

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

ВАСИЛИК ЮРІЙ ВАДИМОВИЧ

Допускається до захисту:

Зав. кафедрою біофізики і
фізіології, к.х.н.

_____ Доценко О.І.

«___» _____ 2024 р.

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КАЛІФОРНІЙСЬКОГО ЧЕРВ'ЯКА НА
БІОЛОГІЧНИХ СУБСТРАТАХ

Спеціальність 091 Біологія

Кваліфікаційна (магістерська) робота

Науковий керівник:

канд. вет. наук, ст.викладач

Березовський І. В.

Оцінка: _____ / _____ / _____

(бали за шкалою ЕКТС/національною шкалою)

Голова ЕК: _____

(підпис)

Вінниця 2024

АНОТАЦІЯ

Василик Ю. В. Особливості вирощування каліфорнійського черв'яка на біологічних субстратах.

На сучасний момент технологія виробництва вермікомпосту в Україні має відпрацьовані методи, причому варіації її застосування можуть виникати в залежності від кліматичних умов та складу компосту. Велике значення приділяється виду вермібіотичної маси, зокрема Червоного каліфорнійського черв'яка, який може бути штучно вирощений на промислових масштабах. У дослідженні зосереджено увагу на відборі та аналізі властивостей субстратів, таких як торф, солома, листовий опад та коров'ячий гній.

У магістерській роботі включено інформацію про технологічні аспекти процесу розмноження, вплив температурних режимів на цей процес, ростові процеси, склад готового біогумусу. Розглядається ефективність запропонованого технологічного процесу вирощування конкретного виду черв'яка за контейнерним способом. Впровадження даного методу має перевагу у здатності контролювати чисельність черв'яків, обсяг виробленого ними біогумусу та тривалість розвитку яєць (коконів), що використовуються для штучного розведення і селекційної роботи.

Ключові терміни: Червоний каліфорнійський черв'як, вермікомпост, вермікультура, вермікомпостування, субстрат, біогумус, органічна технологія, копостер.

ANOTACIA

Vasylyk Y. V. Peculiarities of growing the California worm on biological substrates.

At the present moment, vermicompost production technology in Ukraine has well-established methods, with variations in its application depending on climatic conditions and compost composition. Special attention is given to the type of vermicomposting mass, particularly the Red Californian earthworm, which can be artificially cultivated on an industrial scale. The research focuses on the selection and analysis of substrate properties, such as peat, straw, leaf litter, and cow dung.

The work also includes information on the technological aspects of the reproduction process, the impact of temperature regimes on this process, growth processes, and the composition of the finished vermicompost. The efficiency of the proposed technological process for growing a specific type of worm using the container method is discussed.

The implementation of this method has advantages in controlling the number of worms, the volume of vermicompost produced, and the duration of egg (cocoon) development, which are used for artificial breeding and selective work.

Keywords: Red Californian earthworm, vermicompost, vermiculture, vermicomposting, substrate, vermicompost, organic technology, composting.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	1
Зміст	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. Огляд літератури.....	7
1.1. Проблема переробки органічних відходів в Україні.	7
1.2. Біогумус застосування та властивості.	10
1.3. Характеристика придатних для вермікультури видів.	12
1.4. Особливості морфології гібридів <i>Eisenia andrei</i> та <i>Eisenia fetida</i>	15
1.5. Умови оптимального існування для вермікультури <i>Eisenia fetida</i>	17
1.6. Формування умов розвитку вермікультури.	19
1.7. Дослідження підкладок для верміобчислень.	22
1.8. Найбільш ефективні біодобрива (біогумус) та їх характеристики.	23
РОЗДІЛ 2. Матеріали та методи досліджень	266
2.1. Системи обробки органічних відходів за допомогою вермікомпосту ..	26
2.2. Проектування та оптимізація дослідницької установки для процесу вермікомпостування.....	26
2.3 Підрахунок популяції дощових черв'яків в компостерах.	27
2.4. Методи визначення якості отриманого біогумусу	28
РОЗДІЛ 3. Експериментальна частина.....	30
3.1. Агрономічні властивості підібраних субстратів.....	30
3.2. Підготовка субстратів.	42
3.3. Підготовка маточного поголів'я.	48
3.4. Характеристики компостера Keter E Composter.	51
3.5. Хід досліджу.....	52
3.6. Результати експерименту.....	54
3.7. Результати аналізу хімічного складу біогумусу.	56
3.8. Створення компосту (біогумусу) з використанням черв'яка <i>Eisenia fetida</i> та його економічна ефективність.	58
РОЗДІЛ 4. Висновки	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	62
ДОДАТКИ	688

ВСТУП

Останнім часом у світі виникло багато екологічних проблем, які потребують для свого вирішення інших альтернативних підходів, технологій, безпечних для навколишнього середовища та здоров'я людини.

Промислові підприємства використовуючи в технологічних процесах виробництва продукції природні ресурси зумовлюють утворення великої кількості рідких, твердих та газоподібних відходів. Поміж тим, багато процесів використовують екологічно шкідливі технології, які передбачають попереднє механічне подрібнення, використання високотемпературних хімічних каталізаторів, підвищені концентрації реагентів, високий тиск та інші фактори активації процесу. Це, в свою чергу, наносить значну шкоду навколишньому середовищу.

Біотехнологічні процеси відрізняються використанням екологічно безпечних умов технологічних режимів, таких як низькі температури, низький тиск, нейтральні середовища, висока швидкість реакцій при невеликих концентраціях компонентів. Це робить їх близькими до природних процесів.

Одночасно біотехнологія ґрунтується на принципах перетворення та переміщення матеріалів та енергії у просторі, що є характерним для живих організмів, біологічних систем і природних комплексів. Таким чином, біотехнологічні процеси відповідають законам екологічної рівноваги та стабільності екосистем.

Розуміння та збереження біорізноманіття та життєво важливих біологічних особливостей має вирішальне значення для підвищення загальної річної врожайності сільськогосподарських культур як на родючих, так і на посушливих ґрунтах. Це можна досягти шляхом відбору представників різних таксономічних груп дощових черв'яків в різних регіонах та їх ідентифікації за допомогою наявних таксономічних ключів. Однак у зв'язку із

великою різноманітністю видів дощових черв'яків (3700 вже описаних та ще 6000 передбачуваних видів), що існують у наземних, прісноводних і морських екосистемах, це стає надзвичайно складною задачею.

Крім того, згадані тварини мають велику зовнішню схожість і вимагають більш докладних знань для їх ідентифікації, ускладнюючи завдання для непрофесіоналів. Також, недорозвинення та відсутність морфологічних ознак у молодих та пошкоджених особин ускладнюють завдання ідентифікації тварин, що призводить до ускладнення дослідження видового різноманіття.

Але, незважаючи на систему ідентифікації на основі ДНК, де багато вчених використовують метод різних молекулярних маркерів для визначення видів, видатний англійський дослідник Джон Геберт пропонує використовувати частковий фрагмент субодиниці I мітохондріальної цитохром-с-оксидази I (COI), яка з'явилася нещодавно і зростає у значенні на великих масштабах. Вивчені види дощових черв'яків є космополітичними і часто використовуються в комерційних масштабах, мають високу морфологічну схожість, що робить їх ідентифікацію важкою.

З урахуванням вищевикладеного, основною метою даної магістерської роботи є порівняння ефективності вермікомпостування різних типів органічних відходів каліфорнійським хробаком: *Eisenia fetida*. Також, мета включає проведення хімічного аналізу зразків біогумусу та отримання біодобрив.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:

Провести аналіз сучасних літературних джерел щодо видової відмінності каліфорнійських червів *Eisenia andrei* та *Eisenia fetida*.

Оптимізувати конструкцію лабораторної установки - вермікомпостера, призначеної для вермікомпостування, яка буде використовуватися у процесі.

Здійснити процес вермікомпостування з використанням каліфорнійських черв'яків *Eisenia fetida*, дотримуючись раціональних параметрів процесу: співвідношення C:N, вологість, температура.

Визначити параметри отриманого біогумусу з чотирьох типів субстратів: вміст гумінових кислот, фульвових кислот, мінеральних речовин, рН водної витяжки.

Об'єктом дослідження є колонії каліфорнійських дощових черв'яків *Eisenia fetida*, побутові відходи, торф, опале листя дерев, солома, коров'ячий перегній та біогумус.

Предметом дослідження є технологічні параметри та ефективність утилізації коров'ячого гною та побутових відходів, опалого листя дерев, соломи, торфу шляхом вермікомпостування, яке здійснюється черв'яками виду *Eisenia fetida* шляхом використання контейнерної технології.

Методи дослідження включають математичні (підррахунок чисельності популяцій) та хімічні (визначення вмісту органічних речовин у перерахунку на вуглець, фульвових кислот, вміст гумінових речовин, мікроелементів).

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Проблема переробки органічних відходів в Україні.

В наш час щоденно формується надмірна кількість твердих органічних промислових та побутових відходів, що породжує серйозні екологічні проблеми. Місцеві органи влади видають щоденні директиви стосовно вивезення цих відходів на сміттєзвалища, спричиняючи тим самим серйозні економічні та екологічні труднощі для суспільства в цілому. Важливою причиною обурення є велика кількість викидів парникових газів, таких як метан (CH_4) і оксиди азоту (N_2O), які виникають в результаті відновлення побутових відходів на сміттєзвалищах або внаслідок застосування традиційних систем утилізації.

Оскільки відходи, які нагромаджуються як побічні продукти техногенезу, представляють собою чужорідні елементи для біосфери, це призводить до порушення екологічної рівноваги в агробіоценозах та сприяє погіршенню родючості ґрунтів, забрудненню повітря, води та ґрунтів, а також негативно впливає на якість харчових продуктів і, у кінцевому підсумку, на здоров'я людини.

Таким чином, в сучасний період вже впроваджуються різноманітні альтернативні системи утилізації, такі як орґано-біологічні, органічні, біодинамічні та біологічні методи. Метою яких є розробка і впровадження екологічно-орієнтованих підходів, спрямованих на зменшення негативного впливу, що виникає внаслідок інтенсивного використання сільськогосподарських технологій.

Основний акцент робиться на збереженні родючості ґрунтів та вирощуванні екологічно чистої продукції. У ході впровадження альтернативних методів сільськогосподарського виробництва, особлива увага приділяється використанню органічних добрив, зокрема біогумусу та

біогумусу, які відіграють ключову роль у підтримці екосистеми та забезпеченні екологічно безпечної продукції.

У сучасних умовах складна економічна ситуація в Україні наголошує на необхідності вироблення ефективних стратегій для етапного вирішення проблеми управління твердими побутовими відходами та опалим листям. Це включає в себе їхню переробку з використанням ефективних технологій із залученням у промисловий процес за мінімальні витрати. Такий підхід сприяє ресурсозбереженню, економічній вигоді та екологічній безпеці, розв'язуючи важливі питання сталого розвитку [1].

Однак, однією з основних труднощів залишається оптимізація переробки органічної складової твердих побутових відходів. Органічні відходи виявляються особливо чутливими до природних процесів біодеградації, впливаючи негативно на навколишнє середовище, якщо не вживаються відповідні заходи. Тому, важливо переглядати підхід до органічних відходів як до цінного ресурсу, який може бути перетворений на конкурентоспроможну продукцію, забезпечуючи додатковий дохід для підприємств і створюючи нові робочі місця.

Вермітехнологія представляє собою новий, високоефективний спосіб природної переробки відходів у компост за допомогою черв'яків.

Вермітехнологія включає в себе систему організаційно-технологічних засобів, що реалізують вермікультуру - популяцію черв'яків разом із супутніми гетеротрофними організмами в конкретному органічному субстраті. Крім того, ця технологія включає в себе переробку та використання копроліту та біомаси черв'яків у господарстві в цілому.

Вермітехнологія визнається як прогресивний та перспективний напрямок в сільськогосподарському виробництві, що сприяє підвищенню продуктивності, екологічній стійкості та саморегулюванню

сільськогосподарської продукції. Тому вона розглядається як ключовий елемент альтернативного сільського господарства.

Перші спроби вирощування черв'яків на території сучасної України датуються 1985-1986 роками, коли у Володимирському державному педагогічному інституті під керівництвом А.М. Ігоніна студентський гурток вирощував перші вітчизняні лінії хробаків для промислової переробки органічних відходів.

Під час обробки органічних відходів через взаємодію дощових черв'яків та мікроорганізмів утворюється важливий продукт – біогумус, що стає цінним органічним добривом. Біогумус виявляє великий вплив на поліпшення якості та плодючості ґрунту.

Процес виробництва біогумусу базується на унікальній здатності дощових черв'яків використовувати органічні залишки, які подальше перетравлюють у своїх кишечниках та виводять у вигляді копролітів. Дощові черв'яки, як найбільші представники безхребетних, займають значну частку ґрунтової макрофауни, а їх внесок складає не менше половини всієї біомаси ґрунту.

Значущість хробаків у ґрунтовій екосистемі проявляється в низці функцій, таких як зменшення об'єму органічних залишків, що надходять у верхній шар ґрунту, їхньої мінералізації та концентрації мінеральних речовин у копролітах. Це робить ці речовини більш доступними для рослин, сприяючи поліпшенню їхнього зростання та розвитку.

Таким чином, виробництво біогумусу визначається важливою роллю дощових черв'яків у збереженні та оптимізації ґрунтової якості для досягнення високих результатів в сільському господарстві та екологічній стійкості. [2].

1.2. Біогумус застосування та властивості.

Під час трансформації різноманітних органічних речовин через систему переробки, яку забезпечують дощові черв'яки, формується особливий матеріал, що відомий як вермікомпост або біогумус. Цей субстрат, який пройшов через травний тракт цих тварин, залишається основним елементом процесу.

В процесі проходження через травний тракт черв'яків, різноманітні складові, такі як рослинні залишки, органічні відходи та мінеральні речовини ґрунту, піддаються подрібненню та біохімічним перетворенням. Органічні полімерні сполуки розкладаються на менш складні речовини, при цьому збагачуються калієм, магнієм, фосфором та різними ферментами, такими як каталаза, уреаза та дегідрогеназа. Одночасно відбувається нейтралізація кислот, які містяться у вихідному субстраті.

Під час перетравлення рослинних залишків у шлунку черв'яків, вміст легко та слабо гідролізованих полісахаридів і лігніну зменшується. Цей процес супроводжується поліконденсацією низькомолекулярних продуктів розпаду органічних речовин, формуванням молекул гумінових кислот, їхньою реакцією, близькою до нейтральної. Все це є результатом життєдіяльності черв'яків і сприяє утворенню високоякісного продукту, який корисний для ґрунту та рослинного світу.

Копроліти, назва що походить від грецьких слів "kopros" (гній) та "lithos" (камінь), представляють собою матеріал, насичений біологічно активними сполуками, гуміновими речовинами та корисною мікрофлорою. Можна стверджувати, що за своїми фізико-хімічними характеристиками біогумус подібний до природного гумусу ґрунту.

Різні види копролітів виявляють властивості споживачів гумусу, віддаючи перевагу верхньому шару ґрунту (епігейні черви) або розміщуючись у середніх шарах, а деякі види навіть на глибині до 2 метрів.

Черв'яки, які знаходяться в гної та органічних субстратах без гуміфікації, відомі як гумусоутворюючі. Біогумус має вміст гумусу, який перевищує гній та компости в 4-10 разів. У копролітах черв'яків природних популяцій вміст гумусу досягає 11-15%, а в культурних – від 25 до 35% на суху речовину. Важливо враховувати, що вартість біогумусу повинна відповідати його гумусовмісту [3].

Як органічно-мінеральне добриво, біогумус відзначається цінними фізичними властивостями, такими як висока вологоємність, вологостійкість, механічна міцність, сипучість та технологічність використання.

В порівнянні з ґрунтом, де проживають черв'яки, у біогумусі в середньому міститься в 5 разів більше азоту та фосфору, у 7 разів більше калію. Різноманітна мікрофлора та розчинні органічні та мінеральні фосфати, що входять до складу біогумусу, нормалізують розвиток мікробних асоціацій, характерних для здорового ґрунту, та пригнічують патогенні мікроорганізми, зокрема сальмонели. Біогумус також включає біологічно активні речовини, такі як люмбрицини, що виробляються черв'яками, ауксини, гібереліни та інші фітогормони, не маючи канцерогенних, мутагенних і тератогенних властивостей [4].

Ще однією перевагою біогумусу є відсутність неприємних запахів. Під час переробки будь-яких органічних відходів через кілька днів вермікомпостування, вони не лише дезодоруються, але також набувають приємного аромату мокрої землі.

Біогумус, завдяки своєму комплексу корисних властивостей, сприяє швидшому проростанню насіння та скороченню терміну дозрівання плодів на 10-15 днів. Крім того, він підвищує відсоток схожості насіння, що дозволяє

зменшити норму його висіву, а також сприяє посухостійкості та морозостійкості рослин. Рослини, зрощені з біогумусом, виявляють вищу стійкість до шкідників і хвороб, а також менше стресу під час пересадки, сприяючи формуванню сильної кореневої системи.

При внесенні біогумусу в ґрунт не існує ризику його перенасичення окремими видами поживних речовин, як це може трапитися при великих дозах гною чи звичайних компостів. Крім того, біогумус гармонійно поєднується з мінеральними добривами.

Норми внесення біогумусу для основних сільськогосподарських культур становлять 4-10 т/га, що відмінно від гною, для якого потрібно внести 30-40 т/га щорічно. Якщо 1 т підстилкового гною забезпечує приріст урожаю зерна на 10-12 кг, картоплі – на 100-120 кг, то 1 т біогумусу забезпечує приріст урожаю зерна на 100-200 кг, картоплі – на 1600-1800 кг, овочів – на 2000 кг. Позитивний ефект від використання біогумусу відчувається через 5-7 років [5].

1.3. Характеристика придатних для вермікультури видів.

Характеристика придатних для вермікультури видів, визначається рядом особливостей. Оскільки польові умови є циклічними, непостійними та змінюються, щодо росту дощових черв'яків, мета промислових методів вермікультивування полягає в розробці високопродуктивних дощових черв'яків, які здатні адаптуватися до різноманітних субстратів. Мета також включає створення оптимальних умов для існування цих черв'яків в лабораторних та промислових культиваторах, щоб забезпечити максимальну швидкість росту та розмноження популяції. Специфікації для черв'яків включають:

Висока здатність до перероблення субстрату та швидкість його розкладання в порівнянні з природними умовами.

Високий рівень адаптації до змін складу субстрату.

Високий рівень стійкості до хвороб.

З різноманіття дощових черв'яків лише обрані види підходять для вермікультури, такі як:

звичайний дощовий черв'як (*Lumbricus terrestris*),

червоний каліфорнійський хробак *Eisenia andrei*,

гнойовий (компостний) хробак *Eisenia fetida*,

малий червоний черв'як (*Lumbricus rubellus*) та інші [8].

Найбільш поширені гнойовий (компостний) черв'як *E. fetida* і червоний каліфорнійський черв'як *Eisenia Andrei*. Останній є відносно невеликим видом з довжиною від 6-10 см (*Eisenia fetida*) до 8-22 см (*Eisenia Andrei*), і його поширення охоплює світ, включаючи Україну. Кольорова гама сегментів черв'яка може бути червоною або червоно-бурою з більш світлими борознами червоний каліфорнійський хробак *Eisenia andrei*, між сегментами.

В природних умовах *E. andrei* виробляє 1-2 кокони на тиждень, з яких через 3 тижні вилуплюється від 2 до 20 молодих особин, з яких виживає в середньому 4. Через 3 місяці вони досягають статевої зрілості, а протягом року один черв'як може видавати від 200 до 400 потомства. Молоді особини, коли досягають статевої зрілості, мають масу до 0,5 г. Дорослі особини можуть жити 10-15 років, досягаючи довжини до 8-10 см і маси до 1,0 г.

У 1969 році в штаті Каліфорнія в США було винайдено новий вид черв'яка під назвою червоний каліфорнійський хробак (*Eisenia fetida red hybrid of California*), який є гібридом смердючого хробака *E. fetida*. Цей вид відзначається високою інтенсивністю споживання та швидкістю розкладання органічних відходів – при сприятливих умовах вони переробляються протягом 1-2 місяців [6].

Також характерно швидке досягнення статевої зрілості (6-8 тижнів), високий рівень плодючості (до 10 коконів на тиждень, до 70 коконів на рік) та здатність до формування 4-5 поколінь на рік, що визначається високим коефіцієнтом відтворення (1:1500 протягом року). Червоний каліфорнійський хробак також відрізняється тривалою тривалістю життя, досягаючи максимальних розмірів приблизно у віці семи місяців і з вагою, що становить в середньому 2,4 г [7].

Однією з важливих характеристик червоного каліфорнійського хробака є його здатність втрачати інстинкт залишати місце проживання в умовах несприятливого середовища. Це робить його ідеальним для вирощування на відкритому повітрі без ризику втрати популяції. Цей вид також успішно розмножується в неволі на різних відходах, таких як гної, солома, макулатура, опале листя та побутове сміття. Завдяки своїм особливостям, червоний каліфорнійський хробак став найпоширенішим культивованим видом, який використовується для вермікомпостування відходів і виробництва біодобрих. Однак слабкістю цього виду є його тропічне походження і, відповідно, висока теплолюбність.

В умовах помірною кліматичного поясу, що є типовим для України, вирощування черв'яків часто відбувається виключно у закритому ґрунті та теплицях. На жаль, рекламований і доступний для продажу в Україні черв'як не завжди відповідає заявленим характеристикам. Загалом, весь процес вирощування займає приблизно 2-3 роки.

Однак через недоліки у технологічному процесі та несвоєчасний санітарно-ветеринарний контроль, більшість місцевих видів дощових черв'яків стають жертвами нематод - паразитичних круглих черв'яків, які негативно впливають на урожайність сільськогосподарських культур, таких як картопля, буряк, морква та інші. Боротьба з нематодами представляє собою величезний та складний виклик.

Необхідно підкреслити важливість ретельного вибору племінного поголів'я черв'яків. Важливо зазначити, що культури *E. fetida* виявляють високий рівень адаптабельності до різних умов живлення. Оптимальні умови для їх розмноження здійснюються на органічних субстратах, попередньо пройшовших мікробіологічне компостування. Деякі лінії черв'яків успішно розмножуються на субстратах, які містять свіжий гній різних тварин, а також на сапропелі та осаді стічних вод.

При вирощуванні на відходах у оптимальних умовах, таких як температура субстрату 22°C, вологість 75%, і рН 7,0, цикл розвитку червів триває 160 днів. Упродовж року вони здійснюють два цикли розмноження і збільшують свою чисельність більш ніж у 1000 разів [8].

1.4. Особливості морфології гібридів *Eisenia andrei* та *Eisenia fetida*.

Важливість таксономії чітко визнається більшістю вчених, і без надійної таксономії екологічні дослідження не мають сенсу. У випадку каліфорнійських дощових черв'яків таксономічна ідентифікація часто ускладнюється через відсутність стабільних і легко оброблюваних діагностичних ознак.

Близькоспоріднені підвиди *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei* (Oligochaeta, Lumbricidae) найчастіше використовуються для управління органічними відходами, а також в екотоксикології, фізіології та генетичних дослідженнях, головним чином тому, що вони широко поширені в усьому світі, їхні життєві цикли короткі, і вони мають широкий діапазон температури та вологостійкості. Вперше вони були описані як різні морфотипи *E. fetida* відповідно до відмінностей у пігментації тіла [7, 8], надавши їм підвидовий статус, назвавши *E. foetida foetida* та *E. foetida unicolor*.

Хоча зараз багато авторів визнають *E. foetida* і *E. andrei* різними видами, більшість літературних джерел минулого століття, а також деякі сучасні джерела позначають ці види разом як *E. fetida* або *E. Foetida* [9].

E. fetida відповідає смугастій морфі, тоді як ділянка навколо міжсегментарної борозенки не має пігментації і виглядає блідо-жовтою; звідси народні назви дощового черв'яка «тигровий черв'як»; тоді як *E. andrei* — звичайний «червоний» черв'як. Окрім відмінностей у пігментації, ці два види морфологічно схожі, а їх загальна репродуктивна здатність і вимоги до життєвого циклу істотно не відрізняються, хоча швидкість росту та утворення коконів є вищими у *E. andrei* виявив важливі біохімічні відмінності між двома підвидами та припустив, що *E. andrei* може походять від *E. fetida* через втрату деяких алелів.

Скориговані алельні відмінності існують у локусі манозофосфатізомерази (*Mri*), локусі фосфоглюкомутази (*Pgm*) і локусі аланіламінопептидази (*Aap*). Крім того, *E. fetida* є поліморфним у локусі глюкозофосфатізомерази (*Gpi*), тоді як *E. andrei* є мономорфним, що свідчить про те, що *E. andrei* та *E. fetida* мають специфічні флуоресцентні відбитки тіла та підтверджує, що два види не метаболізують однакові типи молекул [10].

Деякі дослідники звертали увагу на життєві цикли *E. fetida* та *E. andrei* та їх популяційну біологію, і вже у 2004 році було проведено підсумок морфологічних особливостей цих видів. Однак проблема таксономічного статусу комплексу *E. fetida* / *andrei* залишається невирішеною. У більшості сучасних літературних джерел обидва гібриди часто розглядаються як *E. fetida*, що призводить до невизначеності, до якого саме виду належить конкретна особина.

Наприклад, *E. foetida* широко використовується як рекомендований вид у стандартних дослідженнях біологічної токсичності. Дослідження

зазначають, що *E. foetida* існує у двох підвидах, які деякі систематики вважають видами. Їхні морфологічні різниці відзначаються наявністю поперечних смуг чи смуг на сегментах у виді *Eisenia foetida foetida*, тоді як у виді *Eisenia foetida andrei* вони відсутні, і червонувате забарвлення має плямистий характер. Таким чином, у деяких дослідженнях рекомендується використовувати *Eisenia foetida andrei*, якщо це можливо.

Ці два підвиди існують у синтопії та часто формують змішані колонії на звалищах і компостах, що створює можливість гібридизації. Гібридизація між популяціями чи видами може негативно впливати на придатність та значно впливати на динаміку популяцій у змішаних колоніях. У такому випадку можна очікувати виникнення репродуктивної ізоляції, яка може бути презиготною, зумовленою нездатністю до розмноження, або постзиготною, що може призвести до зменшення життєздатності гібридного потомства [5].

1.5. Умови оптимального існування для вермікультури *Eisenia fetida*.

Харчування дощових черв'яків обумовлене їхньою потребою в азотовмісних органічних речовинах, яких обмежено в ґрунті. Тому найвища щільність, швидкість росту та плодючість спостерігаються в областях з високим вмістом азоту в органічних субстратах, таких як пасовища чи зони навколо місць накопичення трав'яних екскрементів. Черв'яки ефективно засвоюють азот, який міститься в ґрунтовій мікрофлорі та мікрофауні, відзначаючись майже повною його абсорбцією.

Експериментально визначено оптимальне співвідношення вуглецю до азоту (C:N) в органічному субстраті, яке повинно бути приблизно 20:1. Крім азотовмісних сполук, перероблена органіка повинна містити вуглеводи, мінерали, вітаміни, а також клітковину та інші речовини, відсутність яких ускладнює процес травлення. Субстрат також вимагає наявності мінерального інертного наповнювача, такого як пісок чи ґрунт.

Оптимальна вологість органічного субстрату визнається у межах 60-80%. Після дощів, коли у ґрунті велика кількість води, дощові черв'яки виходять на поверхню. З іншого боку, при зменшенні вологості нижче 30-35%, черв'яки переміщуються на вологі ділянки. Хоча вони можуть втратити до 50-60% води від маси тіла без шкоди, при 22% вологості ґрунту вони загинуть протягом тижня. У лабораторних умовах вирощування дощових черв'яків досягає максимальної маси та плодючості при вологості субстрату 70-85%, що близько до вмісту води в тілі самого черв'яка [11].

Eisenia fetida може виживати при температурах, близьких до нуля, але, щоб уникнути негативного впливу холоду та високих температур, ці хробаки здійснюють міграцію в глибші шари ґрунту. Важливо враховувати, що вони не переносять значень рН нижче 5,0 і вище 9,0.

У помірних широтах каліфорнійські черв'яки можуть активно функціонувати протягом семи місяців у теплу пору року, в той час як взимку вони впадають в сплячку. Щодо освітлення, багато видів цих черв'яків уникають світла та ультрафіолету, тому важливо утримувати їхнє житло від природного чи штучного освітлення [7].

Щодо продуктів аерації та розпаду, черв'яки, придатні для вермікомпостування, активно існують у поверхневому шарі добре аерованого ґрунту. Їхній виживання пов'язане з чутливістю до газів, утворюючись при гнитті, таких як аміак, сірководень та метан. Допустима концентрація аміаку становить не більше 0,5 мг/кг субстрату, оскільки вища концентрація може призвести до загибелі черв'яків.

Негативний вплив на розмноження черв'яків має щільність популяції в обробленому субстраті, оскільки це може призводити до стресу у тварин. Таким чином, необхідно уважно контролювати цей фактор для забезпечення оптимальних умов для їхнього існування.

Важливою аспектом в утриманні черв'яків є їх розташування в зоні, яка не піддається природному чи штучному освітленню, оскільки багато видів кільчаків проявляють певну непереносливість до світла та ультрафіолету. Це є необхідним кроком для забезпечення їхнього комфорту та добробуту.

При обробці субстрату важливо дотримуватися оптимальних параметрів температури та кислотності. Для *Eisenia andrei*, зокрема, рекомендується трошки підвищити температуру до +17-27°C для досягнення оптимального рівня активності та розмноження [12].

Однак, щоб уникнути стресу та негативного впливу на популяцію черв'яків, необхідно уникати занадто високої щільності в обробленому субстраті. Це може стати причиною невибагливості тварин та вплинути на їхню здатність до розмноження.

При аерації та розпаді, черв'яки демонструють високу чутливість до газових продуктів, що виникають під час гниття. Тому важливо встановити допустимі межі концентрації аміаку (не більше 0,5 мг/кг субстрату), оскільки вищі значення можуть призвести до смерті черв'яків.

Загалом, успішне утримання та розведення черв'яків вимагає уважного контролю параметрів середовища та уникання екстремальних умов, забезпечуючи тим самим їхнє здоров'я та активність [13].

1.6. Формування умов розвитку вермікультури.

Біодобриво формується з субстрату, який включає перетворену частину та наповнювач-структуруювач, отримані з різних компонентів. Органічні відходи різного походження використовуються як біоперероблена частина, а наповнювач складається з ґрунту, піску, гравію тощо [9].

Процес компостування, який було сформульовано Сером Альбертом Говардом у 20-х роках ХХ століття, ефективний при різноманітності шарів органічних матеріалів у компостній купі. Компостування не почне відбуватися, якщо використовувати лише один вид органічних відходів.

Рекомендується поєднувати вуглецем багаті рослинні залишки з азотом багатими матеріалами, такими як гній великої рогатої худоби, свинячий гній, пташиний послід.

Для початку компостування рекомендується додавати готовий біогумус або родючий ґрунт, що містить необхідні мікроорганізми. Для досягнення кращої структури та плинності структурних заповнювачів вермікомпактів найбільш доцільно використовувати ґрунт, а не камінь чи гравій, у найкращому співвідношенні.

Співвідношення компонентів субстрату, яке забезпечує максимальне накопичення органічних речовин, становить 65%:35% за масою. Не рекомендується використовувати для компосту бур'яни з насінням, бадильні залишки картоплі, уражені фітофторозом, а також залишки овочів, уражених грибковими захворюваннями, оскільки це може призвести до розповсюдження цих хвороб. Проте органічні відходи, заражені вірусами і бактеріями, під час компостування втрачають збудники і можуть бути використані для формування компосту[14].

Технологія Вермікомпостування ґрунтується на активності дощових черв'яків, які в процесі живлення випльовують та змішують органічні залишки з мінеральними частинками ґрунту. Цей процес відбувається у кишківнику черв'яків, де відбувається часткова мінералізація та гуміфікація органічного матеріалу, аміак з'єднується з лігніном, відбувається зміна структури та утворення каучукоподібної субстанції .

Під час риття відходів черв'як щодня пропускає кількість ґрунту (відходів), рівну його вазі. Таким чином, при щільності популяції 500 тис. особин на 1 га, протягом року черв'як пропускає через себе 0,25 т ґрунту (відходів) за добу. За активної діяльності протягом близько 200 днів на рік загальна кількість переробленої маси складає 400-600 т/га [11].

При обробці ґрунтової маси черви не тільки активізують розкладання органічних речовин, але й вибірково впливають на мікрофлору, виділяючи антибіотики, які негативно впливають на патогенну мікрофлору. Органічний ґрунт, що населяють дощові черв'яки, стає не тільки беззапаховим і дезінфікованим, але й здобуває зернисту та грудкувату структуру, що має велике значення для вирощування рослин і отримує приємний аромат землі.

Вермікультура відзначається унікальною здатністю перетворювати відходи в високоефективне біодобриво, відоме як біокаучук, у вигляді агрегатів розміром 1-5-10 мм. Ці агрегати вирізняються кращою структурою та водостійкістю, а також мають підвищений вміст каучуку (14-20%), обмінний калій, рухомий фосфор, кальцій та пролонговану дію при внесенні в ґрунт. Процес верміобчислення супроводжується зміною зернистої структури підкладки, зменшенням розміру пилоподібної фракції (менше 0,25 мм) і збільшенням крупності агрономічно цінних агрегатів розміром 0,25-7 мм. [15].

Фракція 2 мм, що включає копроліти дощового черв'яка, досягає максимальної ваги, і ступінь її збільшення залежить від походження та складу органічної частини вихідного субстрату. Підвищується водопроникність агрегатів, що також зростає при коалесценції частинки, перетвореної на субстрат.

Правильно підготовлений та ефективно утеплений восени вермікомпост продовжує дозрівати взимку, надаючи можливість використовувати його для посадки вермікультури в ранню весну. Швидкість дозрівання біогумусу залежить від пори року, інтенсивності перемішування бурту та фізіологічної активності особин. Головним критерієм зрілості біогумусу є відсутність аміачного запаху. Спосіб утилізації органічних відходів за допомогою хробаків є актуальним, оскільки він виключає використання хімічних реагентів і не забруднює навколишнє середовище.

Теоретичні розробки та успішні практичні докази з вермікомп'ютингу органічних відходів дозволили сформулювати загальні методологічні підходи та вимоги до організації вермікомп'ютингу в промислових масштабах. Зокрема, необхідно створити оптимальні умови для відповідності біологічним потребам виду, враховуючи якість вихідного субстрату, температуру, аерацію та загальну вологість субстрату.

Проведення наукових досліджень у галузі переробки органічних відходів, зосереджених на використанні вермикюльтури, спрямоване на отримання ключової інформації щодо вибору оптимальної технології, визначення параметрів процесу, максимізації кількісного виходу біогумусу та досягнення його зазначеної якості [16].

1.7. Дослідження підкладок для верміобчислень.

Для забезпечення нормального функціонування каліфорнійських хробаків використовується різноманітний спектр органічних матеріалів, включаючи продукти харчування. Важливо відзначити, що тип і кількість споживаної їжі не лише впливають на кількість представників популяції дощових черв'яків, але й визначають їхню швидкість росту та плодючість. Оптимальні умови для життя та розмноження дощових черв'яків формуються при використанні відходів з вмістом целюлози на рівні приблизно 20%.

З цієї причини рекомендується додавати целюлозу, тирсу, кору та інші залишки целюлози до відходів тваринництва. У природних умовах розкладання відходів вимагає кілька років. Додатково, зразки повинні включати невелику кількість мінерального ґрунту, який виконує механічну функцію в процесі подрібнення в кишечнику дощових черв'яків і є необхідним для поліпшення процесу травлення [17].

Незважаючи на успіхи в селекційній роботі з отримання промислових ліній черв'яків та їх адаптації до різних сировин, виявлено, що такі відходи, як свіжий гній (коров'ячий, свинячий) і пташиний послід, часто ускладнюють

процес біогумусування через високу концентрацію аміаку, сечової кислоти та сечовини, які є токсичними для олігохет. З метою отримання якісного корму для хробаків дотримувались певних показників вихідного органічного субстрату, таких як вологість у межах 70-80%, рН від 6,8 до 7,2, а також відсутність жорстких домішок, таких як метал, дерево, каміння і т. д.[19].

Внесення вермікомпосту в ґрунт відрізняється від внесення гною, який іноді може містити забруднюючі речовини тим, що санітарно-гігієнічні та екологічні обмеження для вермікомпосту визначаються тільки його джерелом. В більшості випадків, чим більше біогумусу внесено, тим вища стає врожайність сільськогосподарських культур.

Зауважте, що біомаса черв'яка має потенціал утворювати від 0,71 до 1,2 тонн біогумусу з 1 м³ органічних залишків. Важливо враховувати, що вага отриманого біогумусу залежить від вихідного субстрату. Наприклад, оптимальним субстратом є суміш яблучного соку (50%), кролячого гнію (40%) та колосника (10%), яка забезпечує найвищий вихід біогумусу. Такі дослідження вказують на потенційні можливості використання біогумусу для підвищення родючості ґрунту та підвищення врожайності сільськогосподарських культур [15].

1.8. Найбільш ефективні біодобрива (біогумус) та їх характеристики.

Під час проходження органічного субстрату через кишечник червів в процесі перетравлення утворюються клейкі речовини. Хімічний склад цих речовин відрізняється від каучуку, який утворюється в ґрунті завдяки мікрофлорі. У черв'ячому кишечнику відбуваються процеси полімеризації органічних речовин і утворення гумінової кислоти, яка утворює складні комплекси з мінеральними компонентами.

Ці комплекси довгий час зберігаються у формі сполук. На відміну від інших біологічних об'єктів у ґрунті, черв'яки мають унікальну властивість – здатність до меліорації та структурування ґрунтів. Ґрунт, що проходить через

хробаків і перетворюється на копроліти, має вагу, еквівалентну вазі тіла хробака. Концентрація речовин камеді в копроліті хробака в 4-8 разів вища, ніж у біомасі гною [18].

Природні органічні сполуки, а саме гумінові кислоти, утворюються під час гуміфікації продуктів тваринного, рослинного і мікробного походження. Їх органічна частина піддається біохімічному розкладанню, тому вони накопичуються в ґрунті, торфі, бурому та вивіреному вугіллі, використовуються як паливо. Середньорічне осідання гумінової кислоти на кожен квадратний кілометр земельної поверхні становить від 33 до 168 тонн. Гумінові речовини володіють стійкістю до біохімічного і термодинамічного розкладання.

Паралельно з гуміфікацією в ґрунті відбувається процес мінералізації, чия інтенсивність залежить від ґрунтово-кліматичних умов. У вологих і теплих регіонах окислення відбувається швидко, і практично весь рослинний осад мінералізується. У холодних регіонах трансформація опадів сповільнюється, і вміст камеді в ґрунті залишається низьким. Найкращі умови для гуміфікації та збереження камеді в ґрунті створюються в умовах помірного клімату без перезволоження.

За хімічним складом, діапазоном молекулярної маси та розчинністю відзначаються розчинні гумінові кислоти та фульвокислоти, які є розчинними лише в лужних середовищах. Внаслідок комплексоутворення з фульвокислотами, міграційна здатність елементів значно збільшується. Гумінові кислоти, які розчиняються лише в сильних лужних середовищах, у природних системах виступають як сполуки, що утримують і концентрують елементи в ґрунті, донних відкладеннях та сланцевих породах.

Гумінові кислоти виконують роль ефективного геохімічного бар'єру, що обмежує рухливість іонів металів. Вміст органічних речовин у ґрунті становить 85-90%, зокрема гумінових кислот, фульвокислот, гуміну, і 10-15%

неспецифічних органічних речовин, таких як лігнін, вуглеводи, целюлоза, білок, жири та інші [19].

Серед способів зменшення хімічного впливу на агроценози один передбачає використання природних гумінових добрив. Які містять речовини що сприяють підвищенню стійкості рослин до різних негативних факторів зовнішнього середовища, таких як відновлення родючості ґрунту, дія пестицидів, заморозки, підвищення харчової цінності продукту, збільшення врожайності сільськогосподарських культур та його екологічної чистоти, а також зниження собівартості заготівлі і збільшення рентабельності всього виробництва.

Мікроелементний склад та накопичення токсичних елементів у дощових черв'яках вивчені досить детально. Коли ці черви опиняються у зовнішньому середовищі, вони легко збирають ці елементи у своєму організмі. Наприклад, концентрація марганцю в *L. terrestris* на природоохоронних територіях може коливатися від 68 до 127 мг/кг сухої маси, міді – від 50 до 69, цинку – від 172 до 320 мг/кг сухої маси. Крім того, вміст заліза в біомасі дощового черв'яка варіюється від 200 мг/кг до 1450 мг/кг у *E. fetida* [23]. Забруднення суттєво підвищує концентрацію важких металів в тілах черв'яків на порядок, іноді навіть на кілька порядків. Це особливо стосується свинцю та кадмію. Органічні забруднювачі також накопичуються в організмах дощових черв'яків інтенсивно [18].

РОЗДІЛ 2.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Системи обробки органічних відходів за допомогою вермікомпосту можуть використовувати різні методи, включаючи:

Траншеї або ложі з бортами на відкритих майданчиках, де відбувається шарове внесення компостованої біомаси, періодичний полив і аерація за допомогою дренажу.

Використання гряд на відкритих майданчиках, де також застосовується шарове внесення субстрату, періодичний полив і дренаж. Цей метод дозволяє використовувати мобільні засоби механізації.

Використання твердофазних біологічних реакторів (культиваторів), що включають системи завантаження біогумусу та взаємодію з вермикультурою. Ці апарати потребують періодичного зволоження та можуть обробляти відходи без попереднього компостування.

Використання контейнерів, ящиків та піддонів на стелажах у закритих приміщеннях з природнім вентиляванням і періодичним поливом. Цей метод передбачає використання стаціонарного обладнання для механізації технологічних операцій. В даному випадку обрано систему контейнерів через їхню ефективність при обробці невеликої кількості відходів. Важливою перевагою цього методу є його простота і доступність для отримання компосту і вермікомпосту [20].

2.2. Проектування та оптимізація дослідницької установки для процесу вермікомпостування.

У процесі наших досліджень ми використали систему контейнерів, оскільки вони оптимально підходять для вермокомпостування в обмеженій кількості. Основною перевагою цього методу є його простота та доступність.

Ця технологія передбачає використання закритих контейнерів, які розміщені на стелажах у спеціальних приміщеннях з природнім вентиляванням та регулярним поливом. Такий підхід використовує стаціонарне обладнання для автоматизації технологічних процесів.

Основні етапи цього методу включають укладання субстрату у контейнери, регулярний полив та забезпечення природної вентиляції. Використання контейнерів у наших дослідженнях є обраною стратегією через їхню ефективність при роботі з невеликою кількістю відходів [21].

2.3 Підрахунок популяції дощових черв'яків в компостерах.

Для підрахунку популяції дощових черв'яків в компостерах використаємо наступні кроки.

- 1. Обрання пробної площі:** Визнаємо деяку площу в компостері, де будуть проводити спостереження. Це може бути конкретний шар компосту чи частина компостера.
- 2. Виділення зразка:** Беремо певну кількість компосту з обраної площі для аналізу. Зразок повинен бути представний і відображати реальний стан компосту.
- 3. Лічильний процес:** Для проведення підрахунку можемо використовувати різні методи, такі як фотографування, ручне лічіння, з використанням лічильника та використання програмного забезпечення для аналізу зображень. Лічіння може бути досить часомістким, тому вам, можливо, доведеться зразок або декілька зразків репрезентативної площі.
- 4. Розрахунок середнього значення:** Після того, як визначили кількість дощових черв'яків у зразках, потрібно знайти середнє значення для визначення наближеної кількості дощових черв'яків на одиницю площі чи об'єму компосту.

5. **Розрахунок загальної популяції:** Як визначили кількість дощових черв'яків на одиницю площі чи об'єму, можемо розрахувати загальну популяцію для всього компостера, залежно від його розміру.
6. **Урахування факторів:** Потрібно врахувати можливі фактори, які можуть впливати на популяцію, такі як умови середовища, доступність їжі, температура та вологість [22].

2.4. Методи визначення якості отриманого біогумусу

Визначення вмісту гумінових кислот включає кілька етапів, починаючи з виділення цих кислот з досліджувального субстрату.

Виділення гумінових кислот:

Досліджувальний субстрат зважують і розподіляють у конічну колбу об'ємом 250 мл. Додають 50 мл лужного розчину пірофосфату натрію і залишають на перемішування протягом 1 години у шейкері. Після цього розчин декантують, а нерозчинний осад промивають 1% розчином гідроксиду натрію [23].

Осадження гумінових кислот:

Загальний екстракт фільтрують і вимірюють об'єм фільтрату. Потім за допомогою піпетки відбирають 25 см³ розчину, переносять у хімічний стакан і додають 30 см³ розчину хлоридної кислоти для осадження гумінових кислот. Утворений осад гумінової кислоти відокремлюють фільтруванням і промивають водою з наступною декантацією. Промивання повторюється до початку пептизації гумінових кислот, яка виявляється з'явленням жовтого кольору. Для додаткової екстракції гумінової кислоти в колоїдний розчин додають 5 см³ розчину хлоридної кислоти.

Процедура висушування зразка включає кілька етапів для досягнення найвищої точності та стабільності результатів. По-перше, загальні відходи фільтру піддаються фільтрації через попередньо зважений беззольний фільтр

і подаються у хімічний стакан, який перед цим був висушений при 80°C і зважений. Після цього мішок із фільтром та залишками розміщується в мийній камері при температурі 80°C і піддається сушінню до повного висихання.

Контроль сушіння проводиться до тих пір, поки різниця в масі при наступних двох зважуваннях не перевищить 0,001 г. Далі, тигель, який перед цим був зважений до кінцевої маси, поміщають у муфельну піч і озолують при температурі (600±15)°C протягом 1-2 годин. Після процесу озолування тигель виймають із печі, охолоджують на повітрі до кімнатної температури і знову зважують.

Контрольні пункти виконують при тій же температурі протягом 15 годин, доки різниця в масі при двох послідовних зважуваннях не перевищить 0,001 г. Загальний вихід гумінових кислот обчислюється за визначеною формулою.

$$ГК = \frac{(m_1 - m_2) \cdot V \cdot 100}{V_1 \cdot m_3}$$

де m_1 – маса сухої гумінової кислоти, г;

m_2 – маса зольного залишку гумінових кислот, г;

V – загальний об'єм лужного розчину, см³;

V_1 - об'єм обраного лужного розчину см³;

m_3 – маса наважки беззольного стану, г, яка розраховується за формулою:

$$m_3 = m_4 \cdot 100 - A, 100$$

де m_4 – маса наважки, г;

A - мінералізація у відсотках до маси абсолютно густого біогумусу, % [24].

РОЗДІЛ 3.

Експериментальна частина

3.1. Агрономічні властивості підібраних субстратів.

Торф – природна корисна копалина рослинного походження. Являє собою щільну масу темно-коричневого або чорного кольору. Ця маса складається з частково розкладених залишків рослин на болотах, змішаних із землею.

Повне розкладання рослин в цьому випадку неможливо через високу вологість і повну відсутність кисню. В таких умовах торф утворюється в болотах і долинах річок тисячоліттями. Зазвичай він залягає на поверхні ґрунту або на глибині до 10 метрів під шаром мінеральних покладів. Торф як сировина має надзвичайно широкий спектр використання: з нього виготовляють паливо, підстилку для тварин, різноманітні добрива, субстрати для рослин, торф'яні горщики для розсади та багато іншого. У деяких родовищах видобувають торф, який має цілющі властивості – його використовують у медицині [25].

Залежно від рівня залягання торф розрізняють верховий, низинний і перехідний.

Верховий торф - це шар торф'яних відкладень, утворених зі сфагнуму, пуху вересу і сосни. Ця порода має дуже низький вміст кальцію, тому гірський торф завжди має кислу природу. Ця порода дуже бідна на вміст органічних речовин, має низьку зольність (близько 2%) і гумусу. Верховий торф дуже вологоємний через насиченість атмосферними опадами.

Низинний торф — шар торфових утворень, насичених підземними водами. Має високу зольність (6-18%), тобто багатий мінеральними компонентами. Такий торф має високий вміст кальцію, тому середовище буде не кислим, як в верховому торфі, а нейтральним. Низинний торф

багатий органічними речовинами, містить не менше 70% органічних речовин. Низинний торф утворюється з перепрілої осики, вільхи, зелених видів моху.

Тема підбору субстратів для вермікомпостування досліджує різні типи торфу. Верховий торф формується переважно в зонах з суворим кліматом та обмеженою рослинністю, зазвичай в рівнинних болотах без підземних джерел, які отримують вологу лише від дощів та талого снігу.

Низинний торф, навпаки, формується в болотах, розташованих в ярах, з підземним живленням. Високий рівень мінералізації підземних вод у низинному торфі призводить до його високої зольності [26].

Існує також перехідний підвид торфу, зольність якого становить 3-5%. Цей тип торфу схожий на низинний торф за своїм складом і характеристиками, іншими словами, це низинний торф, який ще не завершив своє формування.

У сільському господарстві торф є важливим ресурсом, оскільки поліпшує структуру ґрунту, збагачує його, робить його більш пористим і повітропроникним. Гумінові кислоти в торфі сприяють активному росту рослин та плодоношенню. Торф з пористою структурою також корисний як підстилка для тварин, поглинаючи вологу, нейтралізуючи запахи та маючи бактерицидну дію.

Додавання торфу до ґрунту покращує його волого- і повітропроникність, зменшує рівень нітратів та впливає на зниження дії пестицидів.

Використання верхового і низинного торфу на присадибній ділянці з урахуванням їхніх особливостей.

Низинний торф переважно використовується як добриво через високу кислотність верхового торфу. Останній використовується для мульчування рослин для зменшення випаровування вологи, регулювання температур, запобігання проростанню бур'янів та утворенню ґрунтової кірки. Торф

ефективно ізолює ґрунт і кореневу систему при висадженні різних рослин, які вимагають кислих умов [27].

Верховий торф, відомий як сфагновий торф, не є ідеальним субстратом для рослин, оскільки в ньому мало поживних речовин і кисле середовище (2,6-3,2). Однак його структурна стабільність і фізико-хімічні властивості роблять його привабливим для використання як основу для виробництва підкладок з додаванням інших матеріалів. Зокрема, верховий торф зберігає гумінові кислоти, які сприяють росту кореневої системи рослин.

Білий торф, який є видом верхового торфу з низьким ступенем розкладання, має високий рівень корисних речовин, захищає від шкідників і підтримує стабільний рН. Його оптимально використовувати для вирощування рослин у невеликих контейнерах, що є економічно та практично зручним.

Торф взагалі має численні переваги, такі як високий рівень повітро- та вологості, зручний транспорт і можливість використання для меліорації лужних ґрунтів, завдяки його кислотності.

Перевагою верхового торфу є можливість регулювання рівня рН у межах 3,5–7,4. Це обумовлено його високою кислотністю та наявністю фенольних сполук, що мають антисептичні властивості. Торф, який розкладається, видаляє вуглекислий газ, що є особливо важливим у вирощуванні рослин в захищеному ґрунті.

Гірський торф, завдяки стабільній структурі, зберігає свої властивості протягом тривалого періоду і не містить насіння бур'янів, хвороботворних організмів і шкідників. Це полегшує вирощування сільськогосподарських культур, особливо в парниках і теплицях.

Існує також нейтралізований вид верхового торфу, який зазвичай використовується у виробництві субстратів для технологій дрібного вирощування. Для його виробництва використовується матеріал з низьким

рівнем розкладання. Важливою складовою процесу є вапняне борошно, яке нейтралізує кислотність торфу.

Цей вид торфу корисний при підготовці ґрунту для теплиць та ґрунту для рослин, вирощуваних у контейнерах. У відкритих областях він може бути ефективним для підготовки субстратів для посадки дерев і кущів завдяки своїм властивостям.

Завдяки своїм характеристикам і швидкості розкладання торф ідеально підходить для використання у професійному садівництві [28].

Опале листя – ефективний інструмент для поліпшення структури ґрунту, відмінна матеріал для мульчування та засіб для зниження рівня кислотності для рослин, які вимагають кислого ґрунту. Восени легко підготувати перегній із опалого листя, яке широко представлене в саду та прилеглих ділянках. Власноруч приготувати листовий перегній – завдання надто просте.

Переваги листового опаду полягають у його властивостях, що позитивно впливають на ґрунт. Ґрунт, якому додають опале листя, довше утримує вологу навколо коріння рослин, що допомагає їм пережити літню посуху та економить час, працю та кошти садівника.

Підстилка стає улюбленим пристановищем для дощових черв'яків, які є відмінними помічниками садівника. Півфабрикат перегною стає чудовою добавкою до садового компосту. Використовуючи опале листя для приготування перегною, ви уникнете необхідності спалювати його, що запобігає виникненню їдкового диму і тим самим захищає вас та ваших сусідів від отруйного впливу.

Якщо ви стурбовані екологією, рекомендується висаджувати ацидофільні рослини (які потребують кислого ґрунту) у суміші з перегнієм та відмовитися від користування магазинним торфом, що видобувається з унікальних природних торфовищ [29].

Підготовка листя до компостування.

Зібране листя необхідно зволожити, щільно утрамбувати і утрамбувати. Для приготування листового перегною можна використовувати:

Спеціальні конструкції для листя (чотири дерев'яних кілочка, обтягнуті металевою сіткою), розміром 1м x 1м і більше з відкритим верхом, щільні поліетиленові пакети для городніх відходів. Наповнені мокрим листям пакети проколоти в декількох місцях, верх можна злегка підкрутити або навіть залишити відкритим.

Спеціальні пакетики для приготування листового перегною (продаються в садових центрах).

Мішки для приготування листового перегною. Мокре листя залишають в таких пакетах в затишному куточку ділянки. Готовий перегній отримують і використовують, коли це необхідно грибним культурам, які розкладають листя і перетворюють їх на перегній, кисень майже не потрібен (це одна з суттєвих відмінностей від приготування садового компосту), але потрібна висока вологість. Змішування листя зі скошеною зеленою травою також допомагає прискорити процес.

Тепер залишається тільки набратися терпіння і чекати. Як і в ситуації з виробництвом садового компосту, важко чекати тільки в перший рік. А коли процес вже налагоджений, то під час закладання нової порції листя торішнє листя вже готове до передзимового мульчування та інших осінніх робіт у саду.

Які листя використовувати для листового компосту? Насправді будь-який. Однак потрібно зауважити, що період розкладання листя залежить від виду дерева. Листя більшості листяних дерев при дотриманні відповідних умов розкладається швидко (за рік): береза, дуб, клен, глід, горобина, граб, ліщина. Розкладання листя вічнозелених рослин і хвої може тривати 2-3

роки, особливо рекомендується подрібнювати таке листя в морському пілососі, газонокосарці або шредері.

Використання листового перегною.

Молодий листовий компост готовий протягом 0,5-2 років, в залежності від якості підготовки та виду листя. У молодому перегної, окрім темного однорідного ґрунту, виділяються листяні скелети, іноді можна виявити цілі листки та дрібні палички. Такий перегін можна використовувати для збагачення ґрунту на ділянці, в контейнерах, перекапування під рослини, як мульчу, для вирівнювання поверхні газону та як підготовку рослин (наприклад, хризантем) перед зимовим укриттям.

Витриманий листовий компост готовий протягом 1,5-3 років, залежно від якості початкового матеріалу та виду деревини. Цей перегін представляє собою темний, розсипчастий, однорідний ґрунт без включень окремих листочків. Окрім усього переліченого для молодого перегнію, витриманий компост ідеально підходить для посіву насіння та вирощування розсади. Його також вигідно використовувати для домашніх рослин, змішуючи його у рівних частинах з садовим компостом та дрібним піском або глиною [30].

Солома.

Дослідження показують, що ефективність 1 тонни соломи на 1 гектар практично еквівалентна впливу 3–3,5 тонн гною. Таким чином, залишаючи 5–6 тонн соломи на гектар, ми забезпечуємо внесення понад половини рекомендованої кількості органічних добрив, зокрема калію, кальцію, магнію та ряду мікроелементів для рослин. Кількісні показники включають азот (30–35 кг/га), фосфор (10 кг), калій (до 90 кг), кальцій (40 кг) та магній (5–6 кг).

Використання соломи як субстрату виявляється важливою альтернативою синтетичним мінеральним добривам. Цей підхід сприяє зменшенню потреби у синтетичних добривах, сприяє поліпшенню ґрунтової родючості та збільшенню вмісту гумусу.

Особливу увагу слід звернути на рослинні рештки, як головне джерело гумусу, що включає складну суміш речовин, що становлять структурну частину рослин та продукти життєдіяльності мікроорганізмів, що населяють ґрунт. У соломі вміст органічних речовин може досягати 70–80%, включаючи крохмаль і целюлозу, які служать харчовим джерелом для корисних мікроорганізмів.

Зазначається, що вміст органіки в соломі перевищує вміст гною в тричотири рази, що призводить до інтенсифікації циркуляції вологи і повітря в ґрунті. Це призводить до поліпшення структури ґрунту, його вологостійкості та фізичних властивостей. У результаті ґрунт стає більш пухким, що сприяє поліпшенню умов для росту рослин та ґрунтових мікроорганізмів, а також зменшує вплив негативних погодних умов на продуктивність [31].

Введення соломи призводить до підвищення загальної біологічної та ферментативної активності ґрунтів, їх збагачення амінокислотами, вітамінами та іншими фізіологічно активними речовинами, що сприяють розвитку рослин.

Додатково, введення соломи, завдяки насиченню вуглецем, сприяє стимулюванню росту азотфіксуючих бактерій. Кожен грам вуглецю сприяє фіксації від 15 до 20 мг азоту. Розкладання соломи також призводить до збагачення поверхневих шарів ґрунту та повітря вуглецем, що сприяє росту зеленої маси рослин.

Однак внесення соломи в ґрунт може негативно впливати на фітосанітарний стан поля, оскільки збудники хвороб можуть залишатися в ґрунті, що призводить до зниження врожайності наступної культури. Тому важливо дотримуватися сівозміни для підтримання поліпшеного стану ґрунту.

Треба враховувати, що при розкладанні соломи виділяються жирні кислоти та різні токсини, які можуть негативно впливати на рослинність

зернових культур. Низька швидкість розкладання соломи також призводить до поступової доступності поживних речовин для рослин, зазвичай протягом 3-5 років. Цей процес можна прискорити застосуванням додаткового азоту.

Незважаючи на вищевказані фактори, фермери, зокрема через економічні міркування, часто використовують солому як добриво, але важливо утримувати баланс між економією та збереженням якості ґрунту [32].

З одного боку, можна зрозуміти людей, які, навіть не враховуючи екологічний аспект, просто викидають органічні залишки у сміттєвий бак. Але з іншого боку, правильна обробка поживних залишків протягом кількох років не лише дозволяє економити на добривах, але також поліпшує вологозберігаючі властивості ґрунту.

Замість того, щоб скаржитися, що розмолотити солому дорого і вона не розкладається в ґрунті через відсутність вологи, краще обрати оптимальний метод роздрібнення поживних залишків. Це може бути виконано за допомогою штатних подрібнювачів соломи в комбайнах, спеціальних подрібнювачів в валках або за допомогою спеціалізованих ґрунтообробних агрегатів.

Головна мета - максимально дрібно роздрібнити поживні залишки і рівномірно розподілити їх по полю. Це прискорить їх розкладання в ґрунті та вивільнення поживних речовин. Далі важливо вибрати правильну технологію обробки ґрунту і розподілу поживних залишків, таку як вкладання їх на глибину оранки або на поверхню ґрунту в рівних частках.

Критично важливим завданням є прискорення процесів мінералізації соломи за допомогою введення додаткового азоту та біологічних деструкторів у стерню. На кожну тону поживних залишків у ґрунт необхідно вносити 7–10 кг азоту амонійного для поліпшення засвоєння його мікроорганізмами. Оптимальна глибина загорання поживних залишків

повинна становити від 5 до 8 см. Традиційний метод передбачає вкладання соломи на вказану глибину після внесення добрив, а коли розкладання стає інтенсивним, проводиться класична оранка на глибину до 30 см.

Існує різноманіття варіацій у використанні технологій обробітку ґрунту та введенні додаткового азоту. Серед можливих речовин для цього можуть бути використані селітра, аміачна вода або карбамідо-аміачна суміш.

Згідно з нашими спостереженнями в господарствах різних регіонів України, внесення аміачної селітри під озиму пшеницю в межах від 50 до 120 ц/га (залежно від урожайності попередника) є практично обов'язковим заходом у рамках інтенсивної технології вирощування.

Однак важливо уникати переборщення і точно розраховувати кількість азоту, яка буде використана на мінералізацію соломи та на розвиток сходів наступної культури. Озимі посіви, зокрема, споживають лише 8–10% необхідної норми азоту восени, тому важливо уникати їх «перегодовування».

Також необхідно враховувати наявність вологи в ґрунті. Господарства в посушливих регіонах України використовують альтернативні методи обробітку поля, такі як смугова фреза з нарізаними смугами в стерню для посіву та залишання соломи в рядках, прямий посів з використанням подрібненої соломи як мульчі для утримання вологи або комбінований підхід, де частина соломи вробляється у ґрунт, а решта залишається на поверхні. Точні агротехнічні розрахунки є ключовим елементом для оптимального вибору методу [33].

Важливо також зазначити, що повернення органіки в ґрунт у вигляді якісно мінералізованої соломи з часом призведе до поліпшення структури ґрунту, включаючи збільшення його здатності утримувати вологу. Тому рекомендується поєднувати залишання частини соломи на полі з періодичним розкиданням гною великої рогатої худоби у ґрунт.

В наш час багато фермерських господарств вирішують вести невеликі стада худоби з метою відновлення ефективного ланцюжка: поле-ферма-поле.

Тема дослідження стосується вибору підходящих субстратів для вермікомпостування. Внесення соломи в ґрунт, як і гною, може призвести до його зкислення, особливо при застосуванні підвищених доз азотних та інших мінеральних добрив. У контексті комплексного управління станом полів рекомендується періодичне внесення відповідних доз фосфоритного борошна як розкислювача. Цей компонент нормалізує рівень рН ґрунту, що сприяє розкриттю найкращих властивостей ґрунтової органіки. Фосфоритні розкислювачі містять, крім кальцію і фосфору, також сірку, магній, калій та інші мікроелементи, що сприяють комплексному поліпшенню характеристик ґрунту.

На завершення слід ще раз підкреслити, що солону можна і слід використовувати як органічне добриво, що є безкоштовним. Однак це слід робити з урахуванням різноманітних факторів і розробляти оптимальну технологію з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Коров'ячий гній.

Використання коров'ячого гною є популярним методом внесення органічного добрива для поліпшення врожайності сільськогосподарських культур. Навіть при наявності різноманітних сучасних добрив, органічні компоненти залишаються актуальними. У цьому науковому матеріалі буде висвітлено деталі коров'ячого гною, його різновиди та методи використання.

Вміст речовин

Гній відрізняється різноманітним хімічним складом, що забезпечує позитивний ефект при його використанні як добрива. Один кілограм гною містить: азоту 3.5, кальцію 2.9, фосфору 3, калію 1.4, магнію 1.1, сульфур 0.9 грамів.

Користь для ґрунту:

Застосування коров'ячого гною як добрива призводить до відмінних результатів:

Збагачує ґрунт гумусом та формує поживний верхній шар.

Допомагає зв'язати пісчаний і глинистий ґрунт, підвищуючи його вологоутримувальні властивості.

Розшаровує глинистий ґрунт та поліпшує аерацію, забезпечуючи доступ кисню до кореневищ рослин.

Сприяє швидкому росту рослин, підвищує зав'язь завдяки поліпшенню якості ґрунту.

Створює сприятливі умови для розвитку черв'яків та корисних мікроорганізмів, що позитивно впливає на структуру ґрунту.

Знижує кислотність ґрунту.

Коров'ячий гній класифікують за кількома ознаками, які, в свою чергу, поділяються на види.

За вмістом вологи:

Гній може бути рідким і твердим залежно від кількості вологи, що міститься в його складі. Виділити:

Матеріал з вологістю до 80% є досить твердим добривом, оскільки містить частинки підстилки (тирса, солома, торфокрихта або листя);

Матеріал з вологістю від 80 до 90% — має напіврідку консистенцію;

Матеріал з вологістю більше 90% - це добриво максимально рідке, його ще називають гноєм [31].

За ступенем розкладання:

У процесі дозрівання коров'ячий гній змінює свою консистенцію, колір, якісні характеристики і може бути:

Свіжим – це добриво має високу цінність, ступінь розкладання мінімальна, природний колір – солом'яний;

Напівперепрівшим – характеризується наявністю темно-коричневої соломи з пухкими частинками, вважається найціннішим, так як дозріває протягом 3 місяців і за цей час практично не втрачає цінні поживні компоненти;

Перегній - це темна і пухка розсипчаста маса, яка містить добре засвоювані корисні речовини, які утворюються в процесі шестимісячного дозрівання.

Застосування:

Залежно від виду коров'яку будуть відрізнятися особливості його застосування [32].

У свіжому вигляді:

Не рекомендується використовувати свіжий коров'як, нічим його не розбавивши. Це пояснюється тим, що в його складі високий відсоток аміаку, який згубно діє на кореневища рослин. З коров'яку в свіжому вигляді готують розчин і удобрюють ним територію на користь рослин.

Сухий субстрат:

Коров'ячий гній перетворюється на перегній через 2 роки дозрівання. Гумус характеризується пухкістю, без рідких домішок і неприємного запаху. Добриво в такому вигляді найзручніше для використання. Перегній дуже цінується, оскільки його можна використовувати безпосередньо перед висадкою рослин у землю. Завдяки пухкій структурі добриво витрачається дуже економно.

Гранулізований:

Гній в гранулах - це біологічно оброблений матеріал, спресований відповідним чином. Завдяки особливій структурі матеріалу він збагачує ґрунт корисними речовинами поступово, протягом усього сезону. Здатний вбирати воду і набухати, а з часом віддавати речовини у вологий ґрунт, що дуже зручно під час посухи, оскільки дозволяє тривалий час зберігати помірну вологість у ґрунті. Гранули використовують як підгодівлю навесні, в період посадки, але можна вносити і восени, після збору врожаю, під перекопування ґрунту [33].

3.2. Підготовка субстратів.

Торф - це один з найпоширеніших субстратів для вермікультивування. Він має ряд переваг, зокрема:

Доступність і низька ціна;

Легкість у транспортуванні і зберіганні;

Добра здатність утримувати вологу;

Низький вміст азоту, що запобігає закисанню субстрату.

Однак, торф має і деякі недоліки, зокрема:

Високий вміст кислотності, що може ускладнити розмноження черв'яків;

Необхідність додавання вапна для зниження кислотності;

Необхідність регулярного додавання органічних відходів для збереження фертильності субстрату.

Процес підготовки торфу до вермікультивування

При підборі торфу важливо дотримуватися кількох правил:

Торф повинен бути свіжим, не перегнилим.

Торф повинен бути пухким, не щільним.

Торф повинен бути без домішок інших матеріалів, таких як пісок, глина або сміття.

Промивання торфу

Торф, при необхідності, необхідно промити для видалення надлишкової кислотності. Промивання можна проводити в кількох етапах:

Перший етап - це промивання торфу в холодній воді. Торф заливають водою і перемішують протягом 1-2 годин. Після цього воду зливають і торф знову заливають чистою водою. Процедуру повторюють до тих пір, поки вода не стане нейтральною або слаболужною.

Другий етап - це промивання торфу в розчині вапна. Для цього в 10 літрах води розчиняють 100-200 грамів вапна. Торф заливають розчином і перемішують протягом 1-2 годин. Після цього воду зливають і торф знову заливають чистою водою. Процедуру повторюють 2-3 рази.

Додавання органічних відходів

Після промивання торф необхідно додати органічні відходи. Для цього можна використовувати компост, гній, листя, траву, харчові відходи тощо. Органічні відходи повинні становити від 20 до 50% загального обсягу субстрату [34].

Зволоження субстрату

Торф повинен бути зволеним, але не мокрим. Оптимальна вологість субстрату - 60-70%.

Засипка субстрату в вермікомпостер:

Підготовлений субстрат засипають в вермікомпостир. Вермікомпостир - це контейнер, в якому будуть мешкати черв'яки. Вермікомпостир повинен мати отвори для вентиляції і дренажу.

Рекомендації щодо підготовки торфу до вермікультивування:

Для приготування субстрату краще використовувати торф верховий, а не низинний. Верховий торф має меншу кислотність, ніж низинний.

При промиванні торфу необхідно використовувати холодну воду. Гаряча вода може пошкодити черв'яків.

Органічні відходи, які додаються в субстрат, повинні бути добре перегнилими. Неперегнілі відходи можуть стати джерелом хвороб для черв'яків.

Перед засипанням субстрату в вермікомпостир його необхідно добре перемішати. Це допоможе рівномірно розподілити органічні відходи і вологість [35].

Листовий опад - це один з найпоширеніших і найдоступніших субстратів для вермікультивування. Він містить багато поживних речовин, необхідних для черв'яків, а також є хорошим джерелом вологи.

Підготовка листового опаду до вермікультивування включає в себе такі етапи:

Збір листового опаду. Для вермікультивування можна використовувати листя з різних дерев і чагарників. Найкраще підходять листя листяних дерев, таких як дуб, береза, клен, ясен. Листя хвойних дерев також можна використовувати, але вони містять більше смоли, яка може бути шкідливою для черв'яків [36].

Перебирання листового опаду. Перед використанням листовий опад потрібно перебрати, щоб видалити сторонні предмети, такі як каміння, гілки, пластик, сміття. Також слід видалити листя, які пошкоджені хворобами або шкідниками.

Подрібнення листового опаду. Для покращення доступності поживних речовин черв'якам листовий опад потрібно подрібнити. Це можна зробити

вручну, за допомогою садового ножа або секатора, або за допомогою спеціального обладнання, такого як дробарка або утилізатор.

Зволоження листового опаду. Листовий опад повинен бути вологим, але не мокрим. Оптимальна вологість становить 60-70%. Для зволоження можна використовувати воду або компостний чай.

Після підготовки листовий опад можна використовувати для заповнення вермікомпостера. Черв'яки швидко перероблять листовий опад, утворюючи високоякісний компост, який можна використовувати для підживлення рослин [37].

Деякі додаткові поради щодо підготовки листового опаду до вермікультивування:

Для підвищення вмісту поживних речовин у листовому опаді можна додати до нього компост або перегній.

Для знищення патогенів і шкідників листовий опад можна прогріти або проморозити.

Для запобігання розвитку цвілі і грибків листовий опад можна періодично перемішувати.

Варто зазначити, що листовий опад є хорошим субстратом для вермікультивування, але він не може бути єдиним джерелом поживних речовин для черв'яків. Для забезпечення повноцінного харчування черв'якам також потрібно додавати до субстрату інші компоненти, такі як харчові відходи, гній або рослинні залишки [38].

Підготовка соломи до вермікультивування.

Солома є одним із найпоширеніших і найдоступніших субстратів для вермікультивування. Вона є багатим джерелом вуглецю і клітковини, які необхідні черв'якам для їхнього харчування та розвитку.

Щоб підготувати солому до вермікультивування, її необхідно ретельно очистити від сторонніх домішок, таких як каміння, металеві предмети, пластик та інші неперетравні матеріали. Також необхідно видалити будь-які ознаки цвілі або гниття.

Після очищення солому необхідно подрібнити на невеликі шматочки розміром 2-3 см. Це полегшить черв'якам перетравлення соломи і підвищить ефективність вермікультивування.

Наступним кроком є зволоження соломи. Оптимальна вологість соломи для вермікультивування становить 60-70%. Занадто волога солома може призвести до гниття, а занадто суха - до того, що черв'яки не зможуть її перетравити [39].

Підготовка соломи до вермікультивування.

Солома є одним із найпоширеніших і найдоступніших субстратів для вермікультивування. Вона є багатим джерелом вуглецю і клітковини, які необхідні черв'якам для їхнього харчування та розвитку.

Щоб підготувати солому до вермікультивування, її необхідно ретельно очистити від сторонніх домішок, таких як каміння, металеві предмети, пластик та інші неперетравні матеріали. Також необхідно видалити будь-які ознаки цвілі або гниття.

Після очищення солому необхідно подрібнити на невеликі шматочки розміром 2-3 см. Це полегшить черв'якам перетравлення соломи і підвищить ефективність вермікультивування.

Наступним кроком є зволоження соломи. Оптимальна вологість соломи для вермікультивування становить 60-70%. Занадто волога солома може призвести до гниття, а занадто суха - до того, що черв'яки не зможуть її перетравити [40].

Підготовка корв'ячого гною до вермікультивування.

Корв'ячий гній - це відмінний субстрат для вермікультивування. Він містить багато поживних речовин, необхідних для червоного каліфорнійського черв'яка, а також є хорошим джерелом вуглецю. Однак, перед тим, як використовувати корв'ячий гній для вермікультивування, його необхідно підготувати [41].

Етапи підготовки корв'ячого гною до вермікультивування:

Очистка. Першим кроком є очищення корв'ячого гною від сторонніх предметів, таких як гілки, листя, каміння та інші неперетравлені залишки. Це можна зробити вручну або за допомогою сита.

Розпушування. Корв'ячий гній може бути досить щільним, тому його необхідно розпушити, щоб черв'якам було легше його перетравлювати. Це можна зробити за допомогою лопати або вила.

Зволоження. Корв'ячий гній повинен бути вологим, але не мокрим. Оптимальна вологість для вермікультивування становить 60-70%. Якщо корв'ячий гній сухий, його необхідно зволжити водою.

Охолодження. Корв'ячий гній може бути досить теплим, тому його необхідно охолодити до температури 20-25 градусів Цельсія. Це можна зробити, виклавши корв'ячий гній на відкритому повітрі або в прохолодному приміщенні.

Після підготовки корв'ячий гній можна використовувати для заповнення вермікомпостирів. Червоні каліфорнійські черв'яки швидко перероблять корв'ячий гній, утворюючи цінний вермікомпост, який можна використовувати для підживлення рослин [42].

Деякі додаткові поради щодо підготовки корв'ячого гною до вермікультивування:

Якщо корв'ячий гній містить багато сміття, його можна спалити або компостувати.

Якщо корв'ячий гній дуже кислий, його можна розкислити, додавши в нього вапно або доломітове борошно.

Якщо корв'ячий гній дуже лужний, його можна підкислити, додавши в нього торф або сірку.

Застосування корв'ячого гною для вермікультивування:

Корв'ячий гній можна використовувати для заповнення вермікомпостирів як самостійно, так і в поєднанні з іншими субстратами, такими як листяний перегній, торф, тирса та інші.

При використанні корв'ячого гною в чистому вигляді його кількість повинна становити не більше 50% від загального обсягу вермікомпосту. Це пов'язано з тим, що корв'ячий гній є досить щільним і може ускладнювати пересування черв'яків.

При використанні корв'ячого гною в поєднанні з іншими субстратами його кількість може бути збільшена до 70-80%. У цьому випадку корв'ячий гній буде виступати в якості джерела поживних речовин, а інші субстрати - в якості джерела вуглецю [43].

3.3. Підготовка маточного поголів'я.

Процес підготовки маточного поголів'я червоного каліфорнійського черв'яка до розміщення у дослідницькі установці контейнері.

1. Вибір джерела маточного поголів'я.

Для підготовки маточного поголів'я до розміщення у дослідницькі установці контейнери найкраще використовувати особин, вирощених у контрольованих умовах. Це дозволить забезпечити їхню високу якість і життєздатність. Маточне поголів'я можна придбати у спеціалізованих господарствах або виростити самостійно.

2. Розміщення маточного поголів'я.

Маточне поголів'я можна розміщувати у контейнери різної ємності. Важливо, щоб в контейнері було достатньо місця для розмноження черв'яків. На дно контейнера необхідно насипати шар субстрату товщиною 10-15 см. Потім на субстрат розміщують маточне поголів'я.

3. Догляд за матковим поголів'ям.

За матковим поголів'ям необхідно регулярно доглядати. Контейнери з черв'яками необхідно тримати в теплом, добре освітленому місці. Оптимальна температура для життєдіяльності червоних каліфорнійських черв'яків становить 18-25 °С.

Контейнери з черв'яками необхідно регулярно поливати. Вода повинна бути теплою і добре відстояною [44].

Для підвищення продуктивності черв'яків необхідно регулярно вносити в субстрат органічні речовини.

Чому на роль маточного поголів'я краще брати яйця(коконі) і мальки?

Яйця (коконі) і мальки мають низку переваг перед дорослими черв'яками:

Вони є більш стійкими до несприятливих умов середовища.

Вони мають більш високу репродуктивну здатність.

Вони менш вимогливі до якості субстрату.

Яйця (коконі) червоних каліфорнійських черв'яків можна придбати у спеціалізованих господарствах або виростити самостійно. Для цього необхідно розмістити у контейнері шар субстрату товщиною 10-15 см і покласти на нього кілька коконів.

Маленькі черв'яки (мальки) з'являються з коконів через 3-4 тижні. Вони мають невеликі розміри і ніжне тіло. Тому при розміщенні їх у контейнер необхідно бути обережними, щоб не пошкодити.

Процес адаптації особин під час процесу вермікомпостування.

Особини червоних каліфорнійських черв'яків мають високу адаптаційну здатність. Однак для успішного розведення черв'яків у дослідницьких установках контейнерах необхідно забезпечити їм відповідні умови середовища [45].



Рис 1. Кокони з яйцями (Eisenia fetida)

У процесі вермікомпостування черв'яки проходять через кілька етапів адаптації:

Ознайомлення. На цьому етапі черв'яки вивчають нове середовище. Вони пересуваються по субстрату, обнюхують його та вишукують їжу.

Адаптація. На цьому етапі черв'яки починають активно харчуватися і розмножуватися. Вони виробляють ферменти, що розщеплюють органічні речовини.

Оптимізація. На цьому етапі черв'яки досягають оптимальної продуктивності.

Тривалість адаптаційного періоду залежить від багатьох факторів, зокрема від якості маточного поголів'я, температури середовища та якості субстрату. У середньому, адаптаційний період триває 2-3 місяці.

Під час адаптаційного періоду необхідно регулярно контролювати стан черв'яків. Якщо черв'яки помирають або перестають харчуватися, необхідно внести корективи в умови середовища [46].

3. Оцінка впливу факторів на процес вермікомпостування.

Для експерименту використовували чотири вермікомпостери **Keter E Composter** .

3.4. Характеристики компостера Keter E Composter.

- Тип: компостер
- Призначення: для компостування відходів
- Об'єм: 470 л
- Висота: 79 см
- Ширина: 79 см
- Глибина: 79 см
- Вага: 7 кг
- Колір: чорний



рис 2. Keter E Composter. Зовнішній вигляд.

3.5. Хід досліду.

Було внесено в вермікомпостер № 1: торф'яний субстрат (100 л) та культура черв'яка (4 л); у вермікомпостер № 2: подрібнений листовий опад (100 л) культура (4 л); у вермікомпостер № 3: солома подрібнена (100 л), культура черв'яків (4 л) і у компостер № 4: суміш коров'ячого перегною і подрібненими органічними побутовими відходами в об'ємному співвідношенні 2:1 (100 л) і 4 літри культури черв'яків.

Для усіх вермікомпостерів об'ємне співвідношення компонентів для їх приготування становило 25:1.

Для контролю перебігу процесу компостування проводили регулярне вимірювання вологості за допомогою тензіометра і температури.

Для аналізу кількості особин компостери відкривали і відбирали об'єм (близько 10 літрів) незрілого шару компосту (зона де мешкає основна маса колонії) що компостувався. Субстрат просіювали через систему сит (рис) і проводили підрахунок популяції.



Рис 3. Калібровочне сито.

Усіх особин класифікували у 3 групи в залежності від вікової стадії розвитку:

- 1) мальки (до 2 см);
- 2) молодь (ювенільна стадія) 2–10 см;
- 3) дорослі особини 10–14 см.

Окремо були пораховані кокони. Результати були внесені до відповідних таблиць.

Аналіз отриманого біогумусу проводили в хімічні лабораторії Вінницького національного аграрного університету. В першу чергу органічних речовин (гумінових та фульвових кислот та їх солей, органічного вуглецю) та мікроелементів. Проведено порівняльний аналіз зразків [46].

3.6. Результати експерименту

Показники зразків на 50 день вермікомпостування. Дані популяції наведені на схемах нижче на таблиці 1.

Табл. 1. Кількість особин на різних стадіях розвитку на 50 день процесу компостування

Зразок	Мальки	Молодь	Дорослі особини	Кокони
№ 1	274	417	1147	647
№ 2	310	384	1029	563
№ 3	354	481	1249	603
№ 4	295	401	1086	592

Як і очікувалося, популяції на різних субстратах в якості корму розвиваються з певною різницею.

В усіх зразках в ході дослідження було виявлено значний приріст популяції. Найбільший приріст був зафіксований у компостері № 3, де основним субстратом є солома.

У компостері № 1 (торф'яний субстрат) були відмічені стабільні умови (температури і вологості) що зв'язано в першу чергу в високою пористістю і здатності торфу до роз приділення вологи у серединні.

У компостері № 2 (листовий опад) спочатку спостерігався відносно повільний розвиток колонії. На мою думку це зв'язано із більшим періодом адаптації через більшу щільність та біохімічним різноманіттям компонентів корму.

Зразок № 3 (подрібнена солома). Черв'яки легко адаптувалися до цього корму і показали один із найкращих результатів. Це зв'язано з тим, що солома в основному була зі злаків вирощених на полях з використанням великої кількості добрив. Що в свою чергу збагатили всі частини рослин

мікроелементами.

Популяція у вермікомпостері № 4 (коров'ячий гній із побутовими відходами) продемонструвала вплив вермікомпостування на зміну рН середовища, а саме нейтралізацію кислот.

Показники зразків на 100 день вермікомпостування. Дані популяції наведені на схемах нижче на таблиці 2.

Табл. 2. Кількість особин на різних стадіях розвитку на 100 день процесу компостування

Зразок	Мальки	Молодь	Дорослі особини	Кокони
№ 1	548	934	1877	1647
№ 2	620	1078	2029	1563
№ 3	708	1229	2249	1603
№ 4	613	1158	2086	1592

Аналіз зразків біогумусу показав, що отриманий біогумус містить велику кількість органічних речовин і мікроелементів (таб. 3) і може бути використаний як вискоєфективне добриво. Звичайно співвідношення компонентів у зразків різна. На мою думку, це дозволяє підбирати різні вермікомпости для потреб вирощування різних культур рослин.

Дані хімічних аналізів на схемах нижче на таблиці 3.

Табл. 3. Узагальнений хімічний склад зразків

Хімічні речовини	Зразок № 1, %	Зразок № 2, %	Зразок № 3, %	Зразок № 4, %
Гумінові кислоти	27	33	36	29
Гумінові солі	19	25	22	26
Фульвові кислоти	12	15	14	16
Азот	1.5	3.1	2.2	2.6
Фосфор	1.1	1.4	2.4	0.8
Калій	0.9	1.1	0.8	1.2
pH	7.1	6.8	7.5	6.9
Органічний вуглець	47	45	44	44

3.7. Результати аналізу хімічного складу біогумусу.

За хімічними показниками отриманого біогумусу зразка із компостеру № 1 маємо такі результати:

Вміст гумінових кислот 27 %, гумінових солей 19%. Фульвових кислот 12%. Такі показники свідчать про значний вміст активних органічних компонентів що сприяють збереженні вологи і допомагають у транспорті речовин.

Вміст мікроелементів: калію 0.4%, фосфору 1.3% азоту 1.1% такий рівень є достатнім для розвитку більшості сільськогосподарських культур. Рівень pH 7.1 це нейтральне середовище. Високий рівень органічного вуглецю 47%.

Зразок біогумусу із вермікомпостеру № 2 продемонстрував наступні результати: Гумінові солі 25%, гумінові кислоти 33%. Фульвові кислоти 15%.

Мікроелементи: азот 1.9, калій 0.2, фосфор 0.9. Рівень рН 6.8 нейтральний. Високий рівень вмісту органічного вуглецю 45%.

У зразку № 3 вміст гумінових кислот становить 36%, а гумінових солей - 22%. Це свідчить про високий рівень органічних речовин у біогумусі, що сприяє його властивостям зберігання води та поживних речовин.

Фульвові кислоти: Фульвові кислоти є важливим компонентом ґрунту, оскільки вони забезпечують зв'язування та транспортування мікроелементів. У зразку № 3 їх вміст становить 14%.

Мікроелементи (азот, фосфор, калій): Вміст азоту в зразку № 3 складає 2.2%, фосфору - 1.4%, а калію - 0.3%. Ці показники вказують на наявність достатнього рівня живильних елементів, що сприяє зростанню та розвитку рослин.

Рівень рН у зразку № 3 складає 7.5. Це нейтральне середовище, яке сприяє оптимальному росту біологічного життя в ґрунті. Вміст органічного вуглецю становить 44%.

Високий рівень органічного вуглецю свідчить про високу здатність біогумусу утримувати воду та поживні речовини. У цілому, зразок № 3 виявився добре збалансованим у вмісті головних компонентів, що сприяє його використанню для поліпшення ґрунту та підвищення врожайності рослин.

На основі отриманих результатів вивчення хімічного складу вермікомпосту (зразок № 4), можна зробити висновок про його високу якість та корисні властивості для рослинного вирощування.

Гумінові кислоти, представлені на рівні 29%, сприяють формуванню структури ґрунту, покращують водоудержання та ретенцію поживних речовин, що сприяє збільшенню ефективності добрив.

Гумінові солі, на рівні 26%, впливають на стійкість рослин до стресових умов, зокрема до негативного впливу екстремальних температур та несприятливих погодних умов.

Фульвові кислоти, знаходяться на рівні 16%, забезпечують підвищену розчинність мінералів, що робить їх легше доступними для рослин, сприяючи їх зростанню та розвитку.

Високий вміст азоту 2.6%, фосфору 0.8% та калію 0.2% робить вермікомпост ефективним добривом, сприяючи високій родючості ґрунту. рН рівень на рівні 6.7 вказує на нейтральне середовище, що сприяє оптимальному забезпеченню рослин необхідними елементами.

Високий вміст органічного вуглецю на рівні 44% свідчить про стабільність та тривалу дію вермікомпосту, покращуючи біологічну активність ґрунту. Отже, вермікомпост зразка № 4 є ефективним та природнім джерелом поживних речовин для рослин, сприяючи їх здоров'ю та зростанню.

3.8. Створення компосту (біогумусу) з використанням черв'яка *Esenia fetida* та його економічна ефективність.

Оцінка технологічного процесу вермікомпостування та утворення біогумусу з точки зору еколого-економічної ефективності дозволяє визначити обрану технологію з енергетичної перспективи. Це важливий аспект, що впливає на розуміння ефективності технології та обґрунтованість її впровадження.

Економічна ефективність може зазнавати змін внаслідок нестабільної цінової політики на гній, солому, зелену масу, маточне поголів'я черв'яка, вартість оплати праці та інших факторів. Слід зауважити, що економічна ефективність технологічного процесу демонструє ефективність конкретної технології протягом певного періоду, в той час як енергетичні показники залишаються постійними і вказують на конкретний вихід енергії з одиниці готової продукції.

Табл. 4 Затрати на виробництво біогумусу за допомогою
вермікомпостування контейнерним типом, грн/т

Показники	Контейнерна технологія в загальному обсязі
Вартість органічних відходів (гній, солома, зелена маса) на 1 т біогумусу, грн/т	360
Транспорт органічних відходів на територію для їх подальшого компостування, грн/т	75
Розвантаження органічних відходів, грн/т	95
Внесення органічних відходів у контейнери, грн/т	25 0
Закладка маточного поголів'я, грн	51 0
Догляд за компостом (полив, рихлення, укріття соломою), грн/т	70 0
Вибір біогумусу, грн/т	35 0
Пересівання біогумусу, грн/т	42 0
Інші витрати, грн	23 0
Всього, грн	2990

РОЗДІЛ 4.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що вирощування червоного каліфорнійського червяка на різних біологічних субстратах є ефективною технологією утилізації органічних відходів.

Найбільш сприятливим субстратом для вирощування червоних каліфорнійських черв'яків є коров'ячий гній. На цьому субстраті було отримано найбільше приріст популяції черв'яків, а також біогумус з високим вмістом гумінових речовин, азоту, фосфору та калію.

Також хорошим субстратом для вирощування черв'яків є солома. На цьому субстраті було отримано приріст популяції черв'яків, близький до показників для коров'ячого гною.

Торф'яний субстрат та листовий опад є менш сприятливими для вирощування черв'яків. На цих субстратах було отримано менший приріст популяції черв'яків, а також біогумус з нижчим вмістом гумінових речовин, азоту, фосфору та калію.

Технологія вирощування червоних каліфорнійських черв'яків на різних біологічних субстратах була апробована на підприємстві "Перлина Поділля" для утилізації органічних відходів садово-городнього підприємства. В результаті апробації було встановлено, що технологія є ефективною та дозволяє утилізувати органічні відходи з мінімальними затратами.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

На основі проведеного дослідження можна зробити наступні рекомендації:

Для вирощування червоних каліфорнійських черв'яків слід використовувати коров'ячий гній, солому або інші субстрати з високим вмістом органічних речовин.

Для отримання якісного біогумусу слід забезпечити оптимальні умови для вирощування черв'яків, зокрема підтримувати необхідну температуру, вологість та кислотність середовища.

Технологію вирощування червоних каліфорнійських черв'яків на різних біологічних субстратах можна використовувати для утилізації органічних відходів у різних галузях господарства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткачук О. П., Левчук О. В., Крижанівський В. В. Виробництво біогумусу каліфорнійськими черв'яками залежно від умов їх утримання. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. Вип. 23, С. 192-202.
2. Безділь Р. В. Вплив складу субстрату на вихід вермікомпосту і біомаси штучної популяції *Eisenia foetida*. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. № 25. С. 15–161.
3. Шпякіна, А. І. Біотехнологічні методи переробки відходів тваринництва / А. І. Шпякіна, О. А. Семенова, О. І. Семенова // *Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства*: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Тернопіль, 24-25 березня 2016 р. – С. 210-212
4. Chauhan H. K., Singh K. Potancy of Vermiwash with Neem plant parts on the Infestation of *Earias vittella* (Fabricius) and Productivity of Okra (*Abelmoschus esculentus*) (L.) Moench. *Asian Journal of Research in Pharmaceutical Science*. 2015. Vol. 5, No 1. P. 36–40.
5. Suthar S. Vermicomposting of organic wastes: A review. *International Journal of Environment and Waste Management*. 2016. Vol. 18, No 1. P. 84–103.
6. Альтернативне використання субстратів опалого листя у вермикультивуванні./ Скіп О.С., Буцяк А.А., Гавриляк В.В., Швед О.В., Буцяк В.І. *СТАС*.; Випуск 1, Номер 2, 2018 – С. 74-79
7. Rai P. K., Singh M., Upadhyay A. K. Influence of substrate and moisture content on growth and reproduction of *Eisenia fetida* during vermicomposting of municipal solid waste. *Journal of Environmental Management*. 2017. Vol. 2, No 4. P. 189–196.
8. Kaplan M. The National Master Plan for Agricultural Development in Suriname. Final Report. *Applied Ecology and Environmental Sciences*. 2021. Vol. 9, No 2. P. 280–285.
9. Adamenko M., Sonko S., Gursky I., Darmofal E. Formation of

anthropogenic waste and environmentally safe ways of their disposal. *Technogenic and ecological safety*. 2020. Vol. 8, No 2. P. 32–38.

10. Waseem M. A., Giraddi R. S., Math K. K. Assessment of nutrients and micro flora in vermicompost enriched with various organics. *Journal of Experimental Zoology*, India 2013. Vol. 16, No 4. P. 697–703.

11. Goswami L., Patel A. K., Dutta G., Bhattacharyya P. Gogoi N. Bhattacharya S. S. Hazard remediation and recycling of tea industry and paper mill bottom ash through vermiconversion. *International Journal of Environment and Waste Management*, Chemosphere. 2013. Vol. 92, No 6. P. 708–713.

12. Devi J., Prakash M. Microbial Population dynamics during vermicomposting of three different substrates amended with cow- dung. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2015. Vol. 4, No 2. P. 1086–1092.

13. Сендецька О. В. Ефективність виробництва і застосування органічних добрив «Біогумус», виготовлених методом вермикультивування. *Вісник Тернопільського НАУ*. 2014. №1. С. 164–171.

14. Журавель С. В., Кравчук М. М., Клименко Т. В., Поліщук В. О.. Вирощування черв'яків промислового спрямування контейнерним способом в умовах Житомирського Полісся. *Наукові горизонти*. 2020. № 05 (90). С. 22–28.

15. Сендецький В.М. Удосконалення технологій виробництва органічного добрива «Біогумус» методом вермикультивування / В.В. Сендецький // *Вісник Прикарпатського НУ ім. В. Стефаника*. 2013. Вип.17. С. 231.

16. Maulini-Duran C., Artola A., Font X., Sánchez A. Gaseous emissions in municipal wastes composting: Effect of the bulking agent. *Bioresource Technology*. 2014; No 172, P. 260-268

17. Судецька О. Ефективність виробництва і застосування органічних добрив “біогумус” виготовлених методом вермикультивування // *Вісник ТНЕУ* № 1, 2014. – С. 164-170.

18. Дощові черв'яки: наукові аспекти вирощування і практичне застосування / І. П. Мельник, Н. М. Колісник, І. А. Шувар, В. М. Сендецький, І. М. Тітов та ін. Івано-Франківськ : *Симфонія форте*, 2015. 444 с
19. Kováčik P., Šimanský V., Smoleň S., Neupauer J., & Olšovská K. The effect of vermicompost and earthworms (*Eisenia fetida*) application on phytomass and macroelement concentration and tetanic ratio in carrot. *Agronomy*, 2022. Vol. 12, No 11, P. 2770.
20. Чміль А. І. Дослідження енергетичної ефективності процесу вермикультивування. *Енергетика і автоматика*. 2018 р. №4, С. 83-96
21. Maharjan K. K., Noppradit P., & Techato K. Potential of *Eisenia fetida* (Redworm) for the conversion of three varieties of organic waste. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture*, 2023. Vol. 12, No 3, P. 341-350.
22. Сенчук М.М. Впровадження механізованого вермикомпостування для утилізації рослинних відходів садово-паркових господарств. *Збірник наукових праць БНАУ «Агробіологія» № 2*, С. 2-14, 2021 р.
23. Mohammad Alipour S., Fataei E., Nasehi F., & Imani A. Evaluating the Changes in Quantities and Types of Substrates Containing Organic Wastes on the Growth and Reproduction of the Earthworm (*Eisenia fetida*). *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 2022. Vol. 10, No 1, P. 39-46.
24. Getachew Z., Adisu T., Abeble L., & Anbessa B. Vermicompost potential of common earthworms (*Eudrilus eugeniae*) and red wiggler (*Eisenia fetida*) worm on the decomposition of various organic wastes. *International Journal of Plant & Soil Science*, 2018. Vol. 24, No 3, P. 1-13.
25. М'ягка М. В., Деркач С. М., Волкогон В. В., Луценко Н. В. Сукцесії мікроорганізмів у процесі компостування курячого посліду. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2014. Вип. 20. С. 41–48.
26. Prakash Duwadi D., Koirala S., Silas V. J., Shekhar C., & Kumar S. Utilization of different horticultural waste materials for vermicomposting by using

Eisenia fetida in Mandhana Kanpur-UP, India. *Pharma Innov. J.* 2021. Vol. 10, No 9. P. 1201-1206.

27. Emperor G. N., Kumar K., & Ravikumar G. Growth performance and hatchling rate of *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida* in different concentrations of tea waste, cow dung and kitchen waste mixture. *As. J. of Inn. Res*, 2016. Vol. 1, No 1, P. 46-52.

28. Okhotnikov S. I., Kabanova T. V., & Dolgorukova M. V. Influence of the ratio of ingredients in the processed substrata on adaptation of the *Eisenia Foetida* (Sav.) worms to them. *In IOP Publishing. Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019. Vol. 315, No. 7, P. 072022.

29. Panjgotra S., Sangha G. K., Sharma S., & Kondal J. K. Effect of wheat straw and FYM on growth and reproduction of *Eisenia fetida* during vermicomposting. *Journal of Applied and Natural Science*, 2016. Vol. 8, No 4, P. 2212-2218.

30. Lemma A. Multiplication of red worms (*Eiseniafetida*) using different feeding materials and its effect on yield and quality of vermicompost. *Int. J. Ecotoxicol. Ecobiology*, 2020. Vol. 5, No 4. P. 48-53.

31. Розробка екологічно безпечної технології для утилізації органічних відходів. *Охорона довкілля : зб.наук.статей XIII Всеукраїнських наукових Таліївських читань.- X: ХНУ імені В. Н. Каразіна*, 2017. С.110-113.

32. Лобозова Людмила, Шаповалова Віолетта. Творчі енергоефективні проекти студентів ДДКБМТА. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції" Екологія. Людина. Суспільство", 2021, С. 303-307.

33. Гейсун А. А., Степченко Л. М. Дослідження впливу Гуміліду на контамінацію важкими металами продуктів вермифтехнології. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*, 2016, 2: С. 68-74.

34. Остапчук М. О., Поліщук І. С., Мазур О. В., Максимов А. М. Використання біопрепаратів-перспективний напрямок вдосконалення агротехнологій. *Сільське господарство та лісівництво*, 2015. Вип. 2, С. 5-17.

35. Котляр О. С. Біомаса вермикультури як джерело мікроелементів у

годівлі свиней. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини*, 2013. Вип. 27, Том 1, С. 157-166.

36. Юрченко В. В. Переваги і недоліки сучасних технологій переробки гною. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини*, 2017. Вип. 33, Том 1, С. 243-253.

37. Горова А. І., Скворцова Т. В., Лисицька С. М. Відновлення гумусного стану та природної родючості деградованих чорноземів за допомогою вермикомпосту як органічного добрива. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*, 2016. Вип. 4, С. 23-28.

38. Hussain N., Das S., Goswami L., Das P., Sahariah B., & Bhattacharya S. S. Intensification of vermitechnology for kitchen vegetable waste and paddy straw employing earthworm consortium: assessment of maturity time, microbial community structure, and economic benefit. *Journal of cleaner production*, 2018. No 182, P. 414-426.

39. Farag A. A., Ahmed M. S. M., Hashem F. A., Abdrabbo M. A. A., Abul-Soud M. A., & Radwan H. A. Utilization of rice straw and vermicompost in vegetable production via soilless culture. *Global Journal and advanced Research*, 2015. Vol. 2, No 5, P. 800-813.

40. Ansari A. A., Pereira M., & Jaikishun S. Effect of vermiwash obtained from different sources (neem, rice straw and bagasse) and standardised hydroponics solution on the growth of *Colocasia esculenta* (Australian poi) in Guyana. *American journal of experimental agriculture*, 2015. Vol. 7, No 5, P. 275-283.

42. Ramnarain Y. I., Ansari A. A., & Ori L. Vermicomposting of different organic materials using the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2019. Vol. 8, P. 23-36.

43. Kouba A., Lunda R., Hlaváč D., Kuklina I., Hamáčková, J., Randák T., & Buřič M. Vermicomposting of sludge from recirculating aquaculture system using *Eisenia andrei*: Technological feasibility and quality assessment of end-products.

Journal of Cleaner Production, 2018. Vol. 177. P. 665-673.

44. Biabani A., Carpenter-Boggs L., Gholizadeh A., Vafaie-Tabar M., & Omara M. O. Reproduction efficiency of *Eisenia foetida* and substrate changes during vermicomposting of organic materials. *Compost Science & Utilization*, 2018. Vol. 26, No 3, P. 209-215.

45. Chaulagain A., Maharjan B., Pathak R., Piya S., Chimoriya S., Shrestha I., & Lamichhane J. Effect of feeding materials on yield, quality of vermicompost, multiplication and reproduction of *Eisenia foetida*. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, 2017. Vol. 13. No 2, P. 15-25.

46. Василик Ю. В., Березовський І. В. Біологія розвитку каліфорнійського дошового черв'яка (*Eisenia Fetida*) на біологічних субстратах. *Вісник студентського наукового товариства Донецького національного університету імені Василя Стуса*. Вінниця 2023. Вип. 15, Том 2, С. 176-179.

ДОДАТКИ

