm	341	408	372	452	582	634
SALT, ppm	256	306	278	340	436	475

За результатами досліджень фізико-хімічних та біологічних властивостей фільтрату, що утворився в наслідок поливу рослин, що зростали на субстратах з різною концентрацією кави формуються відповідні графіки (2.13–2.16).

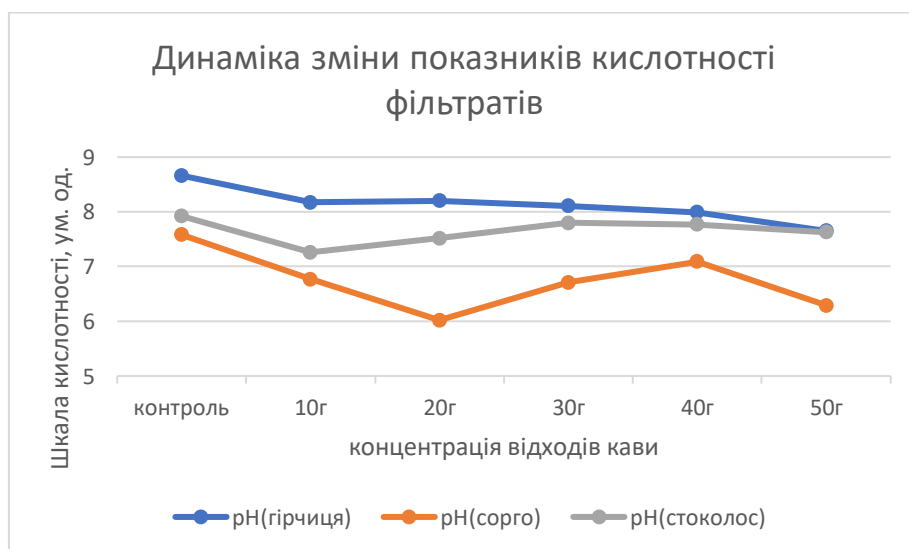


Рисунок 2.13 – Результати дослідження кислотності фільтрату, що утворився із середовищ зростання тест-рослин

Отже, кислотність фільтрату на місці де зростала гірчиця має найбільше значення 8,66 характерне контрольному середовищу (без кави), а найменше 7,65 з концентрацією кави 50 г. Фільтрат, що утворився на місці зростання сорго характеризується найбільшим значенням 7,58 в контрольному середовищі та найменшим 6,02 за концентрацією кави 20 г. Щодо фільтрату, що утворився на місці зростання стоколоса, то найбільше значення 7,92 характерне контрольному середовищу, а найменше 7,26 за концентрацією кави 10 г. Зрештою отримані результати дещо неоднозначні та різняться між собою, причиною може бути порушення рівномірного поливу або інші фактори. Проте загальний вигляд графіків має певний регресивний характер і свідчить про те, що збільшення концентрації кавової гущі сприяє збільшенню кислотності субстрату. В окремих випадках доцільно буде вносити незначні концентрації кави, щоб уникнути надмірного закислення ґрунту.

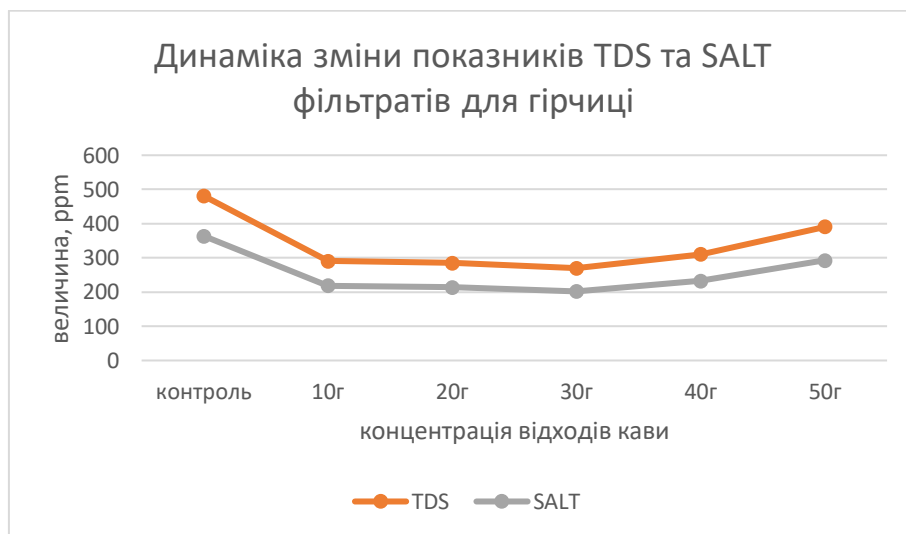


Рисунок 2.14 – Результати вимірювань TDS та SALT фільтрату, що утворився з місця зростання гірчиці білої (*Sinapis alba*)

Тож, фільтрат, що утворився на місці зростання гірчиці має найбільші показники TDS та солеміст в контрольному середовищі, а найменші за концентрацією кави 30 г. Майже однакова кореляція вимірювальних показників говорить про те, що зниження та підвищення рівня TDS у фільтраті переважно обумовлено зміною показників загальної мінералізації. Пояснити опуклість

графіка можна тим, що гірчиця біла можливо здатна за певних концентраціях кави досить ефективно поглинати солі.

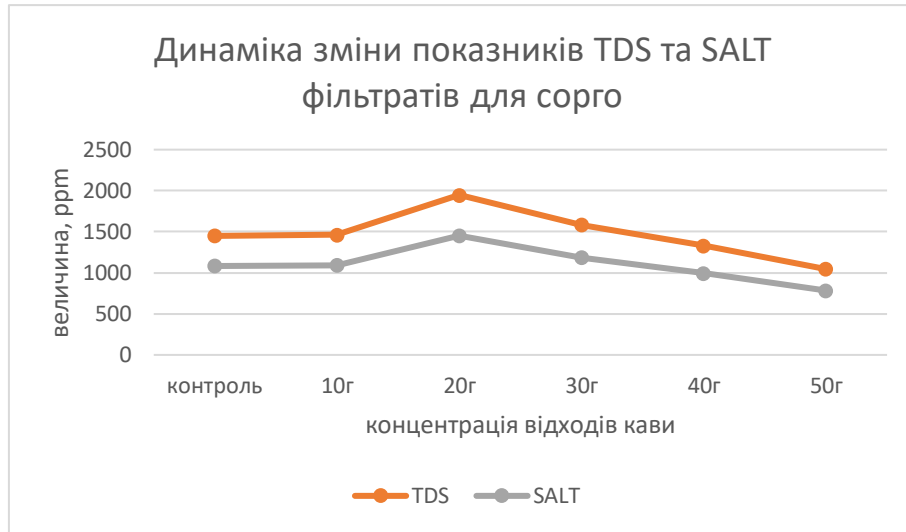


Рисунок 2.15 – Результати вимірювань TDS та SALT фільтрату, що утворився з місця зростання сорго трав'янистого (*Sorghum bicolor*)

Отже, фільтрат, що утворився на місці зростання сорго має найбільші показники TDS та солевміст за концентрації кави 30 г, а найменші за концентрацією кави 50 г. Загальна динаміка має певний регресивний характер, що дає можливість задуматися про властивості сорго трав'яного поглинати солі.

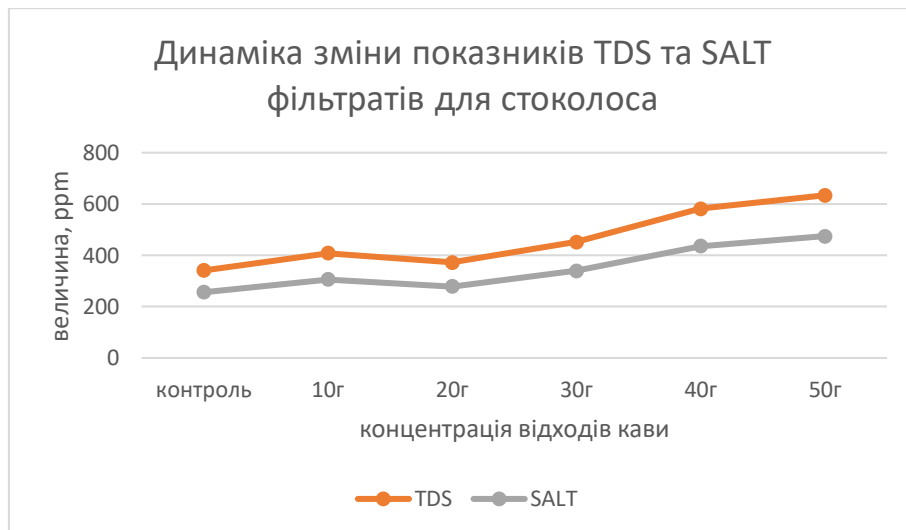


Рисунок 2.16 – Результати вимірювань TDS та SALT фільтрату, що утворився з місця зростання стоколоса безостого (*Bromopsis inermis*)

Отже, фільтрат, що утворився на місці зростання стоколоса має найбільші показники TDS та солеміст за концентрації кави 50 г, а найменші в контрольному середовищі без кави. На графіку простежується однозначна динаміка того, що збільшення концентрації кави супроводжується збільшенням вимірювальних показників. Майже однакове змінення показників зумовлено переважним збільшенням кількості солей в субстраті.

Таким чином біотестування, що передбачає дослідження в лабораторних умовах впливу контрольованого фактору на конкретний живий організм, справді, має низку переваг у порівнянні з іншими методами реалізації експериментальної роботи, що доводить визначне місце цієї методики в науковій діяльності. Ростовий тест як один з можливих шляхів проведення біотестування має на меті дослідити зміну ростових показників (висоти стебла та довжини кореневої системи) тест-культур в залежності від інтенсивності впливу фактору.

За результатами експерименту з вирощування піддослідних рослин на субстраті з додаванням кавової гущі різної концентрації визначено неабиякий позитивний ефект кави на показники приросту фітомаси. Так для гірчиці білої (*Sinapis alba*) найкращими показниками є збільшення довжини кореня на 60% (за концентрації кави 24% від об'єму субстрату) та збільшення висоти стебла на 14% (30% кави) у порівнянні з середовищем без додавання кавової гущі. Найкращими показниками сорго трав'янистого (*Sorghum bicolor*) є збільшення довжини кореневої системи на 40% (24% кави) та збільшення висоти стебла на 150% (30% кави). Щодо стоколоса безостого (*Bromopsis inermis*), то найкращими показниками є збільшення довжини кореня на 11% та висоти стебла на 14% (за концентрації кави 6%) у порівнянні з контрольним середовищем.

У свою чергу дослідження показників фільтрату, що утворився під час поливу рослин доводять, що збільшення концентрації кави у складі субстрату зумовлює підвищення в ньому мінералізації та кислотності. Також певні дані підштовхують задуматися про можливі властивості гірчиці білої та сорго трав'янистого поглинати солі в процесі життєдіяльності.

ВИСНОВКИ

У теоретичному розділі цієї роботи було розглянуто проблему забруднення та деградації земельних ресурсів у всьому світі, а також актуальність проведення заходів рекультивациі порушених ґрунтів. Проаналізовано особливості та ефективність застосування практики фітомеліорації для відновлення родючого потенціалу земельних територій. Досліджено найрозповсюдженіші рослини, що мають меліоративні властивості та широко використовуються для відновлення деградованих земель. Розглянуто проблему неконтрольованого внесення понаднормових об'ємів органо-мінеральних добрив та різного характеру хімічних препаратів при вирощуванні промислових культур, а також характер наслідків цієї діяльності. Проаналізовано досвід застосування альтернативних фітомеліорантів та біологічних добрив. Розглянуто особливості вирощування рослин, що були обрані для цього експерименту в якості тест-об'єктів: гірчиця біла (*Sinapis alba*), сорго трав'янисте (*Sorghum bicolor*) та стоколос безостий (*Bromopsis inermis*). Також визначено актуальність проблеми утворення відходів кави у світі, особливості накопичення та утилізації цього відходу. Встановлено необхідність запровадження ефективних заходів, що сприятимуть зменшенню об'ємів утворення та накопичення характерного типу відходу.

У рамках технологічного розділу було розглянуто типові приклади методів проведення еколого-біологічних досліджень та визначено доцільність і перспективність проведення експерименту в напрямку біотестування. Визначено особливості проведення та оцінки методу ростового тесту як одного з напрямку відтворення дослідження на рослинах. Проведено 3-х тижневий експеримент в лабораторних умовах з вирощування піддослідних рослин в середовищах без кави та з різною концентрацією кавової гущі (10-50 г). По завершенню експерименту було зібрано дані усереднених ростових показників тестових культур, що характеризують особливості зростання у середовищі з певною концентрацією кави. В ході статистичної обробки отриманих даних та аналізу результатів встановлено, що кава з великою ймовірністю (95-99%) справді має

вплив на ростові показники рослин та може мати чудовий стимулюючий ефект на рослинні культури. Так найбільш ефективними концентраціями кави у складі субстрату є 10-15% за масою, саме за таких значеннях спостерігаються найкращі показники приросту довжини кореневої системи та висоти стебла паростків усіх піддослідних рослин. Також визначено, що надмірні концентрації кави можуть мати фітотоксичний ефект для чутливих рослин тим самим пригноблюючи їх. До всього сказаного можна додати, що дослідження фільтрату, який утворився після поливу рослин свідчить про збільшення концентрації кави у складі субстрату зумовлює підвищення в ньому мінералізації та кислотності.

У розділі охорона праці визначено, що під час проведення дослідження в лабораторії можуть виникати певні негативні чинники фізичного, хімічного та біологічного характерів, що негативно впливають на продуктивність виконання робіт та стан здоров'я. Виконано класифікацію найрозповсюдженіших небезпечних чинників роботи в лабораторії та запропоновано технологічні та організаційні заходи з попередження небезпеки. Визначено особливості умов праці в лабораторії, дотримання яких є запорукою усунення негативних впливів та забезпечення безпечної праці в лабораторії. Також запропоновано заходи пожежної безпеки та порядку дій внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій.

Наукова новизна отриманих результатів пов'язана з визначенням оптимальної концентрації відходів кави в складі субстрату за якої спостерігаються найкращі показники приросту фітомаси, що дозволяє рекомендувати ефективні об'єми внесення даного відходу в якості біодобрива для фітомеліорації забруднених земель та відновлення їх родючості.

Практичне значення отриманих результатів полягає у зменшенні об'ємів відходів кави, що накопичуються за рахунок цільового використання відходу в якості біодобрива. Такий підхід не лише зменшує техногенне навантаження на довкілля та його компоненти, а ще й сприяє їх відновленню.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ачасова А.О. Питання класифікації процесів деградації ґрунтів. Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. 2008. №11. С. 145-148.
2. Надточій П.П., Мислива Т.М., Вольвач Ф.В. Екологія ґрунту: монографія. Житомир: Рута, 2010. 473 с.
3. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році. К.: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. 420 с.
4. Ворошилова Н.В., Доценко Л.В., Кацевич В.В. Рекультивація і охорона земель. Практикум: навч. посібник. Херсон: Дніпровський держ. аграр.-екон. ун-т., 2022. 164 с.
5. Прокопенко Н.І., Гуща А.І. Рекультивація як один із заходів щодо відновлення земель. Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. №11 (67). С. 152-154.
6. Кучерявий В.П. Урбоекологія, фітомеліорація: витоки і шляхи розвитку. 2011. №2 (4). С. 25-30.
7. Вольвач О.В., Полуденна А.М. Сільськогосподарська фітомеліорація – важлива ланка екологічно збалансованої системи землекористування. Екологічно безпечне, високопродуктивне використання ґрунту та застосування добрив. 2017. С. 78-81.
8. Генік Я. Лісова фітомеліорація та рекультивація порушених територій: методологічні аспекти. Еколого-економічні та соціальні проблеми, зумовлені неефективним і несталим веденням лісового господарства та незаконними лісозаготівлями в Україні. 2011. №32 (68). С. 195-199.
9. Наумова Я. Агроекологічна оцінка стану земельних угідь в умовах СФГ «Зірка» с. Малинки Вінницького району: магістерська робота. Вінниця, 2023. 44 с.
10. Піліпінець А. Особливості рекреаційної, естетичної фітомеліорації в місті Тернополі. Магістерські студії Географічного факультету ТНПУ ім. В.

- Гнатюка. 2018. №37 (53). С. 140-144.
11. Ситайло К. Технологія зеленого живцювання хвойних та вічнозелених декоративних порід на прикладі розсадницького комплексу Вінницької лісової науково-дослідної станції: дипломна робота. Вінниця, 2018. 63 с.
 12. Огородня А.І. Особливості акумуляції-дисипації основних елементів живлення в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під впливом фітомеліорантів. Агрохімія і ґрунтознавство. 2015. С. 125-128.
 13. Тищенко А., Тищенко О., Пілярська О. Основні ознаки, що визначають цінність люцерни для органічного землеробства. Екологічнобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану. 2022. С. 147-150.
 14. Заїменко Н.В., Дідик Н.П., Елланська Н.Е., Іваницька Б.О., Павлюченко Н.А., Рахметов Д.Б., Харитонова І.П. Впровадження новітньої технології хімічної та фітомеліорації кислих і засолених ґрунтів. Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України. 2016. С. 66-77.
 15. Ходос Т.А. Агроекологічні аспекти доцільності залучення гірчиці сарептської /*brassica juncea*/ до польових сівозмін південного степу України. Сучасна наука: стан та перспективи розвитку. 2021. С. 82-85.
 16. Заїменко Н. Захист та відновлення ґрунтів у повоєнний період: Вісник НАН України 2023. С. 54-56.
 17. Журавель С.В., Кравчук М.М., Кропивницький Р.Б. та ін. Органічні добрива: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 201 «Агрономія». Житомир: Поліський нац. ун.-т, 2020. – 201 с.
 18. Дідух В.Ф. Техніка і технології приготування компостів. Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики. 2022. С. 12-15.
 19. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Методологія оптимізації ресурсовикористання у тваринництві. Вісник: ТДАТУ. 2011. С. 245-251.
 20. Веремеєнко С.І., Стріха В.А., Озерчук А.М. Перспективи використання торфу для відтворення родючості ґрунтів: Вісник ЖНАЕУ. 2017. С. 21–29.

21. Данько М.М. Технологічні основи виготовлення та застосування гуматів під овочеві культури: кваліфікаційна робота. Тернопіль, 2021. 80 с.
22. Недільська У.І. Фізіологічна роль кореневого живлення рослин. *Norwegian Journal of Development of the International Science* №60. 2021. С. 28-30.
23. Загурська Я.Б. Роль фосфору у житті рослин. 2013. 5 с.
24. Новак С.О., Павлюк Г.В., Дорохов В.І., Федішин Б.М. Застосування безхлорних калійних добрив. *Вісник: Житомирський держ. ун.-т ім. Івана Франка*. 2013. С. 49–53.
25. Приймак В.В. Застосування мінеральних добрив в агроекосистемах півдня України. *Научный взгляд в будущее*. 2018. С. 70-75.
26. Гнатюк Н.О., Підан Л.Ф. Можливі шляхи використання хімічної взаємодії між організмами у боротьбі з комахами шкідниками. *Theory, practice and science*. 2021. №9 (110). С. 52-55.
27. Білоус С.В. Гігієнічна оцінка безпечності продуктів овочівництва при застосуванні фунгіциду на основі нової сполуки аметоктрадину. *Теоретична медицина*. 2016. №1 (93). С. 10-14.
28. Тохтарь К.І., Гаврилюк Ю.В. Чи можливе безпечне використання пестицидів?. *Агрономія і Ґрунтознавство*. 2020. С. 76-85.
29. Макарова Г.А., Глущенко М.К., Вакуленко Ю.В. Сидерація як фактор підвищення родючості ґрунтів. *Екологія: Сучасний стан родючості ґрунтів та шляхи її збереження*. 2008. С. 51-54.
30. Шкатула Ю.М., Ткачук О.П., Тітаренко О.М. Сільськогосподарська екологія: навчальний посібник. Вінниця: Вінницький нац. аграрний ун.-т, 2015. 510 с.
31. Хомик Н.І., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А., Олексюк В.П. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій). Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
32. Цизь І.Є., Хомич С.М., Сацюк В.В. Агро-екологічні аспекти будування та використання сапропелю. *Сільськогосподарські машини*. 2021. С. 38-45.

33. Гармаш С.М. Дослідження мікробіологічних та біохімічних властивостей вермикомпосту на основі жому цукрового буряка. *Технологія продуктів органічного синтезу, біотехнологія*. 2009. С. 23-25.
34. Пилипенко В.В. Еколого-економічна ефективність використання мікоризи в органічному землеробстві. *Вісник: Сумський національний аграрний університет*. 2016. 4 с.
35. Продченко І.Д., Тетерук О.В. Господарська цінність та технологія вирощування гірчиці білої. *Вісник: Херсонський держ. аграрно-економічний ун.-т*. 2021. С. 83-84.
36. Чехов А.В., Жернова Н.П. Технологічні аспекти вирощування гірчиці білої в умовах південного степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН*. 2009. С. 238-247.
37. Федорчук М.І., Коковіхін С.В., Каленська С.М. та ін. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування еколого-безпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України: монографія. Херсон: Херсонський держ. аграрний ун.-т, 2017. 208 с.
38. Tombarkiewicz B., Antonkiewicz J., Lis M., Pawlak K., Trela M., Witkowicz R., Gorczyca O. Chemical properties of the coffee grounds and poultry eggshells mixture in terms of soil improver: *Scientific Reports*, 2022.
39. Wang X., Wang Y., Hu G., Hong D., Guo T., Li J., Li Z., Qiu M. Review on factors affecting coffee volatiles: From seed to cup. *J. Sci. Food Agric*. 2022, P. 1341–1352.
40. Маліченко В. Аналіз сучасного досвіду використання відходів кави в Україні. *Вісник: НТУ «ДП»: серія: Молодь: наука та інновації*. Дніпро, 2023. С. 300-301.
41. Сидорович М.М. Науково-дослідницький практикум з біотестування: навчальний посібник для підготовки магістрів зі спеціальностей 014. Середня освіта (Біологія та здоров'я людини), 091. Біологія. Херсон: ФОП Вишимирський В.С., 2019. 80 с.
42. Горова А.І., Павличенко А.В., Борисовська О.О., Ґрунтова В.Ю., Деменко

- О.В. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Дніпро: Національний гірничий університет, 2014. 76 с.
43. Бучавий Ю.В., Рудченко А.Г. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з дисциплін «Біометрія» для студентів спеціальностей 091 «Біологія», 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Дніпро: НТУ «ДП», 2019. 40 с.
44. Голінько В.І., Чеберячко С.І., Шибка М.В., Яворська О.О. Моніторинг умов праці: підручник. Дніпропетровськ: НГУ, 2014. 230 с.
45. Про затвердження Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу: наказ МОЗ України від 27.12.2001 р. № 528. Київ: ВРУ. 2001.
46. Голінько В.І., Фрундін В.Ю., Чеберячко Ю.І., Іконніков М.Ю. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей. Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. 12 с.
47. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Київ: УкрНДІЦЗ, 2016. 31 с.
48. ДБН В.2.5-13-98*. Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд. Зі зміною № 1 (укр). Київ: Проектний інститут "Спецавтоматика", 2006. 77 с.
49. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників: наказ МВС України від 15.01.2018 р. №25. Київ: ВРУ. 2018.