

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут екології, зеленої енергетики та сталого розвитку

Кафедра екології та менеджменту довкілля

До захисту допущено

Кафедрою екології та менеджменту довкілля

протокол № _____ від _____

В. о. завідувача кафедри _____ Андрій АЧАСОВ
(підпис) (ім'я, прізвище)

« _____ » _____ 2026 р.

Кваліфікаційна робота
здобувача _____ першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
(першого (бакалаврського) / другого (магістерського))

Агрономічна ефективність використання компосту з харчових відходів
(назва роботи)

Спеціальність (спеціалізація) _____ 201 Агрономія
(код та найменування спеціальності; спеціалізації спеціальності - за наявності)

Освітня програма _____ Агроменеджмент і цифрові технології в агробізнесі
(назва освітньої програми)

Виконавець _____ Олександр ГОЛОВЧЕНКО
(підпис) (ім'я, прізвище)

Науковий керівник _____ Іветта КРИВИЦЬКА
(підпис) (ім'я, прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології, зеленої енергетики та сталого розвитку
Кафедра екології та менеджменту довкілля
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність Н1 Агрономія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

_____ / проф. Андрій АЧАСОВ
підпис ім'я та прізвище

“ 20 ” травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

_____ Олександр ГОЛОВЧЕНКУ _____
(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Агрономічна ефективність використання компосту з харчових відходів

керівник роботи Іветта КРИВИЦЬКА, канд. біол. наук, доцент
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ _____ ” квітня 2026 року

2. Строк подання студентом роботи 01 травня 2026 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

- Підготувати компост із харчових відходів рослинного походження та сформувати ґрунтосуміші з різними його концентраціями.

- Провести посів тест-культур та організувати експеримент за схемою «контроль – 10 % – 25 % – 50 % компосту».
- Оцінити схожість насіння у різних варіантах досліду.
- Виміряти довжину кореня та висоту надземної частини рослин.
- Визначити сиру та суху масу рослин.
- Розрахувати індекс фітотоксичності та індекс проростання (GI) для комплексної оцінки впливу компосту.
- Встановити оптимальну дозу компосту, яка забезпечує стимулюючий ефект без проявів токсичності.
- Зробити висновки.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Теоретичні основи використання компостів з харчових відходів
2	Методи дослідження агрономічної ефективності компостів з органічних відходів
3	Аналіз результатів дослідження агрономічної ефективності компостів з органічних відходів

5. Дата видачі завдання 20.05.2025 р.

Студент

підпис

Олександр ГОЛОВЧЕНКО

ім'я і прізвище

Керівник роботи

доц. Іветта КРИВИЦЬКА

підпис

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

**АГРОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОСТУ
З ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ**

Олександр ГОЛОВЧЕНКО

Кваліфікаційна робота «Агрономічна ефективність використання компосту з харчових відходів» містить 38 сторінок, 4 розділи, 6 таблиць, 3 рисунки, та 22 використані джерела.

Мета роботи: Оцінити агрономічну ефективність компосту з харчових відходів за різних норм внесення та визначити оптимальну дозу для росту і продуктивності рослин.

Актуальність дослідження Накопичення харчових відходів є актуальною екологічною проблемою, оскільки їх захоронення призводить до забруднення довкілля та втрати цінних ресурсів. Компостування дозволяє перетворювати такі відходи на органічне добриво, однак важливо оцінити його вплив на рослини.

Завдання дослідження. Проаналізувати наукові джерела щодо компостування харчових відходів. Дослідити вплив різних концентрацій компосту на ріст і розвиток рослин. Оцінити показники проростання та росту тест-культур та визначити рівень фітотоксичності компосту. Встановити оптимальну концентрацію компосту для використання.

Методи. Польові, лабораторні та розрахункові методи досліджень.

Результати. Встановлено, що компост із харчових відходів має дозозалежний вплив на рослини. При концентрації 10–25 % спостерігається стимулювання проростання насіння та росту проростків. При 50 % виявлено пригнічення ростових процесів, що свідчить про фітотоксичність.

Отже, визначено оптимальні концентрації компосту, за яких забезпечується позитивний вплив на рослини без токсичної дії.

КОМПОСТ, ФІТОТОКСИЧНІСТЬ, БІОТЕСТУВАННЯ, ХАРЧОВІ ВІДХОДИ,
АГРОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

ABSTRACT

**AGRONOMIC EFFICIENCY OF USING COMPOST FROM FOOD
WASTE**

Olexandr HOLOVCHENKO

The qualification work "Agronomic efficiency of using compost from food waste" contains 38 pages, 4 sections, 6 tables, 3 figures, and 22 sources used.

The purpose of the work: To assess the agronomic efficiency of compost from food waste at different application rates and determine the optimal dose for plant growth and productivity.

Relevance of the study The accumulation of food waste is a relevant environmental problem, since its disposal leads to environmental pollution and loss of valuable resources. Composting allows you to convert such waste into organic fertilizer, but it is important to assess its impact on plants.

Research objectives. To analyze scientific sources on composting food waste. To investigate the impact of different concentrations of compost on plant growth and development. To assess the germination and growth indicators of test crops and determine the level of phytotoxicity of compost. To establish the optimal concentration of compost for use.

Methods. Field, laboratory and computational research methods.

Results. It was established that compost from food waste has a dose-dependent effect on plants. At a concentration of 10–25%, stimulation of seed germination and seedling growth is observed. At 50%, inhibition of growth processes was detected, which indicates phytotoxicity.

Thus, the optimal compost concentrations were determined, at which a positive effect on plants is ensured without toxic effects.

COMPOST, PHYTOTOXICITY, BIOTESTING, FOOD WASTE, AGRONOMIC EFFICIENCY

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОСТІВ З ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ	9
1.1. Проблема накопичення харчових відходів та шляхи їх утилізації.....	9
1.2. Компостування як біотехнологічний процес.....	10
1.3. Характеристика компостів з харчових відходів	12
1.4. Вплив компосту на властивості ґрунту та рослини	13
1.5. Фітотоксичність компостів та фактори її формування.....	15
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ АГРОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПОСТІВ З ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ.....	18
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ АГРОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПОСТІВ З ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ.....	24
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДЖЕННЯ БІОКОМПОСТУ У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ.....	32
ВИСНОВКИ.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

ВСТУП

В умовах сучасного розвитку суспільства однією з ключових екологічних проблем є накопичення органічних відходів, зокрема харчових. Значна їх частина потрапляє на полігони твердих побутових відходів, де відбувається анаеробне розкладання з утворенням парникових газів та токсичних сполук, що негативно впливає на довкілля. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває впровадження екологічно безпечних технологій утилізації органічних відходів, серед яких провідне місце займає компостування [10].

Компостування дозволяє трансформувати органічні відходи у цінний агрономічний продукт - компост, який може використовуватися як органічне добриво. Його застосування сприяє покращенню фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту, підвищенню його родючості та зменшенню потреби у мінеральних добривах. Водночас ефективність компосту значною мірою залежить від його складу, ступеня зрілості та норм внесення [15].

Актуальною проблемою є визначення оптимальних доз компосту, які забезпечують стимулюючий вплив на рослини без прояву фітотоксичного ефекту. Надмірне внесення органічних добрив може призводити до накопичення продуктів розкладу, підвищення осмотичного тиску та пригнічення ростових процесів рослин. Тому необхідним є проведення експериментальних досліджень із використанням біотестування для оцінки агрономічної ефективності та безпечності компостів.

Особливої уваги набуває використання тест-культур з різними морфофізіологічними особливостями, що дозволяє отримати більш об'єктивну оцінку впливу досліджуваних субстратів. У цьому контексті доцільним є застосування як однодольних, так і дводольних рослин.

Таким чином, дослідження агрономічної ефективності компостів з харчових відходів є актуальним як з екологічної, так і з практичної точки зору.

Мета роботи: Визначити агрономічну ефективність компосту із харчових відходів рослинного походження та встановити оптимальні дози їх внесення для стимуляції росту й розвитку сільськогосподарських культур.

Об'єкт досліджень: компост із харчових відходів

Предмет досліджень: Агрономічна ефективність компосту з харчових відходів та його вплив на біометричні показники тест-культур.

Завдання:

- Підготувати компост із харчових відходів рослинного походження та сформувати ґрунтосуміші з різними його концентраціями.
- Провести посів тест-культур та організувати експеримент за схемою «контроль – 10 % – 25 % – 50 % компосту».
- Оцінити схожість насіння у різних варіантах досліду.
- Виміряти довжину кореня та висоту надземної частини рослин.
- Визначити сиру та суху масу рослин.
- Розрахувати індекс фітотоксичності та індекс проростання (GI) для комплексної оцінки впливу компосту.
- Встановити оптимальну дозу компосту, яка забезпечує стимулюючий ефект без проявів токсичності.
- Зробити висновки.

Методи дослідження: експериментальний метод (вегетаційний дослід); біометричні вимірювання; метод біотестування з використанням тест-культур; розрахунок індексу фітотоксичності та індексу проростання.

Отримані результати можуть бути використані для обґрунтування раціонального застосування компостів з харчових відходів у сільському господарстві, а також для зменшення обсягів органічних відходів і підвищення екологічної безпеки.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОСТІВ З ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ

1.1. Проблема накопичення харчових відходів та шляхи їх утилізації

У сучасних умовах однією з помітних екологічних проблем є швидке зростання кількості твердих побутових відходів, значну частину яких становлять саме харчові залишки. Вони утворюються щодня у домогосподарствах, закладах громадського харчування, супермаркетах та на підприємствах харчової промисловості. За різними оцінками, частка органічних відходів може досягати 40–60 % від загального обсягу сміття, що робить цю проблему особливо актуальною [10, 5].

Основна проблема полягає не лише у великій кількості таких відходів, а й у способах їх утилізації. Найпоширенішим методом залишається захоронення на полігонах. Проте в таких умовах органічні рештки розкладаються без доступу кисню (анаеробно), що супроводжується утворенням метану - одного з найнебезпечніших парникових газів. Крім того, утворюються фільтрати, які можуть потрапляти у ґрунт і підземні води, погіршуючи їх якість [12].

Ще однією проблемою є втрата цінних ресурсів. Харчові відходи містять значну кількість органічної речовини та поживних елементів (азоту, фосфору, калію), які могли б бути повторно використані в агроєкосистемах. Проте при захороненні ці ресурси фактично втрачаються, що суперечить сучасним підходам до раціонального природокористування [7, 17].

У зв'язку з цим все більшого значення набувають альтернативні методи поводження з органічними відходами. Серед них можна виділити виробництво біогазу, кормове використання, а також компостування. Останній метод вважається одним із найбільш доступних і екологічно доцільних, оскільки дозволяє перетворювати органічні залишки на корисний продукт - компост [13].

Компостування є біологічним процесом, під час якого органічні відходи під дією мікроорганізмів розкладаються до стабільної гумусоподібної маси. Отриманий компост може використовуватися як органічне добриво, що покращує структуру ґрунту, підвищує його родючість і сприяє розвитку рослин [12].

Крім того, компостування відповідає принципам циркулярної економіки, оскільки дозволяє замкнути цикл органічної речовини: відходи не викидаються, а повертаються у природний кругообіг. Це особливо важливо в умовах сучасних екологічних викликів та необхідності зменшення антропогенного навантаження на довкілля [4, 22].

Таким чином, проблема накопичення харчових відходів є не лише екологічною, а й ресурсною. Використання компостування як методу їх утилізації дозволяє одночасно зменшити обсяг відходів і отримати цінний продукт для сільського господарства, що обґрунтовує доцільність подальших досліджень у цьому напрямі.

1.2. Компостування як біотехнологічний процес

Компостування – це природний біологічний процес розкладання органічних речовин за участю мікроорганізмів у присутності кисню. У результаті цього процесу утворюється стабільна органічна маса – компост, який за своїми властивостями наближений до гумусу і може використовуватися як добриво [14].

Сутність компостування полягає в тому, що різні групи мікроорганізмів (бактерії, гриби, актиноміцети) поступово перетворюють складні органічні сполуки (білки, жири, вуглеводи) на більш прості. У процесі відбувається мінералізація органічної речовини та часткове утворення гумусоподібних сполук, що є цінними для ґрунту [20].

Компостування проходить у кілька основних стадій, які відрізняються за температурою та активністю мікроорганізмів. На початковому етапі (мезофільна фаза) температура підвищується до 25–40 °С, і активно розкладаються

легкодоступні органічні речовини. Далі настає термофільна стадія (40–70 °C), під час якої відбувається інтенсивне розкладання складніших сполук, а також знищуються патогенні мікроорганізми та насіння бур'янів. Завершальна стадія (фаза дозрівання) характеризується поступовим зниженням температури та стабілізацією органічної маси [14].

Ефективність компостування значною мірою залежить від умов, у яких воно відбувається. Одним із найважливіших факторів є співвідношення вуглецю до азоту (C:N). Оптимальним вважається співвідношення приблизно 25 – 30: 1, оскільки, саме за таких умов, мікроорганізми найбільш активно розвиваються [12].

Не менш важливими є вологість і аерація. Вологість компостної маси має бути на рівні 60 – 70 %, оскільки надмірна сухість уповільнює діяльність мікроорганізмів, а надлишок води призводить до нестачі кисню та переходу процесу в анаеробний режим. Для забезпечення доступу повітря компост необхідно періодично перемішувати [12].

Температура також є ключовим показником, який відображає інтенсивність процесу. Підвищення температури свідчить про активну діяльність мікроорганізмів, а її зниження - про завершення основних процесів розкладання. Саме тому температурний режим часто використовують як індикатор стадії компостування [5].

Ознаками зрілого компосту є однорідна темна структура, відсутність неперегнилих залишків, сипка консистенція та характерний запах свіжого ґрунту. Такий компост є безпечним для рослин і може використовуватися як органічне добриво [10].

Важливо зазначити, що незрілий компост може містити продукти неповного розкладання, такі як органічні кислоти або амонійні сполуки, які здатні пригнічувати ріст рослин. Саме тому контроль умов компостування та визначення ступеня зрілості є необхідною умовою його ефективного використання [18].

Таким чином, компостування є складним, але керованим біотехнологічним процесом, який дозволяє перетворювати органічні відходи на цінний ресурс. Розуміння механізмів цього процесу є важливим для забезпечення якості компосту та його безпечного застосування у рослинництві.

1.3. Характеристика компостів з харчових відходів

Компости з харчових відходів є одним із найбільш доступних і перспективних видів органічних добрив, які отримують у результаті біологічного розкладання органічної сировини. До їх складу зазвичай входять рослинні залишки, овочеві та фруктові відходи, чайна заварка, кавова гуща, а також інші органічні компоненти побутового походження. Саме така сировина характеризується високим вмістом органічної речовини та поживних елементів, що визначає цінність компосту як добрива [6, 13].

У процесі компостування відбувається глибока трансформація органічної маси: складні органічні сполуки розкладаються до більш простих, а частина з них переходить у стабільні гумусоподібні речовини. У результаті формується продукт, який містить основні макроелементи - азот, фосфор і калій, а також мікроелементи, необхідні для росту рослин [8].

Важливою характеристикою компосту є його агрохімічні властивості. Зокрема, він покращує структуру ґрунту, підвищує його водоутримуючу здатність і сприяє активізації ґрунтової мікрофлори. Завдяки цьому підвищується доступність поживних речовин для рослин і створюються більш сприятливі умови для їх розвитку [9].

Однак склад компосту значною мірою залежить від вихідної сировини та умов його отримання. Наприклад, компости з харчових відходів можуть відрізнятися за кислотністю, вмістом солей, органічних кислот і форм азоту. Це має важливе значення, оскільки саме ці показники можуть впливати як на стимуляцію росту рослин, так і на можливий токсичний ефект [14].

Порівняно з традиційними органічними добривами (наприклад, гноєм), компости мають ряд переваг. Вони є більш стабільними, мають менший ризик поширення патогенних мікроорганізмів і насіння бур'янів, а також зручніші у використанні. Крім того, компостування дозволяє утилізувати відходи та одночасно отримувати корисний продукт, що відповідає принципам сталого розвитку [18].

Разом із тим, використання компостів може супроводжуватися певними ризиками. Найбільш поширеними є:

- наявність незрілої органічної речовини;
- підвищений вміст амонійного азоту;
- накопичення органічних кислот;
- підвищена електропровідність (солоність).

Ці фактори можуть викликати пригнічення проростання насіння та уповільнення росту рослин, що свідчить про фітотоксичність компосту. Саме тому важливим є контроль ступеня зрілості компосту та норм його внесення [15].

Окремо слід зазначити, що сучасні дослідження в Україні підтверджують ефективність використання компостів з органічної складової побутових відходів як альтернативи частині мінеральних добрив. При цьому правильне застосування компосту дозволяє підвищити врожайність сільськогосподарських культур і покращити екологічний стан ґрунтів [15].

Таким чином, компости з харчових відходів є цінним джерелом органічної речовини та поживних елементів, однак їх ефективність і безпечність залежать від складу, ступеня зрілості та доз внесення. Це обґрунтовує необхідність проведення досліджень, спрямованих на оцінку їх агрономічної ефективності та фітотоксичності.

1.4. Вплив компосту на властивості ґрунту та рослини

Використання компосту як органічного добрива має комплексний вплив як на властивості ґрунту, так і на ріст і розвиток рослин. Це пов'язано з тим, що компост

містить не лише поживні речовини, а й органічну речовину, яка відіграє важливу роль у формуванні родючості ґрунту [9].

Одним із основних ефектів внесення компосту є покращення фізичних властивостей ґрунту. Зокрема, збільшується його структурованість, зменшується щільність і підвищується пористість. Це сприяє кращій аерації кореневої зони та полегшує проникнення води й повітря до коренів рослин. Особливо важливим це є для ущільнених або малородючих ґрунтів [12].

Не менш важливою є здатність компосту покращувати водний режим ґрунту. Завдяки високому вмісту органічної речовини він підвищує водоутримуючу здатність, що дозволяє зменшити втрати вологи та забезпечити рослини водою протягом більш тривалого часу. Це особливо актуально в умовах нестабільного зволоження та кліматичних змін [5, 9].

Компост також впливає на хімічні властивості ґрунту. Він є джерелом основних елементів живлення - азоту, фосфору та калію, які поступово вивільняються і стають доступними для рослин. На відміну від мінеральних добрив, дія компосту є більш пролонгованою, що забезпечує тривале живлення рослин без різких коливань концентрації поживних речовин [8].

Крім того, компост позитивно впливає на біологічну активність ґрунту. Він стимулює розвиток корисної мікрофлори, яка бере участь у розкладанні органічної речовини, мобілізації поживних елементів та формуванні ґрунтової структури. Активізація мікробіологічних процесів сприяє підвищенню родючості ґрунту в цілому [16].

Щодо впливу на рослини, компост у помірних дозах зазвичай має стимулюючий ефект. Це проявляється у підвищенні схожості насіння, прискоренні росту кореневої системи, збільшенні висоти рослин і накопиченні біомаси. Такий ефект пояснюється як покращенням умов живлення, так і позитивним впливом органічних сполук на фізіологічні процеси рослин [14].

Однак важливо враховувати, що дія компосту не є однозначно позитивною у всіх випадках. Надмірне його внесення може призводити до негативних наслідків.

Зокрема, можливе підвищення концентрації солей, накопичення амонійних форм азоту або органічних кислот, що може викликати пригнічення росту рослин [14].

Таким чином, вплив компосту має дозозалежний характер: у помірних кількостях він покращує властивості ґрунту та стимулює ріст рослин, тоді як у надлишку може мати протилежний ефект. Це підкреслює необхідність визначення оптимальних норм внесення компосту для забезпечення його максимальної ефективності.

1.5. Фітотоксичність компостів та фактори її формування

Незважаючи на те, що компости загалом розглядаються як корисні органічні добрива, їх використання може супроводжуватися негативним впливом на рослини. Такий ефект отримав назву фітотоксичності - здатності субстрату пригнічувати проростання насіння та ріст рослин [14, 18].

Фітотоксичність найчастіше проявляється на ранніх етапах розвитку рослин і може виражатися у зниженні схожості насіння, уповільненні росту кореневої системи, зменшенні довжини проростків або загальному пригніченні розвитку рослин. Саме тому оцінка фітотоксичності є важливою складовою дослідження якості компостів [15].

Основною причиною фітотоксичності є недостатній ступінь зрілості компосту. У незрілому компості залишаються проміжні продукти розкладання органічної речовини, які можуть бути шкідливими для рослин. До таких сполук належать органічні кислоти, фенольні речовини та інші продукти неповного розпаду [19].

Ще одним важливим фактором є вміст амонійного азоту (NH_4^+). У процесі розкладання білків утворюються амонійні сполуки, які у високих концентраціях можуть мати токсичний вплив на кореневу систему рослин. Особливо чутливими до цього є проростки, у яких ще не сформовані захисні механізми [8].

Важливу роль відіграє також рівень засоленості компосту, який визначається його електропровідністю. Надлишок розчинних солей створює осмотичний стрес для

рослин, унаслідок чого ускладнюється поглинання води і поживних речовин. Це може призводити до зниження схожості насіння та пригнічення росту [19].

Крім того, фітотоксичність може бути пов'язана з порушенням оптимального співвідношення поживних елементів, зокрема надлишком азоту або дефіцитом інших елементів. У деяких випадках негативний вплив можуть мати й мікроелементи або важкі метали, якщо вони містяться у вихідній сировині [16].

Суттєвим фактором є також доза внесення компосту. Навіть якісний і зрілий компост у надмірній кількості може викликати пригнічення росту рослин. Це пояснюється тим, що висока концентрація органічної речовини та розчинних сполук змінює фізико-хімічні властивості субстрату і створює несприятливі умови для розвитку рослин [12].

Водночас у помірних дозах компости, як правило, не проявляють токсичності, а навпаки - стимулюють ріст рослин. Саме тому оцінка фітотоксичності повинна проводитися з урахуванням дозозалежного ефекту, що дозволяє визначити межу між стимулюючою та пригнічувальною дією компосту [16].

Для визначення рівня фітотоксичності широко застосовують методи біотестування, зокрема оцінку росту коренів і проростків тест-культур. Такі методи дозволяють швидко і об'єктивно оцінити якість компосту та його придатність для використання у рослинництві [19].

Таким чином, фітотоксичність компостів є результатом впливу комплексу факторів, серед яких найбільш важливими є ступінь зрілості, хімічний склад та доза внесення. Урахування цих факторів є необхідним для забезпечення ефективного і безпечного використання компостів у сільському господарстві.

Аналіз літературних джерел показав, що проблема накопичення органічних, зокрема харчових, відходів є актуальною як в Україні, так і у світі. Одним із найбільш екологічно доцільних способів їх утилізації є компостування, яке дозволяє не лише зменшити обсяг відходів, а й отримати цінний продукт - органічне добриво [5, 13].

Встановлено, що компости з харчових відходів містять значну кількість органічної речовини та поживних елементів і здатні позитивно впливати на фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту. Їх застосування сприяє покращенню

структури ґрунту, підвищенню водоутримуючої здатності та активізації мікробіологічних процесів, що в цілому забезпечує сприятливі умови для росту рослин [14, 20].

Разом із тим, у наукових дослідженнях підкреслюється, що ефективність компосту значною мірою залежить від його якості, ступеня зрілості та норм внесення. Особливої уваги набуває проблема фітотоксичності, яка може проявлятися при використанні незрілого компосту або його надмірних доз. Основними причинами такого явища є наявність продуктів неповного розкладання органічної речовини, підвищений вміст амонійного азоту, органічних кислот та розчинних солей [10].

Аналіз літератури також показав, що вплив компосту на рослини має дозозалежний характер: у помірних кількостях він проявляє стимулюючий ефект, тоді як у надлишку може пригнічувати ріст і розвиток рослин. Однак питання визначення оптимальних доз внесення компостів, особливо з харчових відходів, залишається недостатньо вивченим і потребує подальших експериментальних досліджень [14, 18].

Окремо слід зазначити, що для оцінки якості компостів і їх впливу на рослини широко застосовуються методи біотестування. Використання тест-культур дозволяє швидко та об'єктивно визначити як стимулюючий, так і токсичний ефект субстратів. При цьому поєднання показників схожості насіння та росту проростків (зокрема через індекс проростання) дає більш повну характеристику дії компосту [16].

Незважаючи на наявність значної кількості досліджень, питання комплексної оцінки агрономічної ефективності компостів з харчових відходів із урахуванням різних доз та використанням різних тест-культур потребує подальшого вивчення. Особливо актуальним є визначення межі між стимулюючим і пригнічувальним впливом компосту [12].

Таким чином, на основі аналізу літературних джерел обґрунтовано доцільність проведення дослідження, спрямованого на оцінку агрономічної ефективності компосту з харчових відходів, визначення його впливу на ріст і розвиток рослин, а також встановлення оптимальних доз внесення. Це і визначило мету та завдання даної роботи.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ АГРОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПОСТІВ З ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Для проведення дослідження в якості органічного добрива використовували компост, отриманий із харчових відходів рослинного походження. До складу компосту входили овочеві та фруктові очистки, залишки листових овочів, шкарлупа яєць, чайна заварка, кавова гуща, а також незначна кількість паперових серветок як джерела вуглецю. Відходи тваринного походження, жири, м'ясні та молочні продукти до компостної суміші не включалися з метою запобігання розвитку гнильних процесів і неприємного запаху.

Перед закладанням на компостування рослинні залишки подрібнювали до розміру 1–3 см для збільшення площі контакту з мікроорганізмами та прискорення мінералізації органічної речовини. Для оптимізації процесу компостування харчові відходи змішували із сухими рослинними рештками (сухе листя, подрібнена солома) у співвідношенні 2:1, що забезпечувало збалансоване співвідношення вуглецю до азоту та сприяло аерації субстрату.

Компостування проводили в контейнері об'ємом 30 л з отворами для вентиляції при температурі 20–25 °С. Вологість компостної маси підтримували на рівні 60–70 %, періодично зволожуючи її водою. Для забезпечення аеробних умов субстрат перемішували кожні 5–7 діб.

Тривалість процесу компостування становила 90 діб до досягнення стадії зрілого компосту, про що свідчили однорідна темно-бура структура, дрібногрудкувата консистенція, відсутність розпізнаваних фрагментів вихідної сировини та наявність характерного запаху свіжого ґрунту.

Отриманий компост використовували для приготування ґрунтосумішей у концентраціях 10, 25 та 50 % від загального об'єму субстрату, відповідно до схеми експерименту.

Для оцінки агрономічної ефективності використання компосту з харчових відходів у дослідженні було обрано два тест-об'єкти: цибулю ріпчасту (*Allium cepa* L.) як представника однодольних рослин та салат посівний (*Lactuca sativa* L.) як представника дводольних.

Доцільність використання двох біологічних об'єктів зумовлена необхідністю отримання більш об'єктивної та репрезентативної оцінки впливу компосту на рослини різних систематичних груп. Однодольні та дводольні культури відрізняються морфофізіологічними особливостями, насамперед типом кореневої системи, інтенсивністю ростових процесів, швидкістю поглинання елементів живлення та чутливістю до можливих фітотоксичних компонентів органічних добрив.

Цибуля ріпчаста є класичним тест-об'єктом у фітотоксикологічних та агроекологічних дослідженнях завдяки високій чутливості кореневої меристеми до змін хімічного складу субстрату, що дозволяє швидко виявляти як стимулюючий, так і пригнічувальний ефект органічних добавок. Крім того, вона характеризується швидким і рівномірним проростанням, що робить її зручною для оцінки ранніх ростових реакцій.

Салат посівний обрано як швидкорослу дводольну рослину з коротким вегетаційним періодом та високою реактивністю до умов мінерального й органічного живлення. Рослини салату добре реагують на внесення органічної речовини змінами показників схожості, інтенсивності наростання листкової маси та загальної біомаси, що дає змогу оцінити агрономічний ефект компосту не лише на початкових, а й на більш пізніх етапах онтогенезу.

Використання саме цих двох тест-культур дозволяє провести порівняльний аналіз реакції однодольних і дводольних рослин на різні дози компосту, встановити можливу видоспецифічну чутливість та більш достовірно визначити оптимальні норми внесення компостованих харчових відходів у рослинництві.

Таким чином, застосування двох тест-об'єктів забезпечує підвищення достовірності експерименту та розширює можливості практичної інтерпретації отриманих результатів для різних сільськогосподарських культур.

Дослідження було проведено протягом одного вегетаційного сезону 2026 року.

Для оцінки агрономічної ефективності компосту з харчових відходів у схемі досліду було використано три рівні його внесення до ґрунтосуміші – 10, 25 та 50 % від загального об'єму субстрату, а також контрольний варіант без додавання компосту.

Вибір зазначених доз зумовлений необхідністю встановлення діапазону від стимулюючого до потенційно пригнічувального впливу органічного добрива на рослини. Такий підхід дозволяє не лише оцінити позитивний агрономічний ефект компосту, а й визначити межі його безпечного використання.

Доза 10 % була обрана як помірний рівень внесення, що імітує практичне застосування компосту як органічної добавки до ґрунту з метою покращення поживного режиму, структури субстрату та водоутримуючої здатності. За таких умов очікується стимуляція проростання насіння, активізація росту кореневої системи та збільшення накопичення біомаси.

Доза 25 % є середнім рівнем внесення і дозволяє оцінити межу максимально ефективного впливу компосту. Такий варіант є методично важливим для виявлення оптимальної концентрації, за якої позитивний ефект органічної речовини ще зберігається, але вже можуть проявлятися окремі ознаки підвищеного сольового навантаження або надлишкового азотного живлення.

Доза 50 % використовується як високий рівень внесення для перевірки можливого розвитку фітотоксичного або осмотичного ефекту. Значна частка компосту у субстраті може супроводжуватися підвищенням електропровідності, накопиченням амонійних форм азоту, органічних кислот та інших проміжних продуктів мінералізації, що здатні пригнічувати ріст проростків і знижувати продуктивність рослин. Саме цей варіант дозволяє встановити верхню межу доцільного застосування компосту.

Контрольний варіант без внесення компосту є необхідним для визначення природного рівня росту тест-культур у стандартному ґрунтовому середовищі та подальшого розрахунку відносного стимулюючого або інгібувального ефекту.

Таким чином, використаний ряд доз забезпечує можливість побудови градієнта “доза – ефект”, що є методично обґрунтованим підходом для визначення оптимальної норми внесення компосту з харчових відходів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур.

Для кожної культури було підготовлено чотири варіанти ґрунтосуміші. Схема досліду представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Схема проведення дослідження

Варіант	Склад субстрату
Контроль	100 % ґрунт (ґрунт без додавання компосту)
1 варіант	90 % ґрунт + 10 % компост
2 варіант	75 % ґрунт + 25 % компост
3 варіант	50 % ґрунт + 50 % компост

Компоненти ретельно перемішували до однорідного стану, після чого суміш вносили на однакові ділянки однакової площі.

У кожний варіант висівали однакову кількість насіння: по 30 насінин цибулі та салату. Полив проводили рівномірно, не допускаючи пересихання або надмірного зволоження.

Тривалість досліду становила 30 діб, що дозволило оцінити не лише схожість насіння, а й подальший ріст і розвиток рослин протягом основної частини вегетаційного періоду.

Оцінку впливу компосту з харчових відходів на ріст і розвиток рослин проводили за основними біометричними показниками протягом вегетаційного досліду.

Схожість насіння визначали на 7 добу після посіву. Для цього підраховували кількість пророслого насіння у кожному варіанті та розраховували відсоток схожості від загальної кількості висіяного насіння.

Довжину кореня та висоту надземної частини рослин вимірювали за допомогою лінійки. Для аналізу відбирали типові рослини з кожного варіанту. Результати вимірювань виражали у сантиметрах.

Кількість листків визначали шляхом підрахунку сформованих листків у кожної рослини на момент завершення дослідів.

Масу рослин визначали у два етапи:

- сиру масу вимірювали одразу після відбору рослин;
- суху масу визначали після висушування рослин до постійної маси при температурі 60–70 °C.

Для оцінки впливу компосту на ріст рослин та визначення найбільш ефективної дози компосту отримані показники порівнювали з контрольним варіантом.

Крім того, для узагальнення результатів розраховували відносний приріст показників у дослідних варіантах порівняно з контролем.

Для визначення рівня токсичного впливу біокомпостів використовували індекс фітотоксичності (А), який характеризує ступінь пригнічення росту підземної та надземної частини рослин. Первинну оцінку токсичного впливу проводили шляхом порівняння показників дослідних варіантів із контролем [11].

Критерієм наявності токсичності вважали зниження досліджуваних показників на 20 % і більше порівняно з контролем.

Індекс розраховували за формулою:

$$A = \frac{X_k - X_d}{X_k} * 100\% \quad (2.1)$$

Де А- довжина коренів(паростків) у досліді відносно контролю;

X_k- середня довжина кореня у контролі, мм.

Xd- середня довжина кореня у досліді, мм.

Цей показник відображає, наскільки зменшився ріст рослин у досліді відносно контролю.

Для оцінки фітотоксичності біокомпостів доцільно використовувати не лише індекс інгібування росту, а й інтегральний індекс проростання (Germination Index, GI). На відміну від класичного індексу фітотоксичності, що відображає лише ступінь пригнічення росту кореня або проростка відносно контролю, показник GI враховує одночасно схожість насіння та інтенсивність росту проростків. Це є особливо важливим для досліджень біокомпостів, які можуть проявляти не лише токсичний, але й стимулюючий вплив на тест-культури залежно від ступеня їх зрілості, хімічного складу та походження сировини. Тому використання GI дозволяє більш повно оцінити агрономічну придатність і безпечність біокомпостів.

Обробку даних проводили з використанням стандартних програмних засобів Microsoft Excel.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ АГРОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПОСТІВ З ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

У цьому розділі представлено результати дослідження впливу компосту з харчових відходів на ріст і розвиток однодольних та дводольних тест-культур - цибулі ріпчастої та салату посівного. Метою було визначити, як різні дози компосту впливають на основні біометричні показники рослин і встановити оптимальний рівень внесення для поліпшення росту та накопичення біомаси.

Отримані дані дозволяють оцінити реакцію рослин на органічне добриво у порівнянні з контролем та побудувати залежність “доза компосту – ефект на ріст рослин”.

Таким чином, цей розділ демонструє, які дози компосту забезпечують стимулюючий ефект на розвиток цибулі та салату, а при яких дозах спостерігається можливе пригнічення росту.

Схожість насіння була першим показником, який оцінювали у досліді. Для цього підраховували кількість пророслих насінин у кожному варіанті через 7 діб після посіву та розраховували відсоток схожості від загальної кількості висіяного насіння за формулою:

$$C = n/N \times 100 \% \quad (3.1)$$

де:

n - загальна кількість пророслих насінин;

N - кількість висіяних насінин.

Кількість насіння в нашому досліді була 30 штук кожного виду.

Результати дослідження схожості насіння цибулі та салату наведені в таблиці 3.1 та на рис. 3.1

Таблиця 3.1

Схожість насіння при різних дозах компосту

Варіант дослідів	Цибуля, %	Салат, %
Контроль	85	88
10 % компосту	92	94
25 % компосту	95	97
50 % компосту	80	83

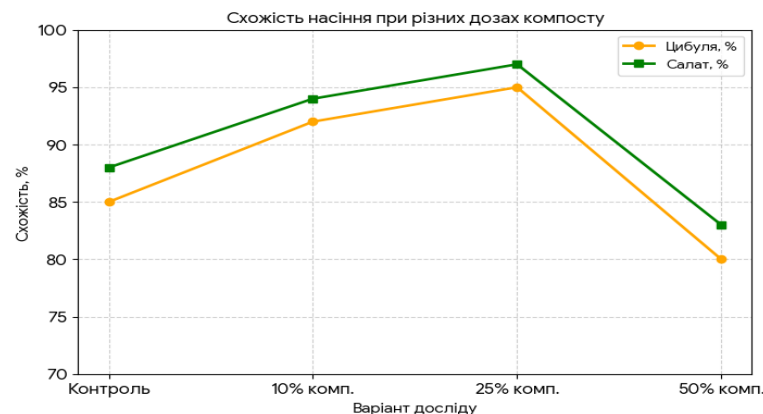


Рис. 3.1 – Візуалізація показника схожості

Внесення компосту в невеликих та середніх дозах (10 - 25 %) стимулювало проростання насіння, підвищуючи схожість на 7–12 % порівняно з контролем. Найвища схожість спостерігалася у варіанті з 25 % компосту, що свідчить про оптимальну кількість органічної добавки для стимуляції росту проростків. При великій дозі компосту (50 %) схожість знизилася нижче контрольного варіанту, що може бути пов'язано з надмірною концентрацією органічної речовини та продуктів розкладу, які частково пригнічували проростання насіння.

Таким чином, схожість насіння показала, що внесення компосту в помірній кількості позитивно впливає на ранні етапи росту рослин, а великі дози вже можуть створювати небажаний ефект.

Ще одним важливим показником росту рослин були довжина кореня та висота надземної частини. Ці параметри відображають розвиток кореневої

системи та загальний ріст рослини і дозволяють оцінити вплив компосту на активність ростових процесів.

Вимірювання проводили через 30 діб після посіву для обох рослин. Довжину кореня та висоту надземної частини визначали за допомогою лінійки. Результати (середні значення) наведено у таблиці 3.2 та рис. 3.2.

Таблиця 3.2.

Середні біометричні показники довжини кореня та висоти надземної частини

Варіант	Цибуля: довжина кореня, см	Цибуля: висота, см	Салат: довжина кореня, см	Салат: висота, см
Контроль	6.2	14.5	5.8	10.4
10 % компосту	7,8	17,2	7,1	12,6
25 % компосту	8,4	18,6	7,9	13,4
50 % компосту	5,9	13,8	5,2	9,8

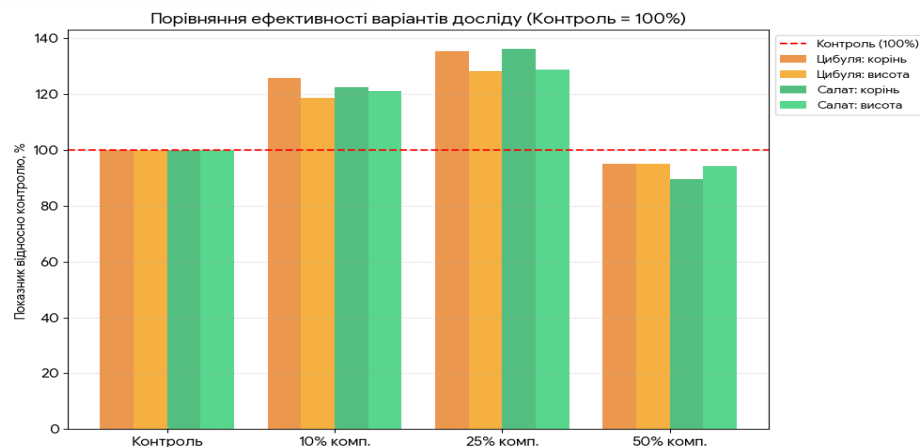


Рис. 3.2 – Морфометричні показники тест об'єктів при різних дозах компосту

Аналіз морфометричних показників показав, що внесення компосту у дозах 10 - 25 % стимулювало ріст коренів та надземної частини, що свідчить про покращення поживного режиму ґрунту та стимуляцію ростових процесів.

Максимальна довжина кореня та висота рослин також спостерігалася у варіанті з 25 % компосту, що вказує на оптимальний ефект органічного добрива.

За високої дози компосту (50 %) відмічалася зниження довжини кореня та висоти рослин у порівнянні з контролем. Це може бути пов'язано з надлишком органічної речовини або продуктів розкладу, які частково пригнічують ріст рослин.

Як і у схожості насіння, помірні дози компосту показали найбільш стимулюючий ефект, тоді як надмірні дози можуть пригнічувати ріст.

Таким чином, довжина кореня та висота рослин підтвердили, що 25 % компосту є оптимальною дозою для стимуляції росту цибулі та салату, а дуже великі дози можуть знижувати ефективність органічної добавки.

Важливим показником ефективності впливу компосту є накопичення біомаси рослин, яке оцінювали за сирою та сухою масою. Саме ці показники дають змогу найбільш повно охарактеризувати інтенсивність росту та загальний стан рослин.

Сира маса відображає загальний об'єм рослинної тканини разом із вмістом води. Вона дозволяє оцінити швидкість росту, інтенсивність водообміну та здатність рослин засвоювати вологу з субстрату. Оскільки компост впливає не лише на живлення, а й на водоутримуючі властивості ґрунту, зміни сирової маси є важливим показником його дії.

Водночас суха маса є більш об'єктивним показником, оскільки характеризує кількість накопиченої органічної речовини (біомаси) без урахування води. Саме цей показник відображає ефективність процесів фотосинтезу та засвоєння поживних речовин. Збільшення сухої маси свідчить про те, що рослина не просто накопичує воду, а активно формує тканини.

Використання обох показників разом є доцільним, оскільки дозволяє розрізнити ефект “просто зволоження” і реального росту. Також можливо оцінити вплив компосту на водний режим рослин та більш точно визначити ефективність органічного добрива.

Таким чином, аналіз сирої та сухої маси дає можливість комплексно оцінити вплив компосту з харчових відходів на ріст і розвиток рослин та зробити більш обґрунтовані висновки щодо його агрономічної ефективності.

Крім того, показники сирої та сухої маси тісно пов'язані з формуванням урожайності рослин. Чим інтенсивніше відбувається накопичення біомаси на ранніх етапах розвитку, тим вищий потенціал формування продуктивних органів у подальшому. Тому збільшення біомаси під впливом компосту можна розглядати як важливу передумову підвищення врожайності культур.

Сиру масу визначали одразу після відбору рослин шляхом зважування. Для визначення сухої маси рослини попередньо висушували до постійної маси при температурі 60–70 °С, після чого проводили повторне зважування. Результати дослідження наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Аналіз сирої та сухої маси тестових рослин

Варіант	Цибуля: сира маса, г	Цибуля: суха маса, г	Салат: Салат: сира маса, г	Салат: суха маса, г
Контроль	4,20	0,42	1,50	0,15
10 % компосту	5,35	0,54	1,95	0,20
25 % компосту	6,10	0,62	2,20	0,23
50 % компосту	3,90	0,38	1,42	0,14

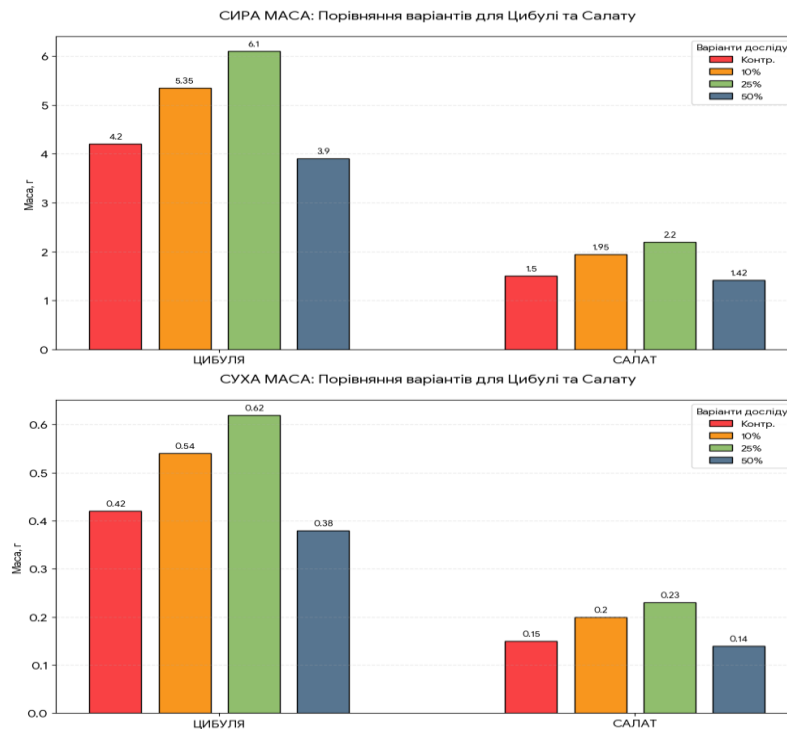


Рис. 3.3 – Порівняльна характеристика біомаси дослідних культур залежно від частки компосту в субстраті

Зробивши аналіз даних бачимо, що внесення компосту у дозах 10 та 25 % сприяло збільшенню як сирії, так і сухої маси рослин у порівнянні з контролем.

Найвищі значення біомаси спостерігалися у варіанті з 25 % компосту, що підтверджує його найбільшу ефективність для росту рослин.

Збільшення сухої маси свідчить про активне накопичення органічних речовин, а не лише про утримання води в тканинах.

У варіанті з 50 % компосту відмічалось зниження маси рослин, що може бути пов'язано з надлишком органічної речовини, підвищеною вологістю субстрату або накопиченням продуктів розкладу.

Подібна тенденція спостерігалася як у цибулі, так і у салату, що підтверджує загальний характер впливу компосту.

Таким чином, показники сирії та сухої маси підтвердили результати попередніх досліджень: найбільш ефективною є середня доза компосту (25 %), яка забезпечує максимальне накопичення біомаси рослин.

Для додаткової оцінки впливу компосту на ріст рослин було розраховано індекс фітотоксичності (ІФ). Цей показник дозволяє визначити, чи має досліджуваний субстрат стимулюючий або пригнічувальний вплив на рослини. Розрахунок проводили за довжиною кореня як найбільш чутливим показником росту. Результати представлені в таблицях 3.4 та 3.5. Позитивні значення індексу свідчать про стимулюючий ефект, від'ємні – про пригнічення росту.

Таблиця 3.4

Розрахунок індексу фітотоксичності (ІФ) для цибулі (*Allium cepa* L.)

Варіант досліджу	Довжина кореня, см	ІФ, %
Контроль	6,2	0
10 % компосту	7,8	+ 25,8
25 % компосту	8,4	+ 35,5
50 % компосту	5,9	- 4,8

Таблиця 3.5

Розрахунок індексу фітотоксичності (ІФ) для салату (*Lactuca sativa* L.)

Варіант досліджу	Довжина кореня, см	ІФ, %
Контроль	5,8	0
10 % компосту	7,1	22,4
25 % компосту	7,9	36,2
50 % компосту	5,2	- 10,3

Позитивні значення ІФ (+20–36 %) у варіантах з 10 та 25 % компосту свідчать про стимулюючий вплив субстрату на ріст кореневої системи. Найвищі значення ІФ отримано при 25 % компосту, що підтверджує оптимальність цієї дози. У варіанті з 50 % компосту індекс набуває від'ємних значень, що вказує на пригнічення росту та наявність фітотоксичного ефекту. Більш виражене зниження ІФ у салату (–10,3 %) порівняно з цибулею (–4,8 %) свідчить про вищу чутливість салату до надлишку компосту.

У результаті проведеного дослідження встановлено вплив компосту з харчових відходів на ріст і розвиток тест-культур - цибулі ріпчастої та салату посівного.

Аналіз схожості насіння показав, що внесення компосту у дозах 10 - 25 % сприяє підвищенню проростання насіння порівняно з контрольним варіантом. Найвищі показники схожості спостерігалися у варіанті з 25 % компосту, що свідчить про позитивний вплив помірної кількості органічної речовини на ранні етапи розвитку рослин. У той же час підвищення дози до 50 % призводило до зниження схожості.

Подібна закономірність спостерігалася і за іншими біометричними показниками. Довжина кореня, висота рослин, а також накопичення сирої та сухої маси були максимальними у варіанті з 25 % компосту. Це свідчить про покращення умов живлення та стимуляцію ростових процесів за помірного внесення органічного добрива.

За високої дози компосту (50 %) у більшості випадків відмічалася зниження показників росту, що може бути пов'язано з надлишком органічної речовини, змінами вологісного режиму субстрату або накопиченням продуктів розкладу, які частково пригнічують розвиток рослин.

Розрахунок індексу фітотоксичності підтвердив отримані результати. У варіантах із 10 - 25 % компосту спостерігався стимулюючий ефект, тоді як при 50 % відмічалася зниження показників, що свідчить про можливий слабкий фітотоксичний вплив при надмірному внесенні.

Таким чином, результати дослідження показали, що найбільш ефективною дозою компосту з харчових відходів є 25 %, яка забезпечує оптимальний ріст і розвиток обох тест культур, як цибулі, так і салату. Отримані дані підтверджують доцільність використання компосту як органічного добрива, але також вказують на необхідність дотримання помірних норм його внесення.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДЖЕННЯ БІОКОМПОСТУ У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

Проведення польового експерименту з оцінки агрономічної ефективності компостів із харчових відходів здійснювалося в умовах відкритого ґрунту на дослідній ділянці в Харківській області. У зв'язку з цим питання охорони праці охоплювали комплекс природних, виробничих та безпекових факторів, які можуть впливати на здоров'я виконавця та умови проведення дослідження.

Основними виробничими ризиками під час виконання польових робіт є вплив несприятливих погодних умов, зокрема підвищених або знижених температур, інтенсивної сонячної радіації, вітру та опадів. Тривала робота на відкритій місцевості може спричиняти теплове навантаження на організм, зневоднення, втому або переохолодження. З метою мінімізації цих ризиків роботи виконувалися у безпечні години доби, з урахуванням погодних умов, із регулярними перервами на відпочинок та обов'язковим дотриманням питного режиму. Використовувався відповідний сезонний одяг, що забезпечував захист від ультрафіолетового випромінювання та механічних пошкоджень.

Під час підготовки ґрунту, внесення компосту та закладання дослідних ділянок існує ризик контакту з органічними матеріалами, ґрунтом та мікроорганізмами. Хоча компост проходив стадію дозрівання, він може містити умовно-безпечну мікрофлору, спорові форми мікроорганізмів або органічний пил, що здатні викликати алергічні реакції, подразнення шкіри чи слизових оболонок. Для зниження біологічних ризиків застосовувалися рукавички, закритий робочий одяг та дотримання правил особистої гігієни після завершення польових робіт.

Додаткову небезпеку становлять механічні фактори, пов'язані з використанням ручного сільськогосподарського інвентарю (лопати, граблі, садові інструменти, вимірювальні прилади). Під час роботи з інструментами існує ризик порізів, проколів або інших травм. Для запобігання таким випадкам

дотримувалися загальноприйнятих правил техніки безпеки, включаючи правильне використання інструментів, їх справний стан та обережне транспортування.

Польові умови також передбачають вплив біологічних природних факторів, таких як комахи, кліщі та інші ґрунтові організми, які можуть бути потенційними переносниками інфекційних захворювань. Для зменшення ризику передбачалося використання закритого одягу, а після завершення робіт проводився огляд тіла та гігієнічна обробка відкритих ділянок шкіри.

Важливим аспектом є організація безпечного робочого процесу в умовах відкритого середовища. Це включає раціональне планування часу виконання робіт, уникнення перевантаження, чергування фізичного навантаження та відпочинку, а також забезпечення наявності засобів зв'язку для оперативного реагування у разі надзвичайних ситуацій. Особлива увага приділялася координації дій під час виконання робіт на відкритій території, що дозволяло знизити ризики нещасних випадків.

З урахуванням розташування дослідної ділянки в Харківській області додатково враховувалися ризики, пов'язані з воєнними діями та загальною нестабільною безпековою ситуацією в регіоні. До них належать можливість оголошення повітряної тривоги, обстрілів або наявність вибухонебезпечних предметів у місцях, які потенційно зазнавали впливу бойових дій. У зв'язку з цим усі польові роботи виконувалися виключно за умови відсутності прямої загрози та з обов'язковим моніторингом офіційних сигналів цивільного захисту. У разі оголошення повітряної тривоги роботи негайно припинялися, а виконавець переходив до укриття відповідно до встановлених правил безпеки.

Перед початком експерименту проводився візуальний огляд території для виключення наявності сторонніх предметів або потенційно небезпечних об'єктів. У разі виявлення підозрілих елементів роботи не розпочиналися або негайно зупинялися до з'ясування обставин відповідними службами. Такий підхід є обов'язковим елементом безпеки при проведенні будь-яких польових досліджень у регіонах із підвищеним рівнем ризику.

Також враховувалися загальні вимоги до організації праці в польових умовах, включаючи профілактику перевтоми, дотримання режиму праці та відпочинку, а також контроль за станом здоров'я виконавця під час тривалого перебування на відкритому повітрі. Усі роботи планувалися таким чином, щоб мінімізувати час безперервного фізичного навантаження.

Таким чином, проведення польового експерименту вимагало комплексного врахування природних, біологічних, механічних та безпекових факторів. Дотримання вимог охорони праці та правил поведінки в умовах підвищеного ризику забезпечило безпечне виконання дослідження та отримання достовірних експериментальних результатів навіть в умовах воєнної нестабільності регіону.

ВИСНОВКИ

1. В результаті проведеного дослідження встановлено, що компост із харчових відходів є ефективним органічним добривом, здатним впливати на ріст і розвиток рослин залежно від норми внесення.

2. Виявлено, що внесення компосту у дозах 10 % та 25 % позитивно впливає на схожість насіння. Найвищі показники схожості як у цибулі ріпчастої, так і у салату посівного зафіксовані при внесенні 25 % компосту, що свідчить про стимулюючий ефект помірних доз органічної речовини на ранні етапи онтогенезу.

3. Дослідження морфометричних показників показало, що довжина кореневої системи та висота надземної частини рослин максимальні у варіанті з 25 % компосту. Це вказує на покращення поживного режиму субстрату та активізацію ростових процесів.

4. Встановлено, що внесення компосту у дозах 10 - 25 % сприяє підвищенню сирої та сухої маси рослин, що свідчить про інтенсивне накопичення біомаси та ефективне використання поживних речовин. Найбільший приріст біомаси спостерігався при 25 % компосту.

5. Виявлено, що висока доза компосту (50 %) має пригнічувальний вплив на всі досліджувані показники: знижується схожість насіння, уповільнюється ріст рослин і зменшується накопичення біомаси. Це свідчить про можливий розвиток фітотоксичного ефекту або порушення оптимальних умов живлення.

6. Розрахунок індексу фітотоксичності підтвердив стимулюючий вплив компосту у дозах 10 - 25 % (позитивні значення індексу) та пригнічувальний ефект при 50 % (від'ємні значення). Встановлено, що салат посівний є більш чутливим до надлишку компосту порівняно з цибулею ріпчастою.

7. Загалом встановлено, що залежність “доза компосту - ефект” має нелінійний характер: помірні дози стимулюють ріст рослин, тоді як надмірні - пригнічують його.

8. Оптимальною дозою внесення компосту з харчових відходів є 25 % від об’єму субстрату, що забезпечує максимальні показники схожості, росту та накопичення біомаси без прояву фітотоксичності.

9. Отримані результати підтверджують доцільність використання компосту з харчових відходів у якості органічного добрива, за умови дотримання обґрунтованих норм внесення.

10. Отримані результати розширюють практичні можливості застосування компостованих харчових відходів у технологіях органічного землеробства та можуть бути використані для оптимізації норм внесення органічних добрив у різних культурах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков І. Ю. Екологія : підручник. Київ : Либідь, 2019. 408 с.
2. Гавриленко О. П. Біотехнологічні методи переробки органічних відходів : навч. посіб. Київ : НУБіП України, 2019. 184 с.
3. Гончаренко Г. І., Лисенко В. П. Мікробіологічні процеси в ґрунті та компостуванні // Ґрунтознавство. 2020. № 3. С. 58–66.
4. Державна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. Київ : КМУ, 2017 (оновл. 2023).
5. ДСТУ 7369:2013. Відходи. Компост. Загальні технічні вимоги. Київ : УкрНДНЦ, 2013.
6. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Київ : УкрНДНЦ, 2016.
7. Закон України «Про управління відходами» № 2320-ІХ від 20.06.2022. Київ : ВРУ, 2022.
8. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264-ХІІ. Київ : ВРУ.
9. Ковальчук М. С. Біотестування ґрунтів і компостів у агроекологічних дослідженнях // Наукові праці НУБіП України. 2021. № 5. С. 102–110.
10. Кравчук В. П., Глухов О. З. Екологічні аспекти поводження з твердими побутовими відходами в Україні // Вісник аграрної науки. 2022. № 6. С. 45–52.
11. Крайнюкова А. М. Методика визначення токсичності ґрунтів на вищих рослинах. Київ. УкрНДІЕП. 1997. 17 с.
12. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Мінеральне живлення рослин і добрива. Львів : Українські технології, 2018. 496 с.
13. Мельник Л. Г., Дерев'янка О. П. Управління відходами в Україні: проблеми та перспективи. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. 276 с.

14. Орлова О. В., Пащенко Ю. В. Фітотоксичність органічних добрив та методи її оцінки // Біологічні системи. 2022. Т. 14, № 1. С. 71–79.
15. Сакун А. О., Самойленко Н. М., Кутковий Д. О. Компостування як екологічно безпечний метод утилізації органічних відходів // Аграрні інновації. 2025. № 33. С. 210 – 218.
16. Тарасенко О. М. Органічне землеробство та біологізація агросистем. Київ : Аграрна наука, 2020. 288 с.
17. Цвей Я. П., Панас І. М. Ґрунтознавство з основами агрохімії. Київ : Вища школа, 2017. 352 с.
18. Шувар І. А. Органічні добрива та їх використання в землеробстві. Львів : ЛНАУ, 2020. 320 с.
19. Bernal M. P., Alburquerque J. A., Moral R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment // Bioresource Technology. – 2009. – Vol. 100(22). P. 5444–5453.
20. De Bertoldi M., Vallini G., Pera A. The biology of composting: a review // Waste Management & Research. – 1983. – Vol. 1(2). P. 157–176.
21. Kinnunen V., Winqvist E. et al. Anaerobic digestion and composting of food waste: environmental and agronomic impacts // Waste Management. 2020. Vol. 118. P. 470–480.
22. Korbut M., Malovanyy M., Davydova I. et al. Assessment of food waste management system implementation in Ukraine // Advances in Science and Technology. 2025. Vol. 162. P. 183–189.