

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет природничий**  
**Кафедра зоології та методики навчання біології**

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

Реєстраційний № \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХАРЧОВИХ**  
**ВІДХОДІВ У ПРОЦЕСАХ ВЕРМИКУЛЬТИВУВАННЯ**  
**І ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ**

Кваліфікаційна робота студентки  
групи ЗБХм-22

ступінь вищої освіти магістр  
014.05 Середня освіта (Біологія та  
здоров'я людини)

Рабаєвої Анни Олегівни

Керівник: канд.біол.наук., доцент

Антонік Ірина Петрівна

Оцінка:

Національна шкала \_\_\_\_\_

Шкала ECTS \_\_\_\_\_ Кількість балів \_\_\_\_\_

Голова ЕК \_\_\_\_\_

Члени ЕК \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **ЗАПЕВНЕННЯ**

Я, Рабаєва Анна Олегівна, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Я не надавала і не одержувала недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомена. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

(підпис)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
<b>РОЗДІЛ 1.ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ НАПРЯМКІВ ВЕРМИТЕХНОЛОГІЇ .....</b>	<b>8</b>
1.1 Світовий та вітчизняний досвід вивчення процесів вермикультивування та вермикомпостування .....	8
1.2 Застосування результатів вермитехнологій в Україні та світі при вирішенні екологічних та аграрних проблем.....	17
Висновки до розділу 1.....	22
<b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....</b>	<b>23</b>
2.1 Характеристика об'єктів дослідження .....	23
2.2 Методи дослідження .....	33
Висновки до розділу 2.....	37
<b>РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН ГНОЙОВИМИ ЧЕРВ'ЯКАМИ РОДУ Eisenia fetida.....</b>	<b>38</b>
3.1 Виявлення впливу різних видів харчових решток на вермикультивування та вермикомпостування .....	38
3.2 Порівняльний аналіз ефекту від використання харчових решток з перегноєм корів у процесах вермикультивування та вермикомпостування.....	43
Висновки до розділу 3.....	44
<b>РОЗДІЛ 4.МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ В ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ “РІЗНОМАНІТНІСТЬ ТВАРИН” ШКІЛЬНОГО КУРСУ БІОЛОГІЇ (7 КЛАС (РІВЕНЬ СТАНДАРТУ).....</b>	<b>46</b>
Висновки до розділу 4.....	50
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>51</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>53</b>

## ВСТУП

**Актуальність.** У 2023 році загальна кількість населення у світі досягла 8,045 млрд. осіб. Прискорені темпи зростання населення призводять з одного боку до збільшення потреб людства у життєво необхідних ресурсах нашої планети, а з другого - до інтенсивного забруднення навколишнього середовища відходами виробництва і життєдіяльності. Своєрідний взаємозв'язок першого та другого вказаного компонента наслідків світової демографічної ситуації полягає в тому, що побутові, промислові та сільськогосподарські відходи своїми хімічними та токсичними складовими дуже часто негативно впливають на загальний стан екології. Одним із наслідків цього, крім іншого, може бути зниження родючості ґрунтів та зменшення врожайності сільгосппродукції.

Щоб уникнути голоду, аграрії щорічно нарощують інтенсивність виробництва. Розорюють степи для збільшення посівної площі, збільшують кількість ферм та поголів'я домашніх тварин і птахів. В результаті фекальні відходи тварин, збільшують забруднення нашої планети викидами метану, що є одним із негативних факторів світових екологічних проблем.

Значна частка відходів людства (до 65% ) є органічними і нетоксичними по своїй природі, але решта відходів можуть бути токсичними, вибуховими, вогнебезпечними чи отруйними і здатними забруднювати ґрунт, воду та повітря планети. У багатьох випадках небезпечні відходи власниками не знешкоджуються, а для швидкого і дешевого розв'язування проблеми, викидаються на звалища, спалюються у печах, заховуються на полігонах, незважаючи на вкрай негативні наслідки цього для природи.

Значну екологічну небезпеку може створювати також не раціональне використання органічних залишків виробництва і життєдіяльності людей.

Тому на тлі зростання кількості населення планети Земля вкрай актуальним стає проблема пошуку новітніх шляхів забезпечення зростаючих потреб людства у продуктах харчування, в тому числі через інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва. Значним резервом в цьому є застосування технологій переробки органічних відходів на речовини, придатні для використання в якості своєрідних добрив, добавок та стимуляторів росту і розвитку сільськогосподарських рослин.

Одним із багатообіцяючих і новітніх для України методів переробки органічних відходів може розглядатися технологія вермикомпостування, що представляє собою безпечну та прийнятну для оточуючого середовища біотехнологію переробки і утилізації органічних рештків за участю черв'яків. Реалізація цієї технології потребує єдиного - це забезпечення процесу вермикультивування, тобто розмноження дощових черв'яків (*Eisenia fetida*) або одержання їх біомаси на базі органічного субстрату. Вермикомпостуванню можуть піддаватися будь - які органічні відходи виробництва та життєдіяльності людей, а продуктом такої переробки (вермикультурою) стають гумус та біомаса гнойових черв'яків[19].

Перший, кому на думку спала ідея культивування гнойових черв'яків, був американський лікар Томас Баррет, який працював в Каліфорнійському університеті. У 1959 році він створив ферму, де розводив дощових черв'яків, для переробки будь - яких видів органічних відходів. Його експерименти були вдалими і скоро у низці країн світу (США, Німеччині, Японії, Франції, Китаї та безлічі інших) почали не лише активно вивчати способи культивування дощових черв'яків, а й розпочали створювати лабораторії і ферми для їх вирощування у промислових масштабах [12].

Значний вклад для створення вітчизняної ґрунтової зоології зроблено дослідженнями В.В.Докучаєва, який вважав, що ґрунти - це "четверте тіло природи" і зробив із ґрунтознавства самостійну природничу науку, яка має окремий характерний об'єкт і методи дослідження.

За останні 30-50 років у нашій країні було написано мало професійної літератури з дослідження вермикультури, але наукові дослідження компостних черв'яків та розробки біотехнологічних способів для переробки органічних відходів отримали значного поширення.

Вермикомпостування вже давно переросло етап наукових розробок, бо в багатьох країнах світу воно широко застосовується (США, Німеччині, Китаї, Франція та в інших країнах ЄС і Азії) і стало основою прибуткового бізнесу, який зберігає нашу планету та продовжує їй і нам хвилини життя [17].

Вдосконаленням технологій вермикультури у наш час займається велика кількість вчених і цілих наукових центрів у багатьох країнах світу, що свідчить про актуальність та практичну важливість проблеми і наявність багатьох питань, що ще потребують рішення [14].

**Мета роботи.** Оцінити ефективність використання різних харчових відходів, як компонентів органічного субстрату, для процесів вермикультивування та вермикомпостування.

Для досягнення даної мети були поставлені наступні **завдання**:

1. Дослідити світовий та вітчизняний досвід вивчення та використання вермитехнологій при вирішенні екологічних та аграрних проблем.
2. Оцінити ефективність переробки різних харчових решток гнойовими черв'яками *Eisenia fetida* в умовах лабораторного експерименту.
3. Провести порівняльний аналіз ефективності використання різних харчових решток і перегною корів у процесах вермикультування та вермикомпостування.
4. Визначити напрямок використання отриманих результатів досліджень в процесі роботи загальноосвітньої школи.

**Об'єкт дослідження.** Ефективність процесів вермикультивування та вермикомпостування при використанні різних харчових відходів.

**Предмет дослідження.** Різні види органічних харчових відходів, черв'яки виду *Eisenia fetida* та отриманий в результаті вермикомпостування біогумус.

**Методи досліджень.** При виконанні роботи використовувались наступні методи досліджень: аналізу літератури, опису, порівняння, спостереження, індукції та дедукції, класифікації, узагальнення та моделювання, математико – статистичної обробки експериментальних даних.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що в роботі, на основі отриманого аналізу ефективності використання різних органічних харчових відходів, запропонована до впровадження конкретна технологія переробки певних харчових відходів з отриманням біогумусу. Результати досліджень можуть також використовуватися в практиці роботи загальноосвітньої школи для підготовки та проведення уроку з курсу біології тварин в 7 класі за темою «Різноманітність тварин». Отримані результати сприятимуть вихованню в учнів любові до природи та елементів творчого підходу до раціонального природокористування та охорони навколишнього середовища.

**Апробація результатів магістерської роботи.** Основні положення та результати наукових досліджень, апробовані тези// А.О.Рабаєва, І.П.Антонік **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ У ПРОЦЕСАХ ВЕРМИКУЛЬТИВУВАННЯ ТА ВЕРМИКОМПОСТУВАННЯ .** на Міжнародній науковій конференції EAS "БЕЗПЕКА ЛЮДИНИ У СУЧАСНИХ УМОВАХ" (Харків, Україна, 7-8 грудня 2023 р.).

**Структура роботи** обумовлена поставленими завданнями та складається з вступу, чотирьох розділів, шести підрозділів, висновків до кожного розділу та загального висновку, списку використаних джерел, що містять 40 найменувань. Загальний обсяг роботи 57 сторінок.

## ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ НАПРЯМКІВ ВЕРМИТЕХНОЛОГІЇ

### 1.1 Світовий та вітчизняний досвід вивчення та застосування процесів вермикультивування та вермикомпостування

Однією з найважливіших задач сучасної науки є максимальне збереження природних ресурсів. Значним резервом в цьому є впровадження технологій раціонального використання органічних відходів з перетворенням їх на корисні речовини.

Основною широко застосованою технологією переробки органічних відходів на цей час є біоконверсія. Однак ця технологія має ряд недоліків: висока енергоємність, наявність відходів та в певній мірі екологічно небезпечне виробництво. Наприклад, добрива створені з рештків та відходів тваринництва за технологією біоконверсії не можуть вважатися санітарно безпечними і екологічними, так як в їх складі залишаються патогенні мікроорганізми, насіння бур'янів, зберігається неприємний запах, що не виключає забруднення повітря, ґрунту і води азотовмісними речовинами [6].

На відміну від технології біоконверсії, вермитехнологія є значно більш екологічним та економічним процесом, що ще в двадцятому столітті було багаторазово доказано у США, Великій Британії, Японії та в інших європейських країнах[15].

Як вказувалося вище, вермитехнологія – це комплекс заходів, спрямованих на вирощування та використання гнойових черв'яків, які можуть жити у різних органічних субстратах, переробляючи органічні рештки в екологічно - органічний продукт (біогумус) [4].



Додавання біогумусу до складу сільськогосподарських ґрунтів сприяє підвищенню їх якості та родючості, збільшує продуктивність, екологічну стійкість та здатність до саморегуляції агроєкосистем [8].

Вермитехнологія проста в розумінні і використанні для людей, а за змістом і за наслідками застосування може вважатися екологічно чистим виробництвом.

Вермитехнологія включає два процеси :

- вермикультивування - розведення гнойових черв'яків;
- вермикомпостування - обробка органічних відходів черв'яками для отримання екскрементів компостних черв'яків – копроліту (біогумусу або вермикомпосту) - дорогоцінного органічного добрива.

Цілеспрямоване використання черв'яків для підвищення родючості земель має тривалу історію- Встановлено, що багато століть тому, люди вже знали про дивовижні якості черв'яків, їх здатність допомагати людству. Наприклад, у Єгипті 35 століть до н. е застосовували черв'яків виду *Eisenia andrei* для збагачення мулу з річки Ніл, що призводило до збільшення врожаю сільськогосподарських культур. Через вказані властивості цих черв'яків єгиптяни цінували та шанували їх, вважали, що вони є святими тваринами і не дозволяли їх вивозити з країни [5].

Ще в 345 році до н. е Аристотель писав , що земляні черв'яки є «кишківником Землі», бо вони пропускають через свій кишківник землю, рослинні та органічні речовини [3].

За сучасною класифікацією усі відомі черв'яки або хробаки (лат. *Vermes* Linnaeus) згруповані в підрозділі царства тварин, що має назву Первиннороті. В цьому підрозділі всі черв'яки поділяються на три основні великі типи: круглі, плоскі та кільчасті і п'ять дрібних типів [8].

В нашій роботі мова йде про ряд родин кільчастих черв'яків, зокрема про (дощових) черв'яків (лат. Lumbricina) класу малоцетинкових (олігохетів), об'єднаних на підставі морфологічних властивостей включених в неї родин. Всього на цей час відомо близько 1450 видів дощових черв'яків [7].

Ґрунти, в яких живуть земляні черв'яки, дуже сильно пронизані ходами від їх переміщення. Лише один черв'як може прорити систему ходів, загальна довжина яких може становити від 3000-6000 кілометрів на гектар. Кожен з таких ходів зазвичай з'єднаний один з одним, при цьому обов'язково має декілька виходів на поверхню. На одному гектарі землі можуть розташовуватись до 250 тис. земляних черв'яків, які здатні переробляти до 6 тон і більше ґрунту на рік [26].

В Україні нараховують 55 видів та 5 підвидів земляних черв'яків, що належать до 5 сімейств: Moniligastridae, Megascolidae, Eudrilidae, Glossoscolecidae та Lumbricidae [20].

Учений І.Н.Титов розподілив відомі в Україні види земляних черв'яків три групи:

1. Фітофаги - харчуються рослинами та опалим листям.
2. Геофітофаги - харчуються рослинами, опалим листям, ґрунтом.
3. Геофаги - харчуються ґрунтом.

Об'єктом нашого дослідження стали черв'яки виду (*Eisenia fetida*), які відносяться до групи фітофагів, що в природних умовах мешкають на поверхні ґрунту в органічних відходах рослинних залишків: під деревами, у купі листя, яке розкладається або в купах гною. Рухатись та жити черв'яки цього виду можуть лише в верхньому шарі ґрунту та листовій підстилці. Їх ще називають «перетворювачами листової підстилки» або гнойовими хробаками. Черв'яки не мають постійних нір, все життя вони знаходяться в русі, створюючи нові ходи. Вони дуже рухливі, мають короткий життєвий цикл (від року до півтора), за розміром невеликі (3-6 см), здатні до швидкого

росту і розмноження. Черв'яки виду *Eisenia fetida* є індикаторами забруднення ґрунту важкими металами чи пестицидами. При надмірній концентрації вказаних забруднювачів кількість черв'яків значно зменшується.

Через те, що черв'яки виду *Eisenia fetida* живуть у верхній частині ґрунту, не створюючи глибоких нір і харчуються багатими на органіку продуктами - то їх легко вирощувати в штучних умовах.

На сьогодні до групи компостних черв'яків відносяться сім видів: *Lumbricus rubellus*, *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Eiseniella tetraedra*, *Dendrobaena rubida*, *Eudrilus eugeniae* і *Perionix excavatus* [13]. Але з усієї цієї групи черв'яки виду *Eisenia fetida* найчастіше використовують аграрії в комерційних цілях, завдяки тому, що вони легко адаптуються до великого спектру змін навколишнього середовища та різних видів кормів. Вони виживають у помірному та холодному кліматі (від 3 до 30 °C), протягом деякого часу можуть жити в органічному замороженому матеріалі. Вченими доведено, що яйця, що знаходяться в коконах, залишаються живими, будучи замороженими, протягом декількох тижнів [22]. Цей вид також найбільше вивчений у лабораторних умовах [14].

Перші спроби вирощування черв'яків промисловим способом були проведені вченими у 1930-х роках у Каліфорнії, але позитивні результати вони змогли отримати лише через 20 років, бо перші ферми з культивування черв'яків були створені на органічних відходах. Спочатку черв'яків із ферм продавали для риболовлі (як наживку для риб), а також як корм для тварин у зоопарку та лабораторії. Лише через декілька років учені дійшли висновку, що черв'яків можна використовувати ще й для виробництва біогумусу та біомаси черв'яків. Саме з цього періоду почався активний розквіт вермикультивування, як біотехнологічного напрямку сільськогосподарської науки.

На цей час у США нараховують близько 600 господарств, у яких органічні відходи переробляються на біогумус, за допомогою гнойових черв'яків [3].

Засновником такої методики як вермикультивування був Томас Баррет (1884-1975). У 1959 році він у замиському будинку створив ферму та почав займатись розведенням гнойових черв'яків *Eisenia fetida* для утилізації органічних відходів [10].

Згодом він дослідним шляхом встановив позитивний вплив черв'яків на якість ґрунту, на кількість та якість врожаю. Намагався передати свої знання фермерам, переконати їх у доцільності використання черв'яків в агровиробництві. У своїх статтях Баррет описував овочі, які збільшували свій об'єм за допомогою вермикомпосту. За допомогою цієї технології вчений виростив моркву, яка досягла 3 кілограмів, пастернак 2 кілограми, врожаї картоплі були понад 150 тонн на один гектар [36].

Завдяки здобуткам Томаса Баррета Велика Британія, Японія, Німеччина почали вивчати способи культивування черв'яків, будувати ферми для вирощування їх в промислових масштабах[32].

Франція – це країна, яка з перша з європейських країн почала досліджувати та впроваджувати технологію вермикультивування. На сьогодні вона досягла великих успіхів, бо по всій країні нараховують більше ніж 2 тисячі господарств, які займаються переробкою відходів за допомогою черв'яків. У них наявні не тільки ферми для вирощування, але й збутові ферми, які займаються продажем. Відходи поміщують у спеціальні біореактори для їх розщеплення, потім заселяють коконами черв'яків. При компостуванні в біореакторах пришвидшується дозрівання компосту. У такому вермикомпості значно збільшений вміст доступних для рослин азоту та фосфору.

Схожі ферми є і в Великій Британії, Німеччині, країнах Східної Європи: у Польщі, Угорщині, Чехії [2].

Багатий досвід вермикультивування мають і країни Азії (Японія, Китай, Філіппіни, Тайвань). Вони створили багато фірм, які постачають підприємцям обладнання, маточну культуру черв'яків, надають консультативну допомогу щодо їх розведення, організують збут біогумусу та корми з черв'яків.

Сьогодні у всьому світі велике значення приділяють органічному землеробству. Ця ідея активно поширюється, перетворившись вже на аналог філософського вчення, яке включає прагнення до життя в максимально можливій гармонії з природою, уважне ставлення до всіх природних компонентів та їх взаємозв'язків.

Учені країн, які почали використовувати нову біотехнологію в сільськогосподарському виробництві помітили, що дуже швидко почала збільшуватись врожайність та виробництво екологічно чистої сільськогосподарської та тваринницької продукції. Ця біотехнологія дозволяє в короткий термін збільшити родючість ґрунтів у 6-9 разів і в стільки ж скоротити посівні площі [1].

Найважливіша цінність людини – здоров'я. Для його збереження людині потрібно докласти певних зусиль: пити не менше 2 літрів води в день, спати 8-9 годин, споживати корисні, органічні продукти. Для отримання позначки «органік», продукти повинні обов'язково бути вирощені з мінімальною кількістю пестицидів, мінеральних добрив, регуляторів росту.

Для отримання «чистої» продукції, на полях замість мінеральних швидкорозчинних добрив використовують фізичні та біологічні методи: ультразвук, шум, світло, пастки, температурні режими [18]. При використанні таких методів врожайність знижується, але при цьому покращується якість продукції. Багато років таким бізнесом займалась

невелика кількість фермерських господарств, використовуючи різні компости.

Безпечним і екологічним добривом є вермикомпост. Про його властивості, користь, яку надає довкіллю, знають і використовують сучасні дослідники сільського господарства, дачники та фермери. Через корисні властивості, економічну вигоду та доступність, сьогодні можна дуже легко у будь-якому господарському магазині купити ґрунт, у складі якого буде вермикомпост [11].

Важливою ознакою, яка відрізняє вермикомпост від органічних добрив є те, що у ньому є багато водорозчинних форм азоту, фосфору та калію. Він має великий вплив в перший період росту та розвитку рослин.

Біогумус (вермикомпост) утворюється при утилізації органічних речовин (харчових відходів) за допомогою черв'яків. Головними характеристиками є висока кількість гумусу, низька кислотність, невелика кількість важких металів. Його використовують для покращення якості та кількості врожаю, для відновлення ґрунту при його деградації.

Вермикомпостування - це безвідходне виробництво. В основі цієї технології покладено можливість черв'яків споживати протягом життя органічні речовини та ґрунт. В організмі черв'яків харчові відходи подрібнюються, перетворюються, збагачуються поживними елементами, ферментами та мікроорганізмами [29].

Процес вермикомпостування триває 2 - 4 місяці. При цьому кількість черв'яків збільшується в 4-9 разів. Отриманий біогумус (вермикомпост) нагадує чорнозем, має чорний колір, розсипчастий без специфічного та неприємного запаху. Він у своєму складі містить до 31% гумінових речовин, які здатні покращувати ріст і розвиток рослин, збільшувати врожайність.

Поживні речовини , які знаходяться в ньому, є у вигляді доступних для рослин сполук. Біогумус немає в своєму складі патогенних мікроорганізмів, яєць гельмінтів, важких металів. Містить у собі корисні для ґрунту та рослин мікроорганізми. При додаванні біогумусу в ґрунт, вони розмножуються та заселяють всю площу, виділяють фітогормони, антибіотики, фунгіцидні та бактерицидні сполуки, які унеможливають ріст і розвиток патогенних мікроорганізмів. Це приводить до усування хвороб рослин та покращення якості ґрунтів.

Таке добриво легко та швидко засвоюється рослинами. Воно покращує властивості та якість ґрунтів, підвищує та збільшує врожайність продукції.

Узагальнюючи, можна відмітити наступні позитивні властивості біогумусу (вермикомпосту):

- відновлює родючість ґрунту;
- покращує ріст і цвітіння рослин , пришвидшує досягання плодів;
- збільшує витривалість при несприятливих умовах, бактеріальних та гнильних хворобах;
- збільшує відсоток виживання рослин;
- підвищує відсоток врожайності;
- перешкоджає накопичення важких металів, радіонуклідів, нітратів;
- допомагає вирощувати екологічний урожай [25].

Спостереження показують , що при застосуванні аграріями вермикомпостів прискорюється процес проростання насіння, знижується стрес від пересадки рослин, полегшується отримання ранньої продукції. Прискорюється швидкість зростання жита, зелених культур, коренеплодів. При використанні вермикомпостів покращується врожайність пшениці, буряків на 25%, овса на 35-50%, картоплі – 65-100%, овочів, фруктів – на 30%, редиски – на 35%.

Дослідження вчених показують , що 85 кг вермикомпосту можуть замінити за своєю цінністю 1 тону гною ВРХ [34].

Біогумус- це панацея для сільського господарства. Повністю безпечна для навколишнього середовища речовина, яка відновлює ґрунти і не шкодить довкіллю. Використання вермикомпостів екологічно та економічно вигідно.



## 1.2 Застосування результатів вермитехнологій в Україні та світі при вирішенні екологічних та аграрних проблем

Через велику кількість побутових та промислових органічних відходів, актуальним питання є їх безпечна переробка. Перевага в цьому питанні надається біотехнологічним процесам, зокрема компостуванню. Для компостування використовують такі матеріали, як папір, картон, харчові та садові відходи, опале листя, скошену газонну траву, відходи переробної, целюлозно-паперової, харчової та фармацевтичної промисловості та пивну дробину.

Пріоритетним напрямом є застосування вермикультури, тому використовують прості технології. Для них є характерним застосування ручної праці.

Застосування вермитехнологій має багато напрямів [31].

Одним із прикладів результативного використання технології вермикомпостування є проєкт «Город на даху», який почали втілювати в багатьох містах України.

Кількість новобудов із кожним роком невпинно збільшується, урбанізація домінує в степах та пустелях. Історично українці здавна займались землеробством, постійно вирощували продукти харчування. Через недостатню кількість робочих місць в селах, люди переїжджають в міста. З часом невзможі забути своє коріння, тому для цього будують городи на дахах.

Дахи — це велика, пуста, нічим не зайнята площа у місті. Чому вона повинна бути пустельною, якщо там багато сонячного проміння, цей простір можна перетворити на власний город.

Вирощування овочів, ягід та фруктів на дахах значно економить площу, створює енергоефективний будинок: влітку рослини захищають будівлю від спеки, а взимку від втрати тепла [35].

У Києві був проведений експеримент. Він був орієнтований на створення відтворюваної моделі сталого розвитку міської спільноти на прикладі 10-ти поверхового багатоквартирного будинку, в якому проживає 450 мешканців.

У цьому будинку було облаштовано город на плоскому даху, площею 1000 м<sup>2</sup>. Мешканці організовано сортували сміття. У підвалі будинку з органічних рештків за допомогою черв'яків отримували вермикомпост, який у подальшому використовували для вирощування рослин на даху.

Такий город покривав витрати на своє утримання дуже швидко. Мешканці будинку займались продажем вирощених на ньому саджанців, овочів та зелені. Нерозпродану продукцію залишали собі для їжі або роздавали продукти малозабезпеченим мешканцям будинку.

На прикладі цього експерименту було створено замкнуту маловідходну систему: харчові рештки – дощові черв'яки – вермикомпост – город – рослинна продукція [38].

Наступним напрямком використання вермитехнологій є космічна галузь. Дніпропетровщина - космічна столиця України. Для вдосконалення тривалих польотів і покращення життя на космічних станціях, використовують вермикультуру вже не один рік як компонент замкнутої екологічної системи космічного апарату для переробки органічних відходів.

Черв'яки є оптимальним об'єктом для космічних експериментів через маленькі розміри, короткий цикл індивідуального розвитку, високу плодючість, можливість перетворювати органічні рештки у добрива та тваринний білок. При довгих космічних експедиціях черв'яків використовують для переробки органічних відходів життєдіяльності космонавтів, харчових відходів, водоростей, целюлози та інших компонентів замкнутої системи космічного апарату для отримання органічного добрива, яке потім використовують як збагачений штучний ґрунт [21].

Ще одним із сучасних напрямків впровадження вермитехнологій є утилізація рештків пивного виробництва.

Велику долю харчових відходів у пивоварній промисловості займає пивна дробина. В Україні нараховують понад 50 пивних виробництв. Кожен рік накопичується велика кількість дробини, її вологість сягає 74-87%, характерною ознакою є високий вміст протеїну. На кожні 100000 л пива у середньому утворюється 2,2 т пивної дробини, якщо поррахувати за рік, то це становить близько 30000 т.

Більша частина українських пивзаводів утилізують пивну дробину (поза використання на корм тваринам) на полігонах в спеціальних котлованах і цей процес є екологічно шкідливим. Вже через три дні починаються процеси гідролізу та гниття дробини з виділенням в повітря отруйних газів, які мають дуже неприємний запах (скатолу, індолу, аміаку) [16].

Треба відмітити що пивні рештки природним шляхом повністю розкладаються тільки через 50 років. Перебуваючи у котлованах, гниль дробини тривалий час активно забруднює навколишнє середовище своїми випарами. Хімічні речовини, які виникають при розпаді дробини, проникають через нещільності котлованів у ґрунт та ґрунтові води, перетворюючи прилеглі землі на непридатні для використання в сільському господарстві на десятки років.

Для збереження природи та захисту навколишнього середовища доцільніше та економічно ефективніше використовувати пивну дробину як субстрат для вермикультивування та вермикомпостування.

В Україні значна кількість аграріїв та фермерів використовують черв'яків та продукти їхньої переробки у якості білкового корму в раціонах тварин і птиці. Єдиним стримуючим фактором для повного переходу усіх господарств на використання вермітехнологій є недостатня кількість фінансів та спеціального обладнання[40].

Діло в тому, що масштабне виробництво з вирощування та переробки черв'яків стає економічно вигідні тільки при впровадженні на відповідних заводах високотехнологічних методів.

В цілому можна констатувати, що на сьогодні в Україні рівень розвитку вермітехнологій дуже недостатній. Вирощені черв'яки та виготовлені на їх основі корма виробляються у невеликих обсягах та використовуються переважно маленькими фермами для годівлі птиці та тварин. Особливо часто користуються такими кормами господарства вільно-вигульного утримання тварин.

Українським вченим давно була цікава тема заміни звичайних кормів, таких як, рибне борошно чи соєвий шрот на борошно із черв'яків. Для детального аналізу цієї проблеми, проведено багато досліджень, одним із яких став експеримент, проведений в кінці двадцятого століття. Вчені дійшли висновку, що в раціоні птиці до 25% всієї потреби в протеїні може забезпечити борошно з черв'яків [23].

Схожий експеримент був проведений у 2019 році. Дослідники довели, що бройлери, яких годували кормом, в якому 5% комбікорму, замінили на борошно з черв'яків, показували кращі результати за живою та забійною масою, а також за відношенням спожитого корму до маси птиці [30].

Подібні дослідження були проведені на курях-несучках з вільно-вигульним утриманням птахів. Додавання у харчовий раціон цих птахів борошна з черв'яків позначилося суттєвим збільшенням несучості курей та маси яєць [39].

Наступним цікавим видом використання вермітехнологій в Україні є використання черв'яків як біоіндикаторів.

Біоіндикатори – це групи живих організмів, які реагують на дію подразників у природі затримкою розвитку або зміною морфологічних чи біохімічних ознак, по яких вчені роблять висновки про загальний стан організму тварин і про антропогенні зміни навколишнього середовища, наприклад, про зміни якості та склад ґрунту, про присутність та концентрацію шкідливих речовин, про наявність шкідливих мікроелементів.

Встановлено, що методами біотестування можна виявити до 75% хімікатів, які забруднюють воду та ґрунти [33].

Через постійне і не контрольоване використання аграріями мінеральних добрив або через не дотримання правил сівозмін забруднюються та виснажуються ґрунти, тому практично важливим є проведення постійного контролю їх стану для чого оптимальним та доступним методом є біотестування. В основі цього методу лежить визначення впливу токсикантів на черв'яків в природних умовах за критеріями зміни поведінки, фізіологічного стану та біохімічного складу.

Біотестування також часто використовують для визначення якості і токсичності стічних вод, для визначення дієвості технологій очищення стоків та при встановленні граничних концентрацій забруднюючих речовин. На відміну від традиційних методів фізико-хімічного аналізу води, біотестування є більш чутливим методом, так як дозволяє виявляти дуже малі концентрації екоотоксикантів чи нестійких сполук [9].

За допомогою біотестування черв'яками можна оцінювати також токсичність ґрунту. Наприклад, наявність у листяній підстилці пестицидів і важких металів припиняє розмноження черв'яків чи приводить до їх повної загибелі [6].

У 2020 році вчені із США провели дослідження і дійшли висновку, що черв'яки не розвиваються у ґрунті, в якому є залишки пластику. У дослідженнях використовували дощових черв'яків *Aporrectodea rosea*, що мешкають у верхніх шарах ґрунту [37].

Експеримент полягав в тому, що вчені змішали ґрунт з частками поліетилену, отриманих шляхом подрібнення пляшок- з під миючих засобів і упаковок харчових продуктів. Під час дослідження було виявлено такі факти - через 30 днів у забрудненому ґрунті гнойові черв'яки втратили близько 4% маси тіла, а черв'яки, які знаходились у чистому ґрунті, додали до маси тіла 4%. В результаті дослідження було встановлено, що частинки

пластику подразнювали шлунково-кишковий тракт черв'яків, не дозволяючи всмоктуватись поживним речовинам, що і обмежувало їх ріст [7].

## Висновки до розділу 1

Вермитехнологія є новим, перспективним і ефективним напрямком безпечного для довкілля і людей, безвідходного перероблення органічних речовин, харчових відходів, паперу, картону, целюлози, пивної дробини і таке інше. Ця технологія основана на розведенні вермикультури –гнойових черв'яків в органічному субстраті, а ці черв'яків в свою чергу переробляють рештки органіки у вермикомпост (біогумус), який у подальшому використовується в якості повноцінного органічного добрива у сільському господарстві. Наукові дослідження, світова і вітчизняна практика застосування вермитехнології доказують її високу ефективність для забезпечення місцевих стійких агроєкосистем, збільшення врожайності та якості сільгосппродукції. В умовах України на цей час залишається ще немало проблем з впровадженням вермитехнології у практику роботи аграрного сектору держави, що відкриває широкі можливості для новітніх розробок в цьому напрямку.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Характеристика об'єктів дослідження

Об'єкт дослідження - черв'яки виду *Eisenia fetida* та вироблений ними вермикомпост. В якості субстрату для діяльності черв'яків були обрані поширені побутові органічні відходи (очистки моркви, картоплі, банана та перегній ВРХ).

*Eisenia fetida* називають – червоні каліфорнійські черв'яки, дощові черв'яки або гнойові черв'яки. Ці безхребетні тварини, мають невеликий розмір і масово живуть в верхніх шарах ґрунту, вони є одними із найдавніших та найчисленніших істот на нашій планеті. Загальні характерні ознаки черв'яків виду *Eisenia fetida* приведені у таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Характерні особливості черв'яків виду *Eisenia fetida*

Назва показника	Значення ознаки чи показника
Місце проживання	Живуть у поверхневих шарах ґрунту
Розмір	Невеликого розміру, від 3 до 6 см
Живлення	Рештки рослин, харчові відходи
Здатність до розмноження	3-4 кокона на тиждень
Термін життя	1–1,5 роки
Забарвлення	Червоні , червоно-коричневі
Представники	Гнойовий черв'як, болотний черв'як, малий червоний черв'як

За повною класифікацією черв'яків виду *Eisenia fetida* відносять до домену ядерні Eucaryota, царства тварин Animalia, типу кільчасті черви Annelida, надклас пояскові черви Clitellata, підклас малощетинкові черви

Oligochaeta, підряд дощові черви Lumbricina родина люмбрициди Lumbricidae. Гнойові черв'яки, як вказувалося вище, є фітофагами, тобто харчуються рослинним кормом, таким як коріння рослин, очистки з овочів та фруктів, опале листям [24].

Черв'яки виду *Eisenia fetida* є дуже рухливими істотами, здатні до швидкого росту і розмноження, мають характерну особливість – смугастість. Колір смуг буває різних відтінків від рожевого до червоного.

Гнойові черв'яки є сапрофітами, так як харчуються рослинними відходами. Переробляючи опале листя у підстилці на поверхні ґрунту та в кореневій зоні рослин, вони збагачують ґрунт своїми рештками, тому є незамінними ґрунтоутворювачами. Займаючи екологічну нішу редуцентів, черв'яки виду *Eisenia fetida* виконують важливу роль у природному кругообігу та у відтворенні родючості земель.

Розглядаючи будову тіла черв'яків виду *Eisenia fetida* (рис 2.1) можна

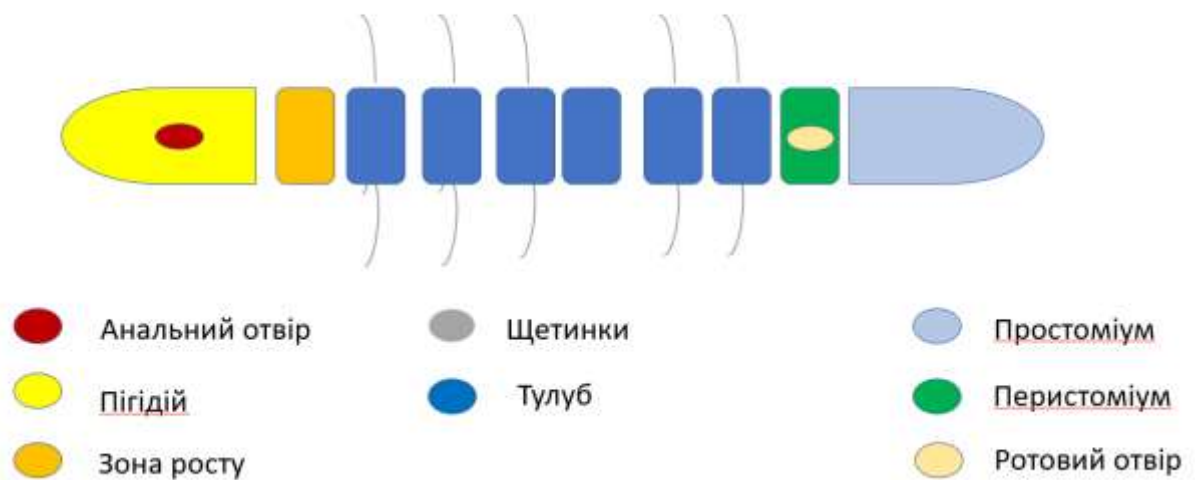


Рис.2.1. Будова тіла черв'яка *Eisenia fetida*

відмітити, що воно умовно поділяється на три основні відділи: простоміум, тулуб і пігідій. Тіло черв'яка побудоване з окремих сегментів - подібних часток, які розміщені одна за одною і вкриті загальним шкірно-м'язовим мішком. Якщо уважно придивитись, то можна побачити, що ззовні



сегменти відділені своєрідними перетяжками. Число сегментів залежить від виду черв'яків; у гнойових черв'яків, наприклад, може досягати 80- 150 сегментів. Зовнішній вигляд дорослого черв'яка виду *Eisenia fetida* приведено на рис. 2.2



Рис.2.2. Зовнішній вигляд гнойового черв'яка

У передньому кінці тіла розташований мозок — простоміум. На задньому кінці тіла (пігидії) розташований анальний отвір. Перший сегмент, що розташований за простоміумом, має назву перистоміум, на вентральній поверхні якого розташований ротовий отвір [27].

Простоміум і пігидії зовні дуже схожі на сегменти, але ними не є, бо створені не із зони росту. Зона росту розташована перед пігидієм, там є парні ектодермальні та мезодермальні телобласти. Це клітини поділу, які згодом диференціюються та дають початок новим сегментам. Збільшення розміру черв'яка відбувається через вбудовування нових сегментів у задньому кінці тіла. Цей процес називають телобластичним зростанням [28].

У окремих сегментах фізіологічні процеси проходять незалежно один від одного. Сегментація, наче багатоклітинність, створює підґрунтя для регіональної спеціалізації сегментів в процесі еволюції більш розвинутих тварин. Регіональна спеціалізація створюється за рахунок 3-ох процесів.

1) Певні органи розвиваються у певних сегментах і відсутні в інших. Прикладом є розташування гонад лише у задніх кільцях.

2) Аналогічні органи розвиваються у всіх сегментах, але у різних сегментах вони по різному морфологічно і функціонально диференційовані.

3) Злиття сегментів може бути двох типів - гомономною формою при якій однакова будову сегментів має місце по всій довжині тіла, або гетерономною формою, коли зливаються сегменти з різною будовою [30].

Шкірно-м'язовий мішок складається з колагенової кутикули, залозистого одношарового епідермісу, сполучнотканинної дерми та мускулатури. Волокна кутикули розташовані перехресно-спіралью, завдяки чому може зміцнюватися стінка, надаючи переливчастого блиску черв'яку. В епідермісі знаходяться залозисті клітини, які виділяють слиз, який допомагає черв'якам пересуватися у ґрунті, захищає їх тіло від пошкоджень і допомагає укріплювати стінки їхніх нір [4].

Зовні тіло черв'яків має мікроросинки, які покриті глікокаліксом і розташовані над кутикулою. Їхньою функцією є покращення та пришвидшення руху [33].

Гнойові черв'яки є кільчаками, тобто їх тіло побудоване з сегментів(кільця). У кожному кільці є два види щетинок: 2 дорсолатеральних і 2 вентролатеральних пучки. За допомогою кількості щетинок і їх форми визначають вид черв'яків.

Щетинки поділяють на прості та складні.

Прості мають вигляд тоненьких волосоподібних ниток, які рухомо з'єднані із зовнішнім скелетом.

Складні відрізняються наявністю з'єднання схожого на суглоб, який з'єднує дві частини щетинки, рухому дистальну і базальну. Вони мають форму крючка, загнуті, розташовані рядами.

Особливістю будови тіла черв'яків є наявність целому, тобто простіру між стінкою тіла та внутрішніми органами. Кожне кільце містить 2 целомічні мішки, відокремлені від сусідніх елементів сегментів поперечними септами, які побудовані з 2-ох шарів мезотелію. Перший шар належить попередньому, а другий наступному[13].

У Гнойових черв'яків є септи, тобто «перетинки» між сегментами. Вони ізолюють гідроскелет (виконує функцію підтримки форми тіла шляхом стиснення целомічної рідини у внутрішній порожнині за допомогою скорочення м'язових волокон. Целомічна рідина, яка розташована всередині м'язових стінок тисне на м'язи, які скорочуються долаючи цей тиск.)кожного окремого сегменту , що виникає при скороченні сегментарних м'язів [4].

Целомічна рідина, яка тече всередині м'язових стінок побудована з клітин цілоцитів. Вона допомагає запечатувати пошкодження, бере участь в імунній реакції, транспорту гемоглобіну, формує гідроскелет [2].

Целомічні порожнини вистелені війковим мезотелієм, який в свою чергу побудований з епітеліально-м'язових хлорагогених клітин, м'язової стінки тіла. Клітини мезотелію крім основної функції є центром, де утворюється та запасється глікоген та жир.

Організм черв'яків *Eisenia fetida* має кровоносну, травну, нервову, видільну системи та систему розмноження.

Кровоносна система черв'яків замкнута, складається зі спинної і черевної судини та їх відгалужень. По спинній судині кров тече вперед, а по черевній – назад, за допомогою стінок судин, які своїм скороченням рухають кров по всьому тілу черв'яка. У кожному кільці кров циркулює з черевної судини в спинну по капілярам, що розташовані в стінці тіла[19].

У складі крові наявний гемоглобін , який є дихальним пігментом кільчастих черв'яків. Поглинання кисню з атмосфери відбувається поверхнею тіла, окремих спеціалізованих органів дихання немає.

Травна система представлена прямою трубкою, яка починається ротовим отвором на вентральній стороні перистоміуму і закінчується

розташованим на пігидії анальним отвором. Вздовж травної трубки умовно виділяють ротовий отвір - глотку - стравохід - зоб (де, перш за все, скопи чуються, формуються та змочуються грудочки їжі) - м'язовий жувальний шлунок ( тут їжа перетирається за допомогою скорочення стінок шлунку). Подрібнена їжа далі переходить у кишку, де відбувається перетравлення їжі за допомогою травних соків, а також всмоктування в порожнину тіла і далі у кров поживних речовин. Неперетравлені рештки їжі виводяться з організму через анальний отвір[30].

Нервова система складається з навкологлоткового кільця, червеного нервового ланцюжка та нервів, що відходять до різних органів. Вони проникають у стінки, іннервують мускулатуру, сенсорні структури кожного сегменту, до яких відносяться фото-, хемо- і механорецептори, розміщені по всьому тілу.

Видільна система побудована з метанефридій (звивистих трубочок, розміщених по 1 парі в кожному сегменті). Продукти виділення виводяться на зовні через ці звивисті трубочки, які переходять у порожнину наступного сегмента і потім відкривається у зовнішнє середовище.

Черв'яки мають добре розвинуту регенеративну функцію. При пошкодженні частини черв'яка, тіло може відновитись, за умови, збереження одного із гангліїв. Задня частина тіла відновлюється повністю, але кількість нових сегментів не буде збігатись з початковим. Під час відновлення черв'яки втрачають можливість рухатись, чим активно користуються, наприклад, кроти, відгризаючи передню частину тіла черв'яків і накопичуючи такі живі трупи у своїх норах про запас [4].

Гнойові черв'яки є гермафродитами. Схема циклу розвитку черв'яків *Eisenia fetida* приведена на рис. 2.3 . Для створення потомства два в

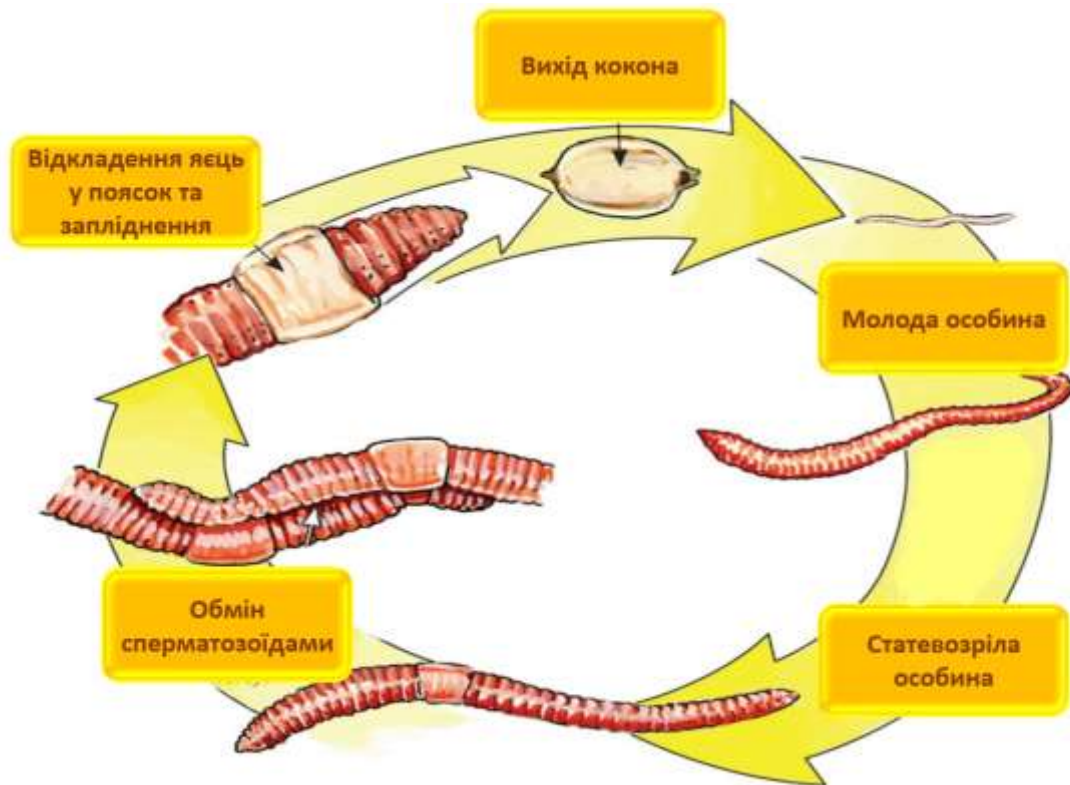


Рис.2.2.Цикл розвитку каліфорнійського (гнойового) черв'яка

представники шукають один одного за запахом. Запах виникає коли черв'яки стають статевозрілими, на рівні тридцять п'ятого сегменту утворюється залозистий поясок в якому активно розвиваються насінники. Потім черв'яки з'єднуються головними кінцями за допомогою клейкої рідини з муфти. Далі поясок одного черв'яка розташовується навпроти насінника іншого, і навпаки. Насіннева рідина 1-го черв'яка потрапляє в насінні канали та проходить 2-го червяка. Через тиждень- два у них дозрівають яйцеклітини, муфта сповзає на передній кінець. Насіннева рідина, яка була отримана від іншого хробака «обприскує» власну яйцеклітину. Після цього муфта сповзає з головного кінця тіла хробака, замикається в кокон, де дозрівають запліднені яйця.

З 1- го яйця утворюється 1 черв'як. Цей процес займає два - три тижні після запліднення. Черв'яки при народженні сягають 1-2 см, і негайно починають шукати їжу для швидкого зростання. Статевозрілими молоді черв'яки стають через два - три місяці.

Саме Каліфорнійських (гнойових) черв'яків найбільш часто використовують у вермикультивуванні та вермикомпостуванні. Цей вид є дуже популярним, бо навіть при високій щільності популяції, він витривалий до широкого спектру факторів навколишнього середовища (температури, кислотності та вологості).

Характерними особливостями гнойових черв'яків, сприятливих для їх використання у вермикультивуванні та вермикомпостуванні є:

- швидкість розмноження – 8- 10 черв'яків на тиждень.
- вихід із кокону - у середньому через 22-24 дні.
- статевозрілими черв'яки стають через 40-55 днів після народження [17].

Для успішного впровадження процесу вермикультивування треба дотримуватись певних вимог.

Першим вагомим фактором є температура. Черв'яки можуть зручно себе почувати у великому діапазоні температури - від 5 до 30 ° С. При підвищенні температури понад тридцяти градусів (у висушеному ґрунті), черв'яки переходять в стан літньої сплячки, такий етап життя вчені порівнюють із зимовою сплячкою ведмедів.

Прокидаються черв'яки, коли зменшується температура ґрунту і він стає вологішим. У природніх умовах найчастіше це відбувається навесні. А при зниженні температури (менше +5°), черв'яки заглиблюються в незамерзлу ділянку ґрунту та впадають в режим самозбереження та очікування. Коли температура підвищується до 15°С, черв'яки стають активними через декілька днів. Для вирощуванні черв'яків в промислових умовах - найкращим діапазоном є температура від 15 до 27 °С. Якщо температура ґрунту в ящиках інкубаторів стає занадто високою, то є великий ризик загибелі черв'яків, тому необхідно охолоджувати ґрунт, шляхом додавання води або зменшування кількості внесення відходів у субстрат.

Вологість. Оптимальна вологість ґрунту 70-80%, що відповідає вмісту води в організмі черв'яків. Ґрунт повинен бути розсипчастим, не сухим і не перезволоженим, злипатись в одну грудку. Не можна розташовувати ящики з черв'яками на сонці під прямим сонячним випроміненням, тому що це призведе до підвищення температури, перегріву та загибелі черв'яків.

При надмірній кількості вологи можлива ймовірність неприємного запаху від ящиків. У таких випадках потрібно зменшити кількість харчових рештків, щоб черв'яки встигали їх перетравлювати. Велика кількість вологи є дуже шкідлива для черв'яків, що спричиняє їх швидку загибель через недостатню кількість повітря.

Вологість нижче 30-35% приводить до уповільнення росту і розвитку черв'яків, а при вологості менше 23% вони гинуть за 1 тиждень [40].

Наявність повітря. Черв'яки дуже витривалі тварини, які здатні вижити при невеликому вмісті кисню в субстраті. В літературі описані випадки виживання їх у воді при наявності в ній розчиненого кисню. Рівень кисню зменшується при надмірному поливі або при внесенні великої кількості органічних решток. Для збереження рівня кисню необхідно зменшувати кількість поливів, припиняти вносити корм та перевертати ґрунт не менше ніж 1 раз на 2-3 тижні.

Кислотність. рН ґрунту може бути кислим (1–6), нейтральним (7) або лужним (8–14). Оптимальний рівень кислотності для черв'яків від 4,1 до 8,0. При промисловому виробництві оптимальним показником кислотності вважають рН від 6,7 до 7,3.

Для визначення кислотності використовують декілька методів. Наприклад, застосування лакмусового папірця чи рН метру. Кислотність потрібно перевіряти 1 раз на тиждень, заглиблюючись на 10-15 см в субстрат, а 1 раз на місяць потрібно перевіряти весь субстрат.

При підвищеній кислотності потрібно додавати в ґрунт вапно і обов'язково ретельно перемішувати, а при низькій рН додають мох. Для кращого результату використовують мох з торф'яних покладів, але якщо

такого немає в наявності, то використовують і лісовий мох). Вносять його до тих пір, поки кислотність не збільшиться до 6,8-7,2 [40].

Дотримання вказаних вище рекомендацій буде сприяти до стрімкого зростання та розмноження черв'яків, швидкого перетворення решток, підвищення ваги черв'яків.

Треба відмітити, що всі види черв'яків дуже чутливі до кількості аміаку в ґрунті і при перевищенні його норми, вони гинуть. Аміак наявний в органічних рештках або у свіжій підстилці свійської птиці.

Під час покращення якості ґрунту аграріями, особливо навесні, шляхом внесення безводного аміаку, властивості ґрунту змінюються підвищується концентрація аміаку та амонію до 1000-3000 мг / кг та збільшується рН до 9-9,5. Це призводить до тимчасової стерилізації ґрунту оброблених ділянок.

На життєздатність черв'яків також сильно впливає кількість неорганічних солей у ґрунті, при їх надмірній кількості - черв'яки можуть загинути[26].



## 2.2 Методика дослідження

Термін проведення експерименту 1 місяць.

Перед початком досліджень було обрано місце, де будуть вирощуватись черв'яки. Були обрані невеликі ящики із пластику, висотою 30 см, шириною 60 см і довжиною 90 см. Перевага була надана саме пластиковим ящикам, через їх легку вагу, нездатність до гниття та зручне транспортування.

Знизу ящиків було зроблено 10-12 отворів для аерації і дренажу. Якщо в субстраті наявна велика кількість вологи - робили додаткові отвори. Ящик встановлювали на дерев'яних опорах, а знизу розміщували піддон для накопичення рідини –рідкого добрива.

Контейнери зверху прикривали картоном, тканиною, плівкою чи спеціальними кришками, щоб не допустити прямого потрапляння сонячного світла на черв'яків [6].

Наступний крок: підготовка субстрату шляхом закладання його у велику ємність і заливання водою до повного занурення. У замоченому стані субстрат необхідно залишити для накопичення води на 4 - 24 години, залежно від компонентів. Після цього воду вилили, субстрат перекидали у ящик, злегка розпушити. При швидкому підсиханні субстрату його періодично зволожували водою.

У ящики були поміщені субстрати, які у своєму складі містили різні види харчових рештків, таких як: очистки з картоплі, шкірка банана, очистки з моркви, гній ВРХ, що частково перепрів. Кожен з харчових рештків був змішаний з торфом (рН 5,5) у співвідношенні один до одного. Перед додаванням у торф, харчові рештки подрібнювались прискорення розкладання. Зовнішній вигляд контейнеру для вирощування гнойових черв'яків з різними харчовими рештками показано на рис. 2.3.

Для порівняльного експерименту були обрані чотири суміші субстрату, а саме:

- №1 торф (200 г) + гній ВРХ (200 г);  
№2: торф (200 г) + очистки з картоплі (200 г);  
№ 3: торф (200 г) + шкірка банана (200 г);  
№ 4. торф (200 г) + очистки з моркви (200 г).



Рис.2.3.Контейнер для вирощування гнойових черв'яків з різними харчовими рештками

У кожний відсік контейнеру розміщували по 20 молодих, статеві незрілих (без поясків) гнойових черв'яків, попередньо вимірявши їх масу. Вихідні дані маси черв'яків, що розміщувалися у кожному із контейнерів приведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

## Середня вага черв'яків (г)

№ і склад контейнера	Кратність досліду	Кількість черв'яків, шт.	Маса черв'яків, поміщених в контейнер (г)	Середня маса одного черв'яка (г)
1. Торф+ гній ВРХ	1	20	5,20	0,26
	2	20	4,52	0,23
	3	20	4,0	0,20
2. Торф + очистки з картоплі	1	20	4,35	0,22
	2	20	4,58	0,23
	3	20	4,2	0,20
3. Торф + шкірка банана	1	20	4,11	0,21
	2	20	4,75	0,24
	3	20	3,52	0,18
4. Торф + очистки з моркви	1	20	4,15	0,21
	2	20	4,0	0,20
	3	20	4,7	0,24

Відібрані для досліду черв'яки виду *Eisenia fetida* мали вік три тижні і довжину тіла 3 -3,5 см. ( вимірювання довжини тіла черв'яків показано на рис 2.4).



Рис.2.4. Вимірювання довжини тіла черв'яків виду *Eisenia fetida*

«Робота» черв'яків над переробкою субстрату у кожному контейнері тривала 30 днів при цьому з кожним видом субстрату проводилось по три досліди.

Ефективність процесу вермикультивування наприкінці експерименту оцінювали за такими параметрами:

- кількість та середня маса черв'яків;
- кількість коконів.

Ефективність процесу вермикомпостування оцінювали у % виходу копроліту.

Визначення ваги копроліту проводилось після виймання з субстрату черв'яків та коконів. Ємності з переробленим субстратом підсушували до рівня вологості 55%. Після підсушування перероблений субстрат просіювали через дрібне сито, внаслідок чого копроліт був відокремлений від неперероблених черв'яками залишків субстрату

Кількість черв'яків та коконів рахували після вилучення із субстрату. Після очищення черв'яків та коконів від залишків субстрату, їх зважували для визначення маси тіла, а також визначали зміни довжини тіла.

## Висновок до розділу 2

В природних умовах гнойові черв'яки харчуються рештками з овочів чи фруктів, опалим листям. Ці черв'яки невеликі за розміром, до (3-6см), мають червоний колір, дуже рухливі, швидко ростуть і розмножуються, мають характерну особливість – смугастість.

Експеримент проводився 30 днів. Вирощувались черв'яки у ящиках із пластику. Знизу ящиків було зроблено 10-12 отворів для аерації і дренажу та розміщували піддон для накопичення рідини –рідкого добрива.

Контейнери зверху прикривали картоном. Субстрат заливали водою до повного занурення та залишили для накопичення води на 4 - 24 години, потім воду вилили, субстрат розпушили.

У ящики з торфом 1:1 помістили харчові рештки: очистки з картоплі, шкірка банана, очистки з моркви, гній ВРХ, що частково перепрів.

У кожний відсік контейнеру розміщували по 20 молодих гнойових черв'яків, попередньо вимірявши їх масу.

Через 1 місяць визначали ефективність процесу вермикультивування та ефективність процесу вермикомпостування оцінювали у % виходу копроліту.

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН ГНОЙОВИМИ ЧЕРВ'ЯКАМИ РОДУ *Eisenia fetida*

### 3.1 Виявлення впливу різних видів харчових решток на вермикультивування та вермикомпостування

В результаті досліджень було встановлено, що в торфі з банановою шкіркою та з очистками з моркви, мав місце незначний відсоток смертності черв'яків, тоді як в інших субстратах цього не відбулося. Можна припустити, що субстрати з банановою шкіркою та з очистками моркви були недостатньо підготовлені або містили якісь несприятливі (токсичні) речовини.

У процесі визначення зміни маси тіла черв'яків (див. рис. 3.1) встановлено, що за один місяць експерименту черв'яки значно збільшили

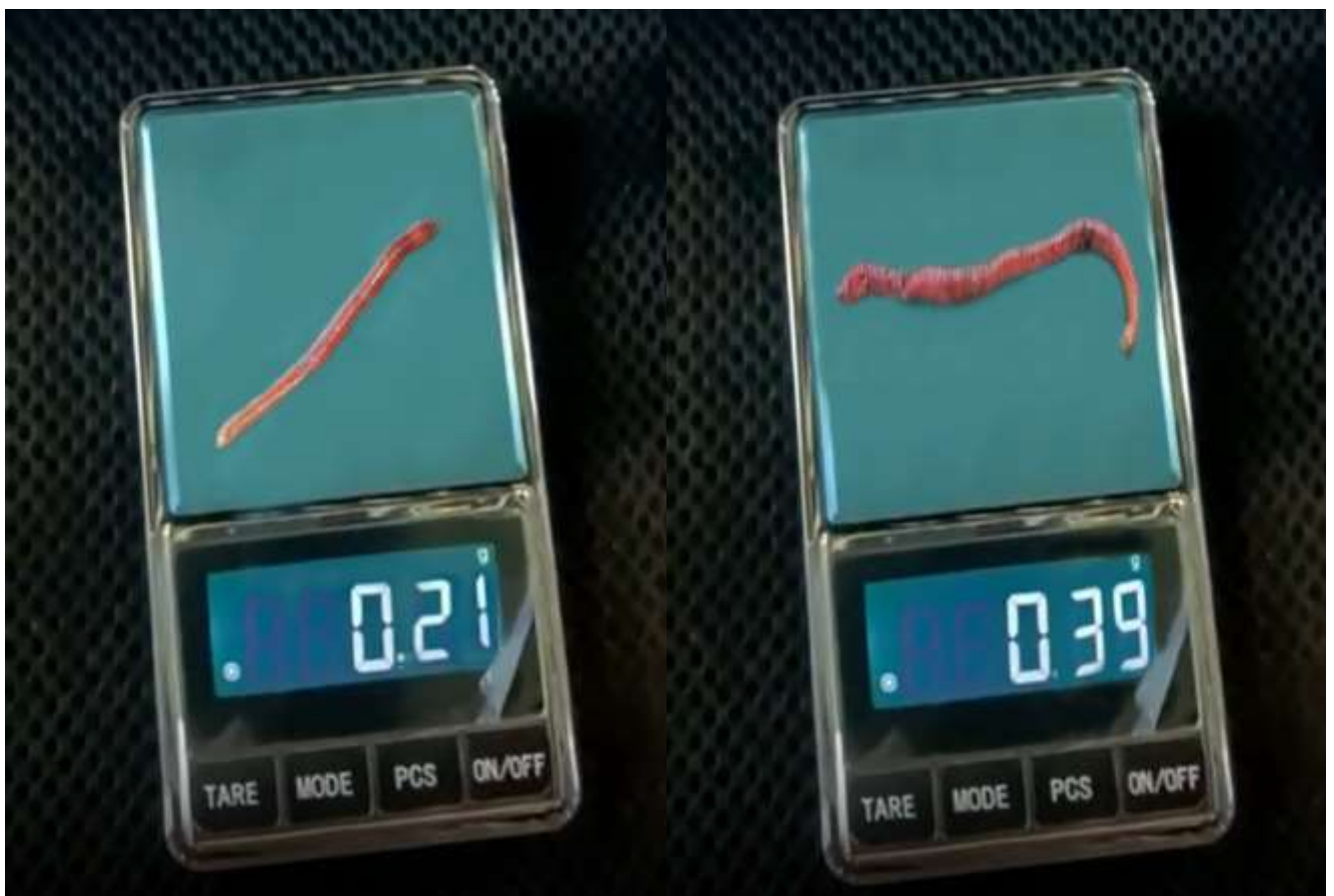


Рис.3.1. Вага одного черв'яка до та після дослідження своєю масу тіла практично в усіх субстратах (табл. 3.1), але найбільший приріст маси тіла встановлено для субстратів з гноєм ВРХ та з очистками картоплі (див рис. 3.2)

Таблиця 3.1

Вага черв'яків, які були поміщені в ящики з субстратами

Вид субстрату	Кількість черв'яків (шт.)		Вага черв'яків(г)		Середня Вага одного черв'яка(г)	
	Початок дослідду	Кінець дослідду	Початок дослідду	Кінець дослідду	Початок дослідду	Кінець дослідду
1.Торф + гній ВРХ(контроль)	20	23	4,57	15,31	0,23	0,76
1. Торф + очистки з картоплі	20	21	4,38	12,16	0,22	0,61
2.Торф + шкірка банана	20	19	4,12	7,76	0,21	0,39
3. Торф + очистки з моркви	20	17	4,28	10,55	0,22	0,53

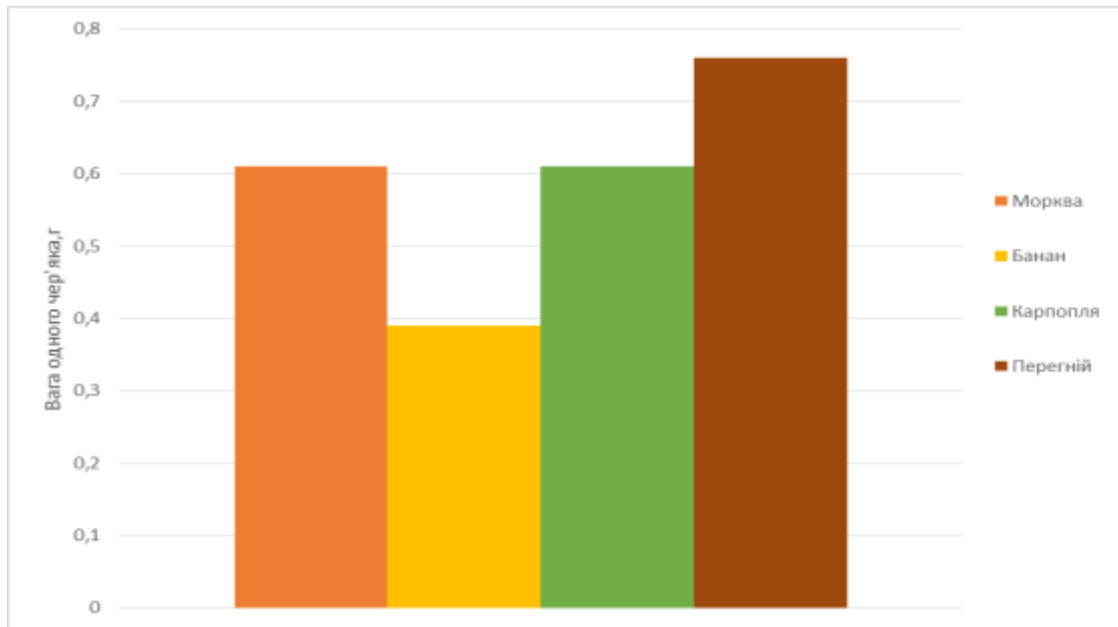


Рис. 3.2. Вплив різних харчових рештків на біомасу гнойових черв'яків

На підставі результатів досліджень і обробки отриманих даних зроблені наступні висновки:

- середня вага 1-го черв'яка збільшилась приблизно у три рази у всіх поживних середовищах, окрім субстрату, в який була поміщена шкірка банана.

- середня маса 1-го черв'яка у контрольному зразку (торф + гній ВРХ) збільшилася втричі як і в торфі з картоплею та морквою. У торфі з шкіркою банана спостерігався приріст ваги в 2 рази.

Згідно отриманих даних можна зробити висновок, що підтримку нормального фізіологічного стану черв'яків можуть забезпечити очистки з картоплі і моркви.

Збільшена маса черв'яків відповідає масі черв'яків, які знаходились у традиційному субстраті (перегної ВРХ).

Щоб оцінити вплив субстрату на здатність до самовідтворення черв'яків, наприкінці досліду порахували кількість та масу коконів. Найбільше коконів було виявлено в контрольному зразку (торф+ гній ВРХ) (Табл.3.2).



Таблиця 3.2

Вплив різних харчових рештків на кількість та вагу коконів

Склад субстрату	К-сть коконів, (шт.)	Вага коконів(г)	Середня маса одного кокона (г)	К-ть молодих черв'яків
1.Торф + гній ВРХ (контроль)	78	1,09	0,014	0
2. Торф + очистки з картоплі	56	0,84	0,015	7
3.Торф+шкірка банана	23	0,25	0,011	0
4. Торф + очистки з моркви	26	0,31	0,012	0

Дані таблиці 3.2 свідчать, що найбільшу кількість коконів зафіксовано в експериментальному субстраті торф+ картопляні очистки . Сприятливість цього субстрату для росту і розмноження проявилась і в тому, що крім коконів було виявлено 7 молодих черв'яків.

В той же час у субстратах з очистками моркви та шкірки банана кількість коконів була у три рази менша, ніж у контрольному зразку. Для більшої наочності розподіл кількості коконів, що утворились у різних субстратах представлено у вигляді діаграми на рис. 3. 3

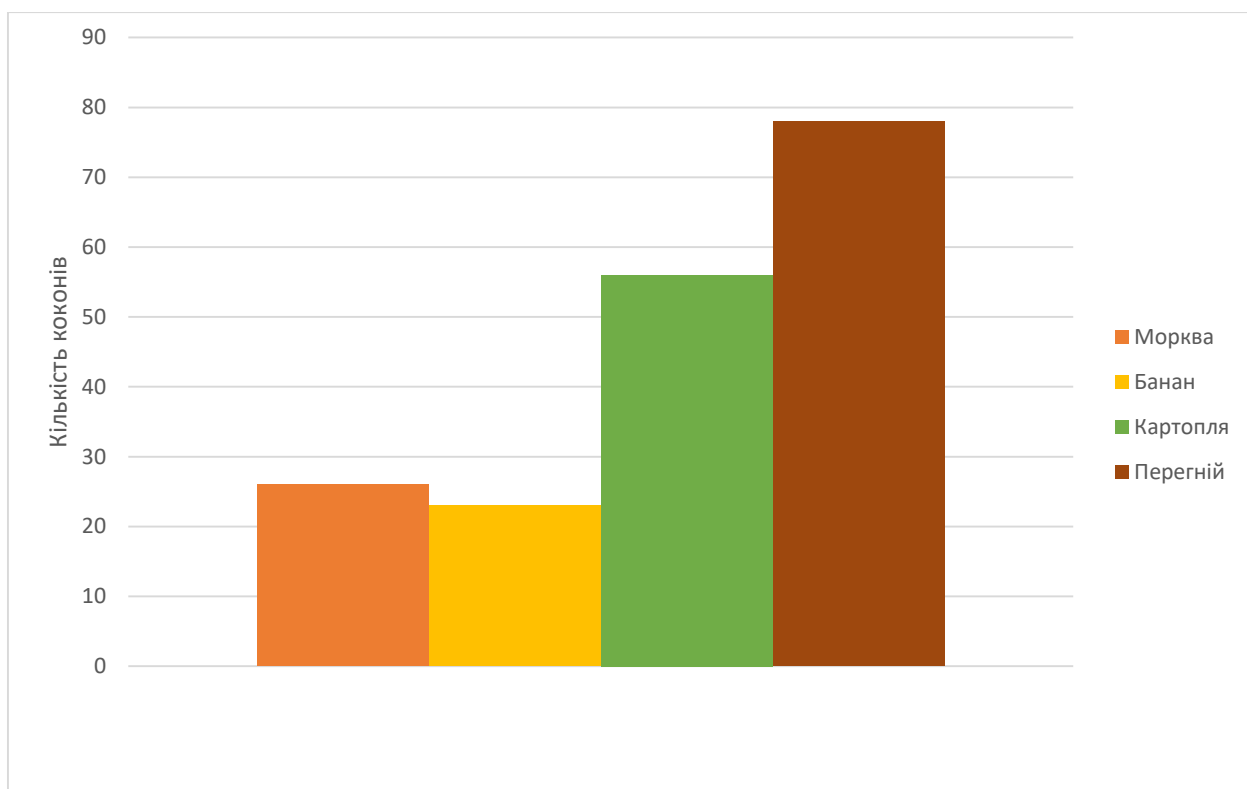


Рис.3.3. Вплив різних харчових відходів на кількість коконів черв'яків

### 3.2 Порівняльний аналіз ефекту від використання харчових решток з перегноєм корів у процесах вермикультивування та вермикомпостування

Показником ефективності вермикультивування є підвищення кількості черв'яків та їх ваги, а ефект процесу вермикомпостування оцінюється по виходу копроліту (біогумусу) – цінного органічного добрива.

Для порівняльного аналізу було просіяно копроліт з переробленого черв'яками субстрату та проведено його зважування. Отримані дані цієї частини досліджень представлені в таблиці 3.3 та на рисунку 3.4. Результати досліджень свідчать, що використання субстрату з домішками різних харчових решток сприяє збільшенню виходу копроліту, порівнюючи з застосуванням гною ВРХ. Найбільший вихід копроліту був у субстраті з очистками картоплі, а найгірший - у субстраті з очистками моркви.

Вихід біогумусу ( %) відносно всього об'єму субстрату в конкретній суміші визначали за формулою:

$$\frac{m(\text{біогумусу}) \times 100\%}{m(\text{субстрату})}$$

Таблиця 3.3

#### Вплив різних харчових решток на вихід біогумусу

Склад суміші субстрату	Маса субстрату (г)	Маса біогумусу (г)	Вихід біогумусу, % до субстрату
1.Торф + гній ВРХ	310	195	62,9
2.Торф + очистки з картоплі	225	170	75,5
3.Торф+шкірка банана	230	184	80
4.Торф+ очистки моркви	169	119	70,4

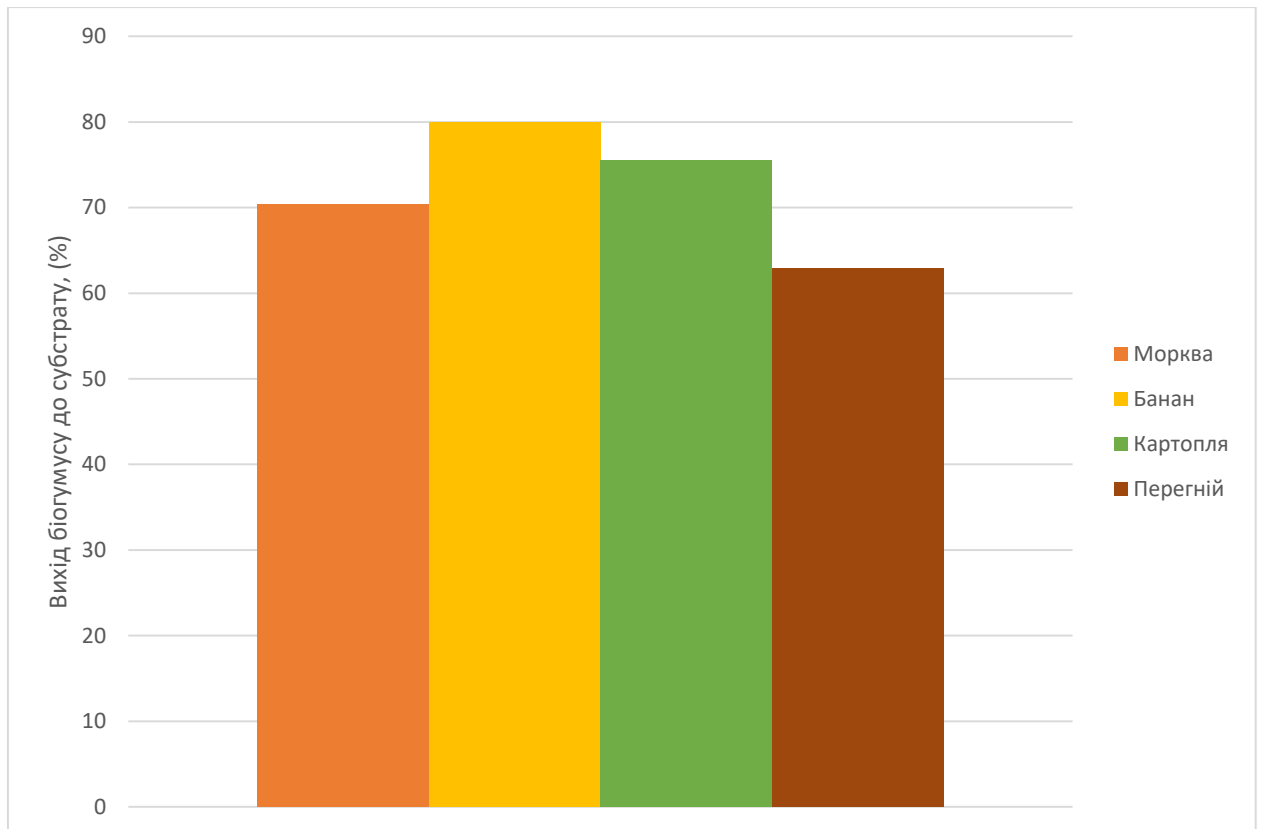


Рис.3.4. Вихід біогумусу до субстрату(%)

### Висновок до розділу 3

Таким чином, результати експерименту показали, що для підтримки високих показників плодючості черв'яків жоден із досліджених харчових відходів не забезпечує такого ж рівня харчування як традиційний субстрат – гній ВРХ. Тільки очистки з картоплі забезпечили показники плодючості черв'яків, які можна порівняти з контрольними.

Найкращий показник виходу копроліту спостерігався у субстратах з різними харчовими рештками, а найнижчий показник - у субстраті з гноєм ВРХ.

Харчові рештки, які використовувались у досліді, мають нижчу харчову цінність для черв'яків, тому вони поглинають субстрат швидше.

Субстрат з гноєм ВРХ має більшу поживну цінність, поглинається черв'яками менше, завдяки чому збільшується вага черв'яків і коконів, а не продуктів їх життєдіяльності (копроліту).

Можемо зробити висновок, що гній ВРХ найкраще підходить для вермикультивування, а харчові рештки (очистки з картоплі, моркви та шкірки з бананів) – для вермикомпостування.

Результати досліджень також свідчать, що використання харчових відходів (очисток картоплі, моркви та шкірки з бананів), як субстрату для розведення гнойових черв'яків, не можуть конкурувати з субстратом (торф + гній ВРХ), тому що менше сприяють зростанню маси та плодовитості черв'яків.

З усіх задіяних органічних відходів лише очистки з картоплі більш – менш наближаються гною ВРХ по ефекту впливу на показники біомаси черв'яків та їхньої плодючості.

**РОЗДІЛ 4.МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ  
ДОСЛІДЖЕНЬ В ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ  
“РІЗНОМАНІТНІСТЬ ТВАРИН” ШКІЛЬНОГО КУРСУ БІОЛОГІЇ (7  
КЛАС (РІВЕНЬ СТАНДАРТ)**

Швидкий приріст населення веде до збільшення кількості споживаної продукції, виснаження нашої планети.Актуальною проблемою сьогодення є збереження довкілля та відновлення природніх ресурсів.

Для виживання людини на планеті потрібно віднайти баланс між споживанням та відновленням природніх запасів. Наприклад, почати переробляти відходи життєдіяльності людини для очищення Землі та покращення життя людей.

Для цього необхідно формувати екологічну свідомість людей , починаючи з дитинства. Екологічна свідомість – це знання людей про природу, експлуатацію корисних копалин, усвідомлення небезпек, які можуть виникнути при виснаженні та забрудненні планети.

Для підвищення рівня екологічної свідомості необхідно впроваджувати практичні уроки біології по збереженню довкілля.

Щоб підвищувати рівень знань та постійно зацікавлювати та вмотивовувати учнів, пропонуємо план- конспект уроку з біології.

#### **План-конспект**

Практична робота

**Тема:** «Вплив різних харчових рештків на процеси вермикультивування та вермикомпостування.»

#### **Мета уроку:**

- *навчальна:* дослідити будову кільчастих черв'яків на прикладі гнойових черв'яків, визначити їх вплив на довкілля та життя людини.
- *розвивальна:* розвивати вміння в учнів спостереження за живими об'єктами.
- *виховна:* формувати в учнів екологічну свідомість.

**Обладнання і матеріали:** підручник, таблиці, гнойові черв'яки, лупи.

**Термін і поняття:** Кільчасті черви, поясок, сегменти, анальна лопать, шкірно-м'язовий мішок.

**Тип уроку:** урок формування та вдосконалення вмінь і навичок.

### **Хід уроку**

**I. Організаційний етап.** Привітання вчителя з учнями.

**II. Актуалізація опорних знань.**

Бесіда за питаннями:

1. До якого класу відносять гнойових черв'яків?
2. Що таке субстрат?
3. Назвіть екологічні чинники, які впливатимуть на життєдіяльність черв'яків.
4. Як ви думаєте, чому черв'яки виповзають на поверхню після дощу?
5. Чому вони живуть у ґрунті?
6. Чи можуть гнойові черв'яки харчуватись пластиком, поліетиленом, картоном?

**III. Мотивація навчальної діяльності учнів.**

#### **Слово вчителя**

Гнойові черв'яки безхребетні тварини із сегментованим тілом, у яких є вторинна порожнина тіла (целом), яка заповнена рідиною.

М'язи стінок тіла допомагають пересуватись черв'якам, а м'язи стінки кишечника, перистальтично скорочуючись, просувають їжу.

Тіло їх розділено поперечними перегородками. Сегменти діляться внутрішніми перегородками, що проходять через целом і мають назву септи.

Целом є опорою під час пересування та створення ходів. При скороченні кільцевих м'язів збільшується тиск на рідину целому, ~~чим~~ чим подовжується тіло тварини.

Гнійні черв'яки мають розмір від 3 до 6 см, живуть від 1 до 1,5 років, червоного чи червоно-коричневого кольору, мають характерну особливість – смугастість.

Гнойові черв'яки є сапрофітами, ця група тварин дуже важлива для екології. Вони переробляють рослинні відходи: опале листя на поверхні ґрунту у підстилці, так і в кореневій зоні, збагачуючи ґрунт, тому є незамінними ґрунтоутворювачами.

Біогумус — екологічно чисте добриво, утворене шляхом переробки органічних відходів рослинництва та тваринництва черв'яками.

Для пересування черв'як копає ходи, заковтуючи землю, вона проходить крізь кишечник, де з неї виокремлюються поживні речовини, після цього виводяться назовні маленькі кульки землі — копроліти.

#### **IV. Самостійне виконання учнями завдань.**

##### **Хід роботи**

*Таблиця 4.1*

1. Запишіть види кільчастих черв'яків, які ви зустрічали у своїй місцевості в таблицю.

Вид	Місце проживання	Особливості будови



2. Порахуйте кількість черв'яків та коконів, які знаходяться в ящиках з різними харчовими рештками(гній ВРХ, шкірка банана, очистки з моркви і картоплі)

3. Заповніть таблицю.

*Таблиця 4.2*

	Гній ВРХ	Шкірка банана	Очистки з моркви	Очистки з картоплі
К-ть черв'яків				
К-ть коконів				

4. Зробіть висновок, які харчові рештки найкраще підходять для підтримання нормального функціонування та розмноження черв'яків.

## **V. Узагальнення й систематизація результатів роботи**

### Вправа «Здобуті знання»

Учням пропонуємо записати на листочках - наліпках, що нового вони дізналися, що їм найбільше сподобалося, розповісти про свої враження від уроку.

## **VI. Домашнє завдання**

1. Скласти кросворд на тему «Черв'як».
2. Опрацювати параграф 9

Апробація практичного заняття проводилася з учнями 7-их класів Новомиколаївського ліцею № 1.

Після практичної роботи було проведено анкетування.

#### Анкета

1. Чи подобаються тобі практичні уроки з біології?
2. Ти знаєш, як проводити дослідження природних об'єктів?
3. Ти знаєш, яке значення гнойових черв'яків у природі?
4. Ти знаєш, яких черв'яків можна знайти у твоїй місцевості ?
5. Які екологічні чинники впливають на життя гнойових черв'яків?
6. Чи потрібно вивчати особливості життєдіяльності черв'яків?
7. Чи хочеш ти частіше виконувати практичні роботи такого напрямку?
8. Ти краще запам'ятовуєш матеріал на практичних уроках ?

В анкетуванні взяли участь 18 учнів.

Результати:

1. На практичних заняттях збільшився та пришвидшився об'єм запам'ятованої інформації.
2. Учніям дуже сподобався практичний урок. На рефлексії діти відмітили, що їх інтерес до занять зріс.

#### Висновок до розділу 4

Для збереження планети людству необхідно докласти багато старань. Дітей потрібно вмотивувувати, обґрунтовувати бережливе ставлення до природи з перших навчальних днів школі.

Практична робота дала можливість показати дітям, що вермикультивування та вермикомпостування - це технології, які кожна родина може впроваджувати в своєму господарстві. Тому ці методи дають можливість знайти різні підходи до вирішення екологічних проблем.

## ВИСНОВКИ

Узагальнення результатів дослідження: «Оцінка ефективності використання харчових відходів при процесах вермикультивування та вермикомпостування.» дозволяє зробити наступні висновки:

1. Мільйони років тому наші предки не замислюючись і не знаючи біологічної науки вже вивчали та розвивали процеси вермикультивування та вермикомпостування з залученням черв'яків у багатьох куточках нашої планети.

На сьогодні вермикультивування і вермикомпостування є популярним і вигідним напрямком бізнесу у багатьох країнах світу. В Україні ці технології також мають певне застосування, хоча залишається багато не вирішених проблем.

2. Перспективність широкого застосування вермикультивування і вермикомпостування полягає в тому, що ці технології дозволяють найкращим і найдешевшим способом вирішувати проблему переробки органічних побутових та промислових відходів у високоякісне органічне добриво з залученням культури дощових (гнойових) черв'яків виду *Eisenia fetida*.

3. В умовах лабораторного експерименту встановлено, що найкращі умови для життєдіяльності черв'яків (найбільше збільшення ваги черв'яків) спостерігалось в органічному субстраті, який містить відходи картоплі 12,16г та моркви 10,55 г; менш сприятливим є субстрат, що містить відходи очистки бананів 7,76г.

4. Найвищий показник виходу копроліту (біокомпосту) встановлено у субстратах, що містять відходи очистки бананів 80% і моркви 70,4% а найнижчий показник - у субстраті з гноєм великої рогатої худоби 62.9%. Вказане пояснюється тим, що харчові рештки, які використовувались у досліді мають для черв'яків нижчу харчову цінність, тому вони у більшому об'ємі переробляють субстрат. Субстрат з гноєм ВРХ має відносно велику

поживну цінність, поглинається черв'яками менше, завдяки чому збільшується вага черв'яків і коконів, а не продуктів їх життєдіяльності.

Для практичного впровадження вермикультивування (розведення черв'яків ) найкраще підходить субстрати з гноєм ВРХ, а для вермикомпостування (отримання біогумусу ) – субстрати з харчовими рештками (очистками картоплі, моркви бананів і таке інше).

5. Практичні заняття з біології в 7 класі занурюють учнів у вирій сучасних технологій, які можна впроваджувати в повсякденне життя. Зацікавлені діти на уроках швидше засвоюють матеріал, стають активнішими, ініціативнішими, більш цілеспрямованими.

Учні на практичних уроках з біології, навчаються дбати та захищати природу, шукати методи вирішення екологічних проблем.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабенко А. С. Перспективи використання вермикомпоста у захисті рослин / А. С. Бабенко, Ван Джа Нін :- 2010. - 1 (9). - С. 105-110.
2. Бездиль Р.В. Вплив складу субстрату на вихід вермикомпоста та біомаси штучної популяції *Eisenia foetida*/ Науковий вісник НЛТУ України. - 2015. - Вип.25.10. - 156-161с
3. Буцяк В.В. Використання біогумусу для підвищення родючості ґрунту і одержання екологічнобезпечної продукції / В.В. Буцяк // Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. Гжицького :зб. наук. праць. – Львів :Вид-во ЛНУВМБТ ім. Гжицького. – 2012. – Т. 14, № 2 (52). – Ч. 3. – С. 33-36.
4. Горбунов В. В. Дошові черв'яки для підвищення врожаю / В. В. Горбунів. - М.: Астрель, 2012. - 250 с.
4. Джакупова І. Б. Біогумус - екологічно чисте органічне добриво / І. Б. Джакупова, Г. А. Даутбаєва, Ж. Є. Шаїхова // Вісник Алматинського технологічного університету. - Алмати: Алматинський технологічний університет. - 2014. - № 2. - С. 55-58.
5. Євтушенко М. Ю. Технологія виготовлення стартового корму для риб із гібрида каліфорнійського черв'яка // Рибогосподарська наука України. 2011. № 3(17). С. 91—100.
6. Лінник М.К., Сенчук М.М. Технології і технічні засоби виробництва та використання органічних добрив:[монографія]/ за ред. доктора технічних наук, академіка НААН В.В. Адамчука. – Ніжин. Видавець П П Лисенко М.М., 2012. - 248 с
7. Лящов А. А. Ефективність використання різних субстратів при вермикультивуванні / А. А. Лящов // - 2013. - № 3. - С. 48-50.
8. Максимова С. Л. Добрива цінність різних добрив в органічному рослинництві / С. Л. Максимова, А. С. Васько // Вермикомпостування та вермикультивування як основа екологічного землеробства у ХХІ столітті:

- досягнення, проблеми, перспективи: зб. наук. тр. / ред. кільк. С. Л. Максимова [та ін]. - Мінськ, 2013. - С. 44-52.
9. Мельник І. П., Карпець І. П. Вермикультура як засіб виробництва біогумусу, кормового білка й оздоровлення навколишнього середовища. Івано-Франківськ, 2001. 71 с.
10. Нова українська школа: poradnik для вчителя / за заг. ред. Н. М. Бібік. Київ : Літера ЛТД, 2018. 160 с.
11. Сендецький В. М. Переробка органічних відходів у біогумус методом вермикультивування / В. М. Сендецький. // Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства УААН". – 2009. – №1. – С. 50–55.
12. Сендецький В. М. Технологічні аспекти переробки органічних відходів АПК методом вермикультивування / [В. М. Сендецький, Н. М. Колісник, І. П. Мельник та ін.], – Івано-Франківськ : Фоліант, 2010. – С. 53.
13. Ситник К.М. Біотичне різноманіття : сучасний стан, близькі та віддалені перспективи збереження, знищення та збагачення : Український ботанічний журнал, 2010. С. 26-32.
14. Скіп О. С., Буцяк В.І., Печар Н. П. Активність ферментації субстратів за різного кількісного співвідношення компосту з опалого листя та гною ВРХ у процесі вермикультивування *Eisenia foetida* // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького. – Львів, 2011. – Т.13, № 4 (50), Ч. 2. – С. 209–212.
15. СОУ 24.15-37-506:2007 Добрива органічні. Біогумус. Виробництво. Типовий технологічний процес: К. Мінагрополітики України, 2009.- 22 с.
16. Судецька О. Ефективність виробництва і застосування органічних добрив "біогумус" виготовлених методом вермикультивування // Вісник ТНЕУ № 1, 2014. – С. 164-170.
17. Мороз І.В. Загальна методика навчання біології : навч. посібник. Київ : Либідь, 2006. 592 с.

18. Мороз І.В. Методика навчання біології та природознавства : практикум для студ. вищ. пед. навч. закл. біол. спец. Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2010. 143 с. 19.
18. Огороднік О. О., Гарбар О. В., Алпатова О. М. Порівняльний аналіз генетичної структури природних популяцій *Eisenia Foetida* (Savigny, 1826) та об'єктів вермікультури // Біологічні дослідження. 2014. С. 176—177.
19. Пометун О.І. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання: [наук.-метод. посібн.]. К.: А.С.К., 2003. 192 с. 56.
20. Розробка екологічно безпечної технології для утилізації органічних відходів./Охорона довкілля : зб.наук.статей XIII Всеукраїнських наукових Таліївських читань.- Х: ХНУ імені В.Н.Каразіна,2017. - С.110-113.
- 21.Терещенко Т.Є., Романов О.В., Козінець І.І. Методичні рекомендації щодо використання в навчальному процесі засобів навчання. Дніпропетровськ: ДДФА, 2006. 17 с.
22. Торгоня В.С. Дослідження й обґрунтування прийнятих параметрів біотехнологічного процесу вермикультивування та обладнання для його реалізації / В.С. Торгоня // Науковий вісник НУБіП України :зб. наук. праць. – К. :Вид-во НУБіП України. – 2009. – Вип. 134, ч. 1. – С. 145-152.
- 23.Шанда В.І. Теоретичні проблеми екології та біогеоценології : монографія, Кривий Ріг : Вид-во Р.А. Козлов, 2013. 247 с
- 24.Шарга Б.М., Ніколайчук В.І., Мага І.М., Вермикультура / Метод. Рекомендації (додати ким видані і де ?) , 2006.- 101с.
25. Шичула Н.К., Фантух В.С. Екологічні аспекти вермикомпостування органічних добрив та застосування їх у ґрунтозахисному землеробстві // Біоконверсія органічних відходів народного господарства та охорона довкілля: Тези доповідей 2 Міжнародного конгресу. - Івано-Франківськ: Асоціація "Біоконверсія", 1992. – С. 4.
26. 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.

27. Alavi N., Daneshpajou M., Shirmardi M., Goudarzi G., Neisi A., Babaei A.A.  
Investigating the efficiency of co-composting and vermicomposting of vinasse  
with the mixture of cow manure wastes, bagasse, and natural zeolite  
Waste Manage., 69 (2017), pp. 117-126

28. Edwards C. A. Introduction, history, and potential of vermicomposting  
technology // Vermiculture Technology. Earthworms, Organic Wastes, and  
Environmental Management. Boca Raton, London, New York: CRC Press, 2011.  
P. 11—21 с.

29. Global Food Loss and Food Waste—Extent, Cause and Prevention  
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome (2011)

30. Kholodova YU.D., Povkhan M.F. Tkani chervya Yeyzenia foyetida kak  
istochnik syr'ya dlya vyrabotki farkmakologicheskikh preparatov // Tezisy  
dokladov 2 Mezhdunarodnogo kongressa „Biokonversiya organicheskikh  
otkhodov narodnogo khozyaystva i okhrana okruzhayushchey sredy”. - Ivano-  
Frankovsk: Assotsiatsiya "Biokonversiya" - 2002. - S. 138-139.

31. Kholodova YU. D., Morozova F. V. Primeneniye biologicheskii aktivnoy  
osnovy dlya proizvodstva meditsinskikh kosmeticheskikh pishchevykh i  
kormovykh sredstv iz biomassy dozhdevykh chervey // Tezi dopovidey 4  
Mizhnarodnogo kongressu „Biokonversiya organicheskikh vidkhodiv i okhorona  
navkolishn'ogo seredovishcha”. - K.: Asotsiatsiya "Biokonversiya" - 2006. - S. 97.

32. Penpinck R., Verdoncr O. Earthworm compost versus classic compost  
in horticultural substrates // Connost Prod. Qual. And Use: Proc., Symp., Udine, 17-  
19 Apr. 2006, London.- 2007.- P. 814-817.

33. Potential utilization of bagasse as feed material for earthworm *Eisenia fetida*  
and production of vermicompost- 2009. - S. 138-139.

34. Shved O. V., Butsyak V. I. Perspektivy al'ternativnosti substratov  
opavshikh list'yev v vermikul'tivirovanii Technologica laspect of modern



- agricultural production and environmental protection / Proceedings XIII International scientific-applied conference. da Rostim. – Almaty Kazakh. un-t, 2017. – S. 102–103. Springerplus, 4 (1) (2015), p. 11
35. Spurgeon D. J., Hopkins S. P. The development of genetically inherited resistance to zinc in laboratory selected generations of the earthworm *Eisenia fetida* // *Environment Pollution*. 2005. № 109. P. 19.  
[https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00267-5](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00267-5)
36. Meyer W. J., Bouwman H. Suitable characters for selective breeding in *Eisenia fetida* (Oligochaeta) // *Biology Fertility Soil*. 2005. № 20. P. 53—56.  
<https://doi.org/10.1007/BF00307841>
37. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure *Chemosphere*, 70 (2008), pp. 436-444
38. Titov I. N. *Dozhdevyye chervi* / I. N. Titov. – M. : MFK Tochka opory, 2012. – S. 83–109.
39. Venter J. M., Reinecke A. J. The life cycle of the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta) // *S. Afr. J. Zool.* 2008. Vol. 3. P. 161—165.
40. Vermicomposting of Leaf litters: Way to convert waste into Best/ R. Nagar, A. Titov, P. Bhati // *Int. J. Curr. Sci.* – 2017, 20(4). – P 25–30.