

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра Біотехнології та хімії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим рівнем вищої освіти

на тему:

«Верми культура як біоремедіація ґрунтів»
за спеціальністю 162 «Біотехнології та Біоінженерія»

Виконав:

Група:

Науковий керівник:

Молоданович Яна

БІО 2101

Кравченко.Н,В

Суми 2025

РОЗДІЛ 1.	5
БІОТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ	5
1.1. Суть вермікультування	5
1.2. Біоремедіація: методи та перспективи застосування.	6
РОЗДІЛ 2.	11
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ	11
2.1. Аналіз ефективності біоремедіації за допомогою дощових черв'яків.	11
2.2. Основні властивості біодобрив (біогумусу), та їх характеристика	13
2.3. Аналіз якості вермикомпосту	16
РОЗДІЛ 3.	20
АНАЛІЗ ОТРИМАНОГО ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ	20
3.1. Впровадження вермікультури на різних типах ґрунтів.	20
3.2. Перспективи комерційного використання біоремедіації	21
ВИСНОВКИ	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	35

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний підхід до раціонального екологічно безпечного природокористування вимагає відмовитися від багатьох традиційних підходів при складанні техніко економічного обґрунтування проектів рекультивації земель. Такий підхід вимагає застосування нових методичних прийомів проектування.

Аналіз та розробка різних методів біологічної рекультивації дозволить вже на стадії проектування діагностувати та оцінювати можливі ґрунтово-екологічні наслідки, господарську та ґрунтово-екологічну ефективність проектів рекультивації, реалізувати стратегію природоохоронних заходів.

Вермітехнологія - система організаційно-технологічних заходів з культивування дощових компостних хробаків на різних субстратах у конкретних екологічних умовах, обробці та застосуванню біомаси хробаків у сільському господарстві.

Вермікультура - населення дощових компостних хробаків (*vermis* — у перекладі з латинського — хробаки) разом із супутніми мікроорганізмами, нижчими грибами, найпростішими, комахами та деякими хребетними у конкретному органічному субстраті.

Це прогресивний та перспективний напрямок сільськогосподарського виробництва XXI століття, оскільки дозволяє підвищувати продуктивність, екологічну стійкість та саморегулюючу здатність агроecosystem.

Мета роботи - дослідити вермікультуру як засіб біореамедіації ґрунтів.

Об'єкт дослідження - біодобрива та їх характеристика.

Предмет дослідження - технологічний процес вермікультивування.

Завдання дослідження:

1. Суть вермікультивування
2. Біореамедіація: методи та перспективи застосування
3. Аналіз ефективності біореамедіації за допомогою дощових черв'яків

4. Основні властивості біодобрив (біогумусу), та їх характеристика

5. Аналіз якості вермикомпосту

6. Впровадження вермікультури на різних типах ґрунтів

7. Перспективи комерційного використання біоремедіації

Методи дослідження: вивчення літературних джерел, експеримент, спостереження.

РОЗДІЛ 1. БІОТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ

1.1. Суть вермикультивування

Вермикультивування чи вермикомпостування – технологічний процес зміни відходів органічного походження у сільському господарстві шляхом перетравлення дощовими хробаками та бактеріями. Результатом є отримання вермикомпоста (червокомпоста або біогумусу).

Вермикультивування – це технологічний процес вирощування популяції дощових хробаків у штучних умовах. Вирощені дощові черв'яки використовуються: для продажу клієнтам, які використовують їх для лову риби одержання кормового білка та біологічно активних речовин.

Вермикомпостування – це технологічний процес, у якому населення технологічних дощових черв'яків використовується для переробки органічних матеріалів на гумусоподобний матеріал. А органічне добриво, одержуване у процесі переробки органічних відходів (залишків) культурою дощового хробака, зветься вермикомпостом чи біогумусом.

Ефективність біогумусу:

- добриво сприяє швидкому відновленню природної родючості ґрунту, покращуючи її структуру та стан;
- добриво має швидку дію на рослини та насіння: вони мають швидку реакцію на нього;
- добриво сприяє скороченню терміну проростання насіння, прискорюється ріст і поява квіток у рослин, що пришвидшує термін визрівання урожаю на два-три тижні;
- добриво сприяє забезпеченню міцного імунітету рослин, воно підвищує їх стійкість у стресових випадках, несприятливих погодних умовах, при виникненні бактеріальних та гнильних хвороб;
- добриво підвищує приживаність саджанців і розсади, підтримує оптимальний розвиток квітів, їх інтенсивне цвітіння;

- завдяки добриву підвищується урожайність та покращуються смакові якості вирощуваних плодів;
- добриво зв'язує у ґрунті важкі метали та радіонукліди, знижує рівень нітратів;
- він забезпечує стабільний високий екологічно чистий урожай [3].

1.2. Біоремедіація: методи та перспективи застосування.

У створенні біогумусу приймають участь черв'яки та субстрат (компост). Популяцію купують разом із субстратом лише у спеціалізованих вермигосподарствах. Хробаки мають бути активними, червоного кольору. У субстраті мають бути молодь та кокони. Генетично стійка популяція складається з не менше 1500 хробаків.

За даними вчених, будь-які дикі і місцеві хробаки можуть стати технологічними видами тварин. З цієї причини садівники та городники не мають потреби купувати черв'яків з інших регіонів. Заведення технологічних видів дощових черв'яків пов'язана з ризиком придбання особин, що не є пристосованими до життя в звичних умовах.

Перед заведенням черв'яків для них готують місце. Для цього використовують дерев'яні ящики висотою 30-40 см чи компостні ями (об'ємом 0,5 - 1,0 м³). Ящики можна розставити у технічних приміщеннях (на горищі, у гаражі, сараї, підвалі та ін.), де температура повітря становить 16-24 градусів. У домашніх умовах підтримують виробництво біогумусу цілий рік, підгодовуючи хробаків взимку харчовими відходами.

Заготівля дощових хробаків. Щоб уникнути можливе зараження ґрунту нематодами і отримати якісні хробаки для створення біогумусу, використовують такий метод. Дощових черв'яків збирають в старих гнійних купах на фермах чи лісових ярах. Роблять це на екологічно чистих ділянках, які ніколи не оброблялись хімічними препаратами.



Рис.1.1. Ручний компост із червоними черв'яками

З ґрунту дощових черв'яків збирають в підготовлену ємність, що заповнена ґрунтом з цієї ж ділянки. Збирати їх рекомендують в теплу та ясну погоду. Набирають близько 1000 особин на 1 м.кв. Приманюють дощових черв'яків ранньою весною можна в малиннику або по лінії паркану. Для цього риють неглибоку канаву, на дно якої вимощують компост. Його добре змочують, накривають мішковиною чи паперовим полотном та дошкою, лишають на 7 днів. Хробаки збираються в канавку.





Рис. 2.1. Компостні контейнери з вермикультурою

джерело: <https://media.istockphoto.com/id/1399368641/photo/open-composting-bin-with-fresh-made-compost-digging-fork-and-sieve-above-raised-bed-ready-to.jpg?s=2048x2048&w=is&k=20&c=ALbHgBL2ZorRZtPBjT9ax5ODLZ-vSBMSSOdXN8Hn8XI=>

Процес підготовки компосту здійснюється наступним чином. Високоякісною сировиною для створення субстрату є гній сільськогосподарських тварин або пташиний послід, що зберігався на фермі або птахофабриці не менше шести місяців. Для покращення властивостей компосту додають подрібнену ячну шкаралупу, залишки їжі, листя овочевих і плодівих рослин, а також вапняно-торф'яну суміш у кількості до 20 кг на кожну тонну основної маси.

Процес вермикомпостування органіки, такої як опале листя, сіно чи харчові рештки, відбувається швидше, якщо сировина подрібнена. Вона повинна добре утримувати вологу, не створюючи перешкод для циркуляції повітря та його проникнення у глибину шару. Черв'яки мають звичку до певного виду їжі, тому нові компоненти слід вводити поступово, невеликими порціями.

Не рекомендується використовувати як основний компост матеріал, який пролежав понад два роки після завершення компостування, оскільки він містить недостатньо поживних речовин для життєдіяльності хробаків. Однак його можна застосовувати як допоміжний компонент у процесі компостування органічних залишків. Використання свіжого гною категорично заборонене — він токсичний для черв'яків і може призвести до їх загибелі.

Важливим етапом у вирощуванні черв'яків та отриманні якісного біогумусу є їх внесення у компост. Черв'яків рівномірно розміщують по всій поверхні субстрату разом із середовищем їхнього проживання. На один квадратний метр рекомендується заселяти від 1000 до 1500 особин. Компостну купу або ящик накривають повітропроникним темним матеріалом для захисту від прямого сонячного світла.

Якщо хочеш, я можу зробити ще й англomовну версію або оформити текст у вигляді реферату чи розділу курсової.

А догляд за хробаками зводиться до підтримки температури, розпушування та поливу ящиків. Однією з головних умов для компостних черв'яків та їх життєдіяльності є достатня вологість субстрату. Вони дуже чутливі до коливань вологості, не переносять засуху та зниження рівня вологи у субстраті. Вологість компосту підтримують на рівні 75-80%, поливають за допомогою лійки з дрібними отворами водою, що попередньо відстояла (3-5 діб), з температурою приблизно 20 градусів. Заборонено поливати компост із водопровідного крана. Через наявність в ній хлору або хлораміну. Ці речовини додають у водопровідну воду для знезараження, але вона є небезпечною для мікроорганізмів а особливо для черв'яків.

Вологість субстрату перевіряють наступним способом: беруть невелику кількість матеріалу з шару, де знаходяться черв'яки, стискають його у кулаці. Якщо при стисканні між пальцями проступає волога – рівень зволоження вважається оптимальним. Якщо з'являються краплі – вологість надмірна, а

якщо немає навіть вологи – субстрат є пересушеним і його необхідно зволожити.

Першу підгодівлю черв'яків здійснюють через декілька днів після їх заселення в субстрат. Годування виконується таким чином: на чверть поверхні ящика насипають свіжий поживний шар товщиною близько 3–5 см та рівномірно розподіляють. У домашніх умовах як корм використовують чайну заварку, кавову гущу, шкірки овочів (картоплі, моркви, буряків), варені овочі, що зіпсувалися, а також немолочні каші. Через 2–3 тижні, коли основна частина корму буде спожита, на поверхню додають новий шар товщиною 5–7 см. З цього моменту корм розподіляють по всій поверхні ємності, поновлюючи щотижня, поки ящик не заповниться або висота шару не досягне 50–60 см. Частота внесення корму залежить від температури середовища та щільності популяції. За температури, близької до 24°C, інтенсивність живлення значно зростає. Цикл виробництва біогумусу завершується через 3–4 місяці, коли весь субстрат буде повністю перероблений.

Для нормальної життєдіяльності черв'якам необхідний доступ кисню. Якщо товщина субстрату перевищує 20 см, необхідно регулярно його розпушувати. Це здійснюється шляхом проколювання шару дерев'яною палицею діаметром 2–3 см або за допомогою спеціального інструменту — вермикомпостних вил. Розпушування проводять двічі на тиждень, не перемішуючи шари, а лише проникаючи на глибину, де знаходяться черв'яки та їх кокони.

При стабільному функціонуванні вермикультурної системи компост умовно поділяється на три шари. Верхній (5–7 см) — це свіжа органічна маса, яка регулярно додається і є основним джерелом їжі. Середній шар (10–30 см) є головною зоною активності, де мешкає більшість черв'яків. Нижній шар – це зона накопичення готового біогумусу, яка з часом поступово збільшується у висоту.

Вибірка черв'яків та біогумусу. Необхідність у вибірці черв'яків виникає, коли поживний субстрат повністю перероблений, або коли щільність черв'яків перевищує оптимальну щільність заселення (від 30 до 50 тисяч на 1м²). Перед відбором черв'яків саджають на дієту на кілька днів, та на ½ площі розкладають порцію нового корму шаром 5-7 см у який голодні черв'яки переміщуються. Через 2-3 дні шар разом із хробаками знімають. Цю операцію необхідно проводити 3 рази протягом трьох тижнів, щоб зібрати всіх хробаків включаючи молодь, котра вийшла з коконів. Біогумус-сирець, (напів перероблений субстрат) що залишився, є масою, що має темний колір, яку збирають совком, просушують до 40% вологості, просіюють через сито і фасують для зберігання. Просушений біогумус можна зберігати при температурі навколишнього повітря від -20°C до +30°C протягом 24 місяців.

За одну добу компостний дощовий черв'як переробляє масу компосту, що дорівнює власній вазі. Час життя хробака 10-16 років. Один хробак на рік виробляє 1500 особин. Температурний режим роботи від +9 до +32 °C.

Достатньо використати близько 2000 особин і розмістити їх у компост. В такому разі протягом року утвориться біогумус для удобрення ділянки розміром 3-4 сотки. За весну-літо 150 г черв'яків (750 штук) утворять приблизно 1 т біогумусу. Півтори тисячі штук, заселених на 2-3 квадратних метрах компосту, забезпечить 2 тони першокласного добрива.

РОЗДІЛ 2.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ

2.1. Аналіз ефективності біоремедіації за допомогою дощових черв'яків.

Гнойовий черв'як виживає протягом 90 днів у ґрунті забрудненої низькими концентраціями нафти. Виживаність гнойового хробака при внесенні в ґрунт нафти в концентрації 2600-2800 мг/кг становить 28 днів. Дощові черв'яки можуть бути застосовані на більш пізніх стадіях біоремедіації навіть дуже забруднених ділянок, при низькій концентрації забруднюючих речовин та знизити їх вміст до допустимого рівня. В результаті виникає питання при якій концентрації нафтопродуктів гною зберігають здатність до біоремедіації і як можна підвищити виживання *E. Fetida* при внесенні значних концентрацій нафти.

Тест субстратом для трьох експериментів візьмемо луговий ґрунт стерильний для лабораторних випробувань. Вміст гумусу 46%, рН 5,9-6,0 і ємність поглинання 28 -40 мг-екв на 100 г ґрунту; азот ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) – 150 мг/л, фосфор (P_2O_5) – 270 мг/л, калій (K_2O) – 300 мг/л. Ґрунт був забруднений в експерименті відпрацьованим машинним маслом (початкові концентрації: 20 г/кг, кінцеві – 100 г/кг).

Вид дощових хробаків - гнойовий хробак *Eisenia fetida*. Дощовий черв'як (гнойовий, компостний, земляний) є одним із восьми родів сімейства люмбрицид і відноситься до класу кільчастих малощетинкових черв'яків. Мешкає у всіх видах ґрунтів, найчастіше в гною, парниках, на звалищах. Поширення всесвітнє. Довжина тіла 40-130 мм, ширина 2-4 мм. Число сегментів 80-120. Забарвлення тіла червонувато-фіолетове, причому пігментація може бути дуже яскравою: червоною різних відтінків, бурою, фіолетовою, оранжево-рожевою. Характерна риса – наявність на тілі поперечних смуг жовтого кольору, особливо помітних, коли хробак розтягується. Головна лопать епілобична.

У поліпропіленові ємності об'ємом 2 літри на дно укладали дренаж. Як дренаж використовувався керамзит з діаметром частинок 2 см, на дренаж насипали шар ґрунту завтовшки 15 см (1 кг). У кожен ємність вносили по 10 статевозрілих хробаків. Протягом усього експерименту ґрунт зволожували один раз на тиждень, додаючи в кожен ємність по 100 мл дистильованої води. Протягом усього експерименту щотижня у кожній ємності фіксували зміну стану та кількість хробаків. При цьому враховувалися наступні показники: загальна кількість всіх черв'яків, кількість статевозрілих особин, кількість нестатевих зрілих особин, кількість коконів в ємності, кількість коконів на одного статевозрілого черв'яка, вихід ювенільних особин черв'яків з одного кокона, відношення кількості статевозрілого і нестатевозрілих особин в кожній єм.

Робили відбір проб із зразків ґрунту, забруднених нафтою для аналізу вмісту нафти та органічних речовин у зразках. ґрунт розмелювали у ступці. З розмеленого ґрунту відбирали пробу масою 3 - 5 г і додатково подрібнювали до розміру частинок менше 0,3 мм і просіювали через сито з осередками 0.25 мм.

Дослідження проводили протягом 4 місяців. У поліпропіленові судини об'ємом 2 літри на дно укладали дренаж. Потім засипали шар ґрунту завтовшки 15 см (1 кг). У кожний варіант вносили по 10 статевозрілих хробаків у кожен посудину і поливали дистильованою водою 1 раз на тиждень по 100 мл. Черв'яків підгодовували свіжою тертою картоплею 1 раз на тиждень по 5 гр. і зволожували ґрунт 2 рази на тиждень по 100 мл дистильованої води. Розбір хробаків проводили через 14 днів вручну пошарово. Черв'яків інкубували при температурі +15 °С протягом 4 місяців.



Рис 2.1. Внесення черв'яків у субстрат

джерело:https://t4.ftcdn.net/jpg/10/60/13/59/240_F_1060135915_fqBqIB1jXaSiQn9MeeadBiUqZ3A8pbaY.jpg

При внесенні концентрацій олії від 20 до 100 г/кг відзначалося 93–10% виживання *E. fetida* та стабільне зростання чисельності черв'яків, але внесення мікробіологічного препарату при високих концентраціях олії понад 50 г/кг знизило виживання до 43-63 %. У контрольному варіанті та при внесенні мікробіологічного препарату виживання дощових черв'яків було 100%.

У нашому дослідженні відзначено високе виживання дощових хробаків до 100% при низьких концентраціях відпрацьованої олії до 50 гр/кг. Низькі концентрації олії 20-40 г/кг надають стимулюючий вплив на всі види дощових хробаків, стимулюючи відкладення коконів. При внесенні концентрацій олії від 20 до 100 г/кг відзначалося 80-100 % виживання *E. fetida* та стабільне зростання чисельності черв'яків. При внесенні в ґрунт 60-100 г/кг олії загальна чисельність збільшилася в 3 рази. Ефективність і швидкість деградації олії залежить від концентрації її у ґрунті. При внесенні низьких концентрацій відпрацьованої олії 20-40 г/кг ґрунту процес рекультивації займав 4 місяці, під час якого концентрація вуглеводнів

знижувалася на 97-99%. У процесі вермикультивування вміст олії знижувався на 60-90%.

2.2. Основні властивості біодобрив (біогумусу), та їх характеристика

Одним із екологічно чистих компостів в органічному рослинництві є вермікомпост і сучасним дослідникам у галузі сільського господарства, та багатьом дачникам та фермерам він добре відомий. В даний час у будь-якому господарському магазині можна купити ґрунтовий ґрунт, у складі якого обов'язковим компонентом є вермікомпост.

Дуже істотна відмінність біогумусу від простих органічних добрив: у ньому міститься велика кількість водорозчинних форм азоту, фосфору та калію – найбільш необхідні речовини. Мікроелементи теж переходять у більш рухливу форму. Зміст доступних водорозчинних фракцій у біогумусі також дуже високий. Це особливо важливо в перший період росту та розвитку рослин [3].

Біогумус або вермікомпост виходить при утилізації органічної сировини (найрізніших відходів) за допомогою дощових хробаків промислових ліній. До основних його властивостей відносяться високий вміст гумусу, покращені фізичні властивості, низьку кислотність, малий вміст важких металів, що залежить від виду сировини, що утилізується. Крім підвищення врожайності, його можна застосовувати для «омолодження» ґрунту у разі його деградації.

Технологія вермікомпостування є практично безвідходною. Вона заснована на здатності хробаків поглинати у процесі своєї життєдіяльності органічні залишки та ґрунт, які в організмі черв'яків подрібнюються, хімічно трансформуються, збагачуються поживними елементами, ферментами та мікроорганізмами [20].

Біогумус є виділеннями або копролітами дощових черв'яків. Він являється чорною розсипчастою і запашною ґрунтоподібною масою, схожою на чорнозем. Так у біогумусі міститься велика кількість (до 32% на суху вагу)

гумінових речовин - гумінових кислот, фульвокислот та гумінів, - вони надають органічним добривам високих агрохімічних та ростстимулюючих властивостей.

Всі поживні речовини входять до складу збалансованого поєднання та є біодоступними для рослин. Біогумус не містить у своєму складі яєць гельмінтів, патогенних мікроорганізмів, важких металів, насіння бур'янів. Біогумус містить у собі унікальну спільноту корисних для ґрунту та рослин мікроорганізмів, які мають властивість виділяти фітогормони, антибіотики, фунгіцидні та бактерицидні сполуки, що витісняють патогенну мікрофлору. Це допомагає оздоровити ґрунт і усунути поширені хвороби рослин.

Біодобриво легко і поступово засвоюється рослинами протягом усього свого циклу вегетації. Застосування цього добрива покращує агрохімічні властивості, підвищує якість та покращує врожай сільськогосподарської продукції.

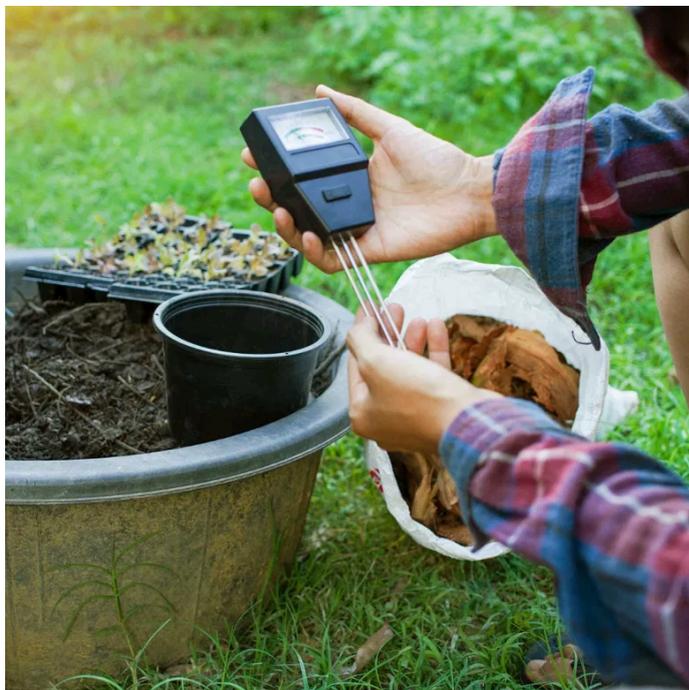
Використання вермикомпостів прискорює процес проростання насіння, знижує стрес від пересадки рослин, що полегшує отримання ранньої продукції. Застосування вермикомпостів стимулює зростання рослин у вегетаційних умовах, позитивно впливає на їхній розвиток. Відбувається збільшення швидкості зростання ячменю, посилюється енергія проростання насіння зернових, зелених культур, коренеплодів.

Застосування вермикомпостів підвищує врожайність пшениці, цукрових буряків на 20%, кукурудзи на 30-50%, картоплі – 50-100%, овочів, фруктів – на 35%, редьки – на 39%. Розрахунки показали, що 80 кг біогумусу замінюють за удобрювальною цінністю тонну гною великої рогатої худоби. Таким чином, біогумус служить дуже цінним добривом у сільському господарстві. Його застосування дозволяє збільшити врожайність культур, знизити кислотність ґрунту, збільшити коефіцієнт гумифікації в 1,5-2,5 рази, покращити мікрофлору ґрунту, знизити кількість валових форм важких металів у ґрунті [20]. Проведеними дослідженнями встановлено, що вермикомпости надають кращу післядію на зернових культурах на другий та

третій рік у порівнянні з традиційними органічними добривами. Добривна цінність вермикомпостів залежить від вибору вихідного органічного субстрату, оптимального рівня вологості – 75%, доступу кисню, водневого показника рН, температурного режиму [13].

Процес вермикомпостування займає від 3 до 5 місяців. При цьому кількість хробаків збільшується в 5-10 разів, залежно від ретельності підтримки оптимальних умов. Отриманий біогумус характеризується однорідним складом, пухкістю, має буро-чорний колір, без запаху. Його просіюють, якщо треба - підсушують і укладають у зручне впакування або вносять на грядки.

У районах з помірним та теплим кліматом вибірку черв'яків та біогумусу можна проводити до трьох разів за дотримання таких основних положень: готовність субстрату; підтримка в коробах вологості до 80%; хороший повітрообмін, що досягається постійним ворушенням субстрату у коробах. Якщо ж дорослих черв'яків відокремлювати кожні 2 місяця, можна ще більше прискорити відтворення вермікультури [3].



2.3. Тестування вологості субстрату

джерело:https://bcdn.products.pcc.eu/wp-content/uploads/2024/07/FOT-2_ph-gleb_u.png

Таким чином, можна зробити висновок про те, що в сільському господарстві одним із екологічно чистих компостів є вермикомпост. Використання вермикомпостів має низку переваг у порівнянні з мінеральними добривами. Застосування біогумусу дозволяє збільшити врожайність культур, знизити кислотність ґрунту, збільшити коефіцієнт гумифікації, покращити мікрофлору ґрунту, знизити кількість важких металів у ґрунті.

2.3. Аналіз якості вермикомпосту

Біогумус містить основні і другорядні поживні речовини рослинно-доступних форм, ферментів, вітамінів і гормони росту рослин. Це більш благотворно впливає на рослин, ніж звичайний компост.

Під час компостування втрата азоту або денітрифікація є неодмінним явищем, що впливає на якість біогумусу. Відсоток азоту дуже важливий для якості добрива. Це досягається в процес компостування. Є багато змінних, які беруть участь у цьому випадку, наприклад, тип вихідної сировини, суміш рН і т.д. Ще один важливий параметр у вермікомпостуванні – це температура, яка впливає на виживання дощових черв'яків, а також збереження азоту. Для якісного біогумусу наявність коконів також має першочергове значення.

Вермикомпост містить кокони дощових черв'яків, які збільшують чисельність і активність дощового черв'яка в ґрунті. При використанні в полі кокони потрапляють у ґрунт з біогумусом. В процесі дощові черв'яки згодом створюють біогумус.

Проведемо аналіз вивчення впливу різних параметрів, зокрема відсоток азоту, температури і щільності коконів. Взяли три дерев'яні ящики 50 x 25 x 2 см. Перший ящик використовувався для приготування субстрату, куди завантажили 5 кг свіжого коров'ячого гною і 7,5 кг інших біорозкладаних матеріалів для співвідношення 40:60. Гній великої рогатої худоби в першому ящику становить 72-85% з рН 5,22.

Матеріали нарізали на більш дрібні частини шматків (максимальний розмір: 0,05 м) для підвищення швидкості процес компостування. Додали близько $\frac{1}{2}$ л води в ящик для зволоження середовища. Цю коробку витримували 15-20 днів.

Дані навколишнього середовища та субстрату температури реєструвалися щодня весь період. Через екзотермічний процес розкладання органічних речовин температура підкладки виявляється більшою за температуру навколишнього середовища.

Цей матеріал витримували за межами лабораторії протягом 3 днів для охолодження, а потім завантажили в другу коробку, де субстрат витримували 1 місяць. У цьому випадку також записували температуру навколишнього середовища і температуру підкладки. Слід звернути увагу на температуру підкладки, вона перевищує температуру навколишнього середовища. Весь матеріал перевертався вгору та вниз один раз на місяць.

Субстрат, після видалення з другої коробки, витримували 2-3 дні для охолодження перед завантаженням у третю коробку. На дно поклали дрібну гальку, пісок, землю і компост вагою 5 кг. Було додано 63 дощових черв'яків близько 8 см і вагою близько 0,6 г.

Для польових експериментів використовували три різні ями, а саме: прекомпостна яма, компостна яма та вермікомпостна яма, розміром (L=3 м, В=2 м, D=1 м). Компостна яма була грубо оброблена кам'яною кладкою та були передбачені проміжки для проходження непотрібної води між цеглинами. Вермікомпостна яма мала кілька дірок для аерації. Потрібний відхідний матеріал становив близько 900 кг. В матеріал включені коров'ячий гній, листя дерев і суха трава. Використовувалися черв'яки місцевого сорту.

У передкомпостній ямі матеріал витримували близько 15-20 днів. Цей компостований матеріал зберігався для ще 3 дні для охолодження, а потім його завантажили у компостну яму. В обох ямах температуру субстрату було виявлено більше, ніж температуру навколишнього середовища протягом усього періоду компостування. Проте на останньому етапі виробництва

температура підкладки була нижчою, ніж температура навколишнього середовища, що спостерігалася в лабораторних умовах. Зазвичай біогній складається з 13 елементів, які можна в цілому класифікувати як основні, другорядні і другорядні компоненти.

Вони включають основні та вторинні компоненти (кальцій, магній і сірка). Біологічний гній слід зберігати в тіні. Волога свіжа суспензія містить 20% безводного азоту, який випаровується в повітря внаслідок денітрифікації під впливом прямих сонячних променів.

Перша компостна яма не мала навісу, тому кормовий матеріал (перегній, овочеві відходи, листя дерев) піддавався впливу прямих сонячних променів. Через це, біогумус, вироблений у полі, був дефіцитним на азот.

Температура - ще один параметр, який слід враховувати. Черв'яки мають обмежений температурний діапазон (зазвичай від 9C до 35C), що робить їх кращими для внутрішнього компостування. Їм потрібна вологість і тінь для переробки. Тому вермикомпостні агрегати повинні завжди робити в тіні, щоб зберегти певну кількість вологості. Середня температура була 29C на останній стадії вермикомпостного виробництва. На початковому етапі середня температура була 32C.



2.3. Прилад для вимірювання температури і вологості субстрату

джерело:https://images.prom.ua/6240684383_w640_h640_profesionalnyj-analizator-pochvy.jpg

Вермікомпостування - це прохолодний процес, на відміну від компостування, який є гарячим процесом. З наведеного аналізу видно, що результати лабораторні та польові дослідження майже схожі. У хімічних складових було виявлено, що азоту було менше в обох видах виробництва. Є три шляхи втрати азоту, а саме: а) вилуговування, б) випаровування і в) денітрифікація. Перекриття ями є засобом для вилуговування, додаючи більше вуглецю або використання ґрунту, компосту або торфу, як адсорбент засіб від випаровування. Денітрифікація може контролюватися підтримкою аеробності. Щоб зменшити втрати азоту та час компостування, треба додати матеріали, багаті вуглецем. Якщо цього не зробити, стабілізація багатих азотом субстратів призведе до збільшення відношення C/N, оскільки втрати амонію стануть більш помітними.

Час - теж важливий параметр, який слід враховувати у випадку вермікомпостування. Якщо процес займає більше 3 місяців, якісне значення біогумусу погіршиться. В основному гормональна і ферментна частина гною буде втрачено, якщо зберігати його більше днів після виготовлення. Вермікомпост багатий кількома ферментами та регуляторами росту, такі як ауксини, гібереліни та ін.

Розвиток і утримання популяції дощового черв'яка є критичним елементом виготовлення вермікомпосту. Черви аерують вихідну сировину суміші, яка допомагає підтримувати низьку температуру, але їх іноді потрібно поливати. Отже, на вермікомпостування впливають кліматичні умови та різні місця розташування.

РОЗДІЛ 3.

АНАЛІЗ ОТРИМАНОГО ВЕРМИКОМПОСТУВАННЯ

3.1. Впровадження вермікультури на різних типах ґрунтів.

У світовій літературі вермікультуру розглядають як елемент екологічно чистого сільськогосподарського виробництва [2]. Вона має два напрямки:

- вермікультивування, при якому розмножують корисних дощових компостних черв'яків або одержують їх біомасу;
- вермікомпостування, головний метою якого є екологічно безпечна переробка різних органічних відходів та одержання маси екскрементів дощових компостних хробаків - копроліту (синоніми біогумус, вермікомпост) - цінного органічного добрива.

Існує кілька основних способів вермікомпостування, що застосовуються у різних країнах. З аналізу існуючих способів виробництва вермікомпоста (грядний, тунельний, траншейний та ін.) можна виділити основні технологічні операції даного процесу, загальні для різних методів вермікомпостування.

Залежно від геоекологічних умов вермікомпостування проводять у різний спосіб. У районах з теплим, м'яким кліматом черв'яків частіше всього утримують на майданчиках просто неба, з холодним — у приміщеннях, теплицях, плівкових тунелях та ін.

У природних умовах проживання на видовий склад та чисельність дощових черв'яків впливає тип ґрунту. На пасовищах у суглинках, легких суглинистих і супіщаних ґрунтах чисельність черв'яків була максимальною і становила до 450 особин/м². У глинистих ґрунтах значно менше (до 230 особин/м²), а в кислих - найменшою (25 особин/м²).

Така особливість має враховуватися та при створенні штучних умов вермікультивування (особливо при вермітехнологічній рекультивації кар'єрів, відвалів, хвостосховищ).

Другим варіантом вермітехнологічного підвищення родючості рекультивованих земель є закритий спосіб вермікомпостування, коли

головною метою є отримання готового біогумусу, який потім вноситься у ґрунт і переміщується. Тому іншим напрямом визначення біоефективності вермітехнології послужила серія дослідів, метою яких було отримання біогумусу з найбільшою продуктивністю.

Ґрунт - головне багатство нашого народу. Тому підвищення родючості рекультивованих земель - завдання державного значення.

Активне використання нових методів підвищення родючості дозволяє системно вирішувати проблеми ерозії ґрунту, зайвої його хімізації. Застосування вермітехнології здатне вирішувати дані проблеми.

3.2.Перспективи комерційного використання біоремедіації

Розмір ринку технологій та послуг біоремедіації був оцінений у 10,5 мільярдів доларів США у 2023 році і, як очікується, досягне 18,2 мільярда доларів США до кінця 2030 року.

Ринок технологій і послуг біоремедіації є сектором, що швидко розвивається, присвячений видаленню забруднюючих речовин з навколишнього середовища за допомогою біологічних процесів. Цей інноваційний підхід використовує природні здібності мікроорганізмів для усунення забруднюючих речовин, відновлюючи екосистеми, порушені небезпечними відходами. Біоремедіація все частіше визнається за її ефективність та екологічність, позиціонуючи її як ключового гравця в управлінні довкіллям. Передбачається, що ринок суттєво зростатиме, зумовлений зростаючими екологічними проблемами, суворими правилами управління відходами та досягненнями в біотехнологічних методах.

Попит на послуги біоремедіації підживлюється індустріалізацією, урбанізацією та появою розливів нафти і забруднення важких металів. Уряди по всьому світу впроваджують суворі правила для моніторингу та пом'якшення забруднення навколишнього середовища, що ще більше сприяє зростанню ринку.

Ключові тенденції на ринку технологій та послуг біоремедіації включають зростаюче впровадження мікробної біоремедіації, в якій використовуються конкретні мікроорганізми для детоксикації небезпечних речовин у ґрунті та воді. Цей метод особливо ефективний при руйнуванні складних забруднюючих речовин, включаючи вуглеводні та важкі метали. Зростання використання генетично інженерних мікробів підвищує ефективність цього процесу, що дозволяє лікувати високобруднені місця.

Технології біоремедіації знаходять застосування в різних галузях, включаючи нафту та газ, гірничодобувну промисловість, сільське господарство та фармацевтичні препарати. У нафтогазовому секторі біоремедіація використовується для обробки розливів нафти та стічних вод, забезпечуючи відповідність екологічним нормам. Гірничодобувна промисловість використовує методи біоремедіації щоб керувати забрудненням важких металів, тоді як сільськогосподарська практика використовує біоремедіацію для відновлення стану ґрунту, порушеного пестицидами і добривами. Фармацевтична промисловість також досліджує біоремедіацію для вирішення проблеми фармацевтичних залишків у стічних водах, тим самим сприяючи більш чистому середовищу.

Зростання уваги на стійкості та необхідності відновлення забруднених ділянок призвело до зрушення у бік екологічно чистих та економічних рішень, таких як біоремедіація.

Уряди по всьому світу впроваджують суворіші екологічні норми, підштовхуючи галузі для прийняття більш чистих технологій. Політика, що сприяє стійкості та зеленим ініціативам, поряд із зростаючим тиском, щоб зменшити небезпечні відходи, забезпечують сприятливе середовище для технологій біоремедіації.

В той час як біоремедіація дає значні переваги, її застосування залишається обмеженим через відсутність розуміння та досвіду серед потенційних кінцевих користувачів. Незважаючи на помилки про ефективність та масштаби технології можуть перешкоджати зростанню

ринку, особливо в регіонах, де альтернативні технології ширше використовуються.

Біоремедіація часто є повільним процесом у порівнянні з традиційними методами відновлення. Час, необхідний для того, щоб побачити значні результати, може завадити організаціям вибирати цю технологію, особливо в сценаріях термінового забруднення, де необхідні швидкі результати.

Ефективність біоремедіації залежить від типу забруднюючих речовин та умов довкілля, таких як температура, рН та доступність кисню. У деяких випадках ці умови можуть не підходити для мікробної активності, обмежуючи широке поширення біоремедіації.

Безперервний розвиток передових біотехнологій розширює потенціал застосування біоремедіації. Інновації, такі як синтетична біологія та ферментні методи лікування, підвищують швидкість та ефективність процесів біоремедіації.

З позитивного огляду технологічні здобутки створюють нові можливості на ринку технологій та послуг біоремедіації. Наприклад, розробка генетично спроектованих мікробів, спеціально призначених для націлювання на певні забруднення, ймовірно прискорить прийняття методів біоремедіації. Дослідження в галузі мікробної геноміки відкривають двері для налаштування біологічних агентів, які можуть ефективно погіршити певні забруднювачі, що робить процес швидшим та цілеспрямованішим. Державно-приватне партнерство та державні гранти для досліджень у галузі екологічних технологій також можуть сприяти зростанню. Багато країн виділяють значні ресурси для зелених технологій, включаючи біоремедіацію, як частину їх більших цілей у сфері стійкості.

Однією з критичних проблем, що стоять перед ринком технологій та послуг біоремедіації, є відсутність обізнаності та технічної експертизи у певних регіонах. У той час як біоремедіація широко використовується в Північній Америці та Європі, її прийняття в країнах, що розвиваються, як і раніше, є відносно низьким через обмежені знання і неадекватну

інфраструктуру. У багатьох частинах світу галузі, як і раніше, покладаються на традиційні методи управління відходами та виправлення, які можуть не бути стійкими у довгостроковій перспективі. Інша проблема – це непослідовні нормативні рамки у різних країнах, які можуть ускладнити реалізацію проектів біоремедіації. Створення стандартизованих протоколів для практики біоремедіації може бути способом вирішення цих проблем.

Глобальний звіт про ринок технологій та послуг з технологій та послуг біоремедіації надасть цінну інформацію про акцент на світовому ринку, включаючи деякі з провідних компаній з технологій та послуг біоремедіації.

Секція конкурентного ландшафту також включає ключові стратегії розвитку, частку ринку та аналіз рангу ринку вищезгаданих гравців у всьому світі. Крім того, звіт також охоплює детальне конкурентне середовище, включаючи профілі компаній ключових гравців, які працюють на світовому ринку.

У звіті міститься докладна інформація про стратегії, прийняті ключовими гравцями, їх частки ринку, сегментацію, нещодавні події та інвестицій. Крім того, у звіті подано докладний аналіз динаміки ринку та конкурентного ландшафту світового ринку технологій та послуг біоремедіації. Він також включає ринкові драйвери, обмеження, можливості і проблеми на ринку.

Фіторемедіація - це тип технології біоремедіації, яка використовує різні типи рослин і дерев для поглинання забруднюючих речовин з навколишнього середовища через їх коріння, пагони та листя. Насамперед це форма відновлення навколишнього середовища, яку можна використовувати для очищення багатьох типів забруднюючих речовин, таких як метали, вуглеводні та пестициди. Це привабливий варіант через його економічну ефективність, низькоенергетичні вимоги та використання природних процесів для досягнення своїх цілей очищення.

Біостимуляція - це тип технології біоремедіації, яка відноситься до збільшення природної активності мікроорганізмів для досягнення цілей

біоремедіації. Наприклад, ін'єкція кисню в забруднені ділянки для стимуляції мікробної активності, що, у свою чергу, розкладає забруднюючі речовини, такі як нафтові вуглеводні, поліциклічні ароматичні вуглеводні та хлоровані сполуки. Цей метод зазвичай використовується в областях з ефективною природною мікробною активністю, яка просто вимагає збільшення стимуляторів для розвитку швидше.

Біоаугментація - це тип біоремедіації, при якій мікроорганізми з унікальною здатністю розкласти певні забруднюючі речовини додаються в середовище, щоб допомогти очистити забруднену область. Клітини зазвичай додаються як «біокатализатор», щоб скоротити час, необхідний для очищення навколишнього середовища через їх чудові здібності, і додаткові мікроорганізми можуть зрештою стати частиною навколишнього середовища.

Біореактор - це пристрій, який зазвичай використовується в біоремедіації для оптимізації деградації мікробів на місці. Залежно від використовуваної технології та кількості забруднюючих речовин, можна використовувати різні типи біореакторів, такі як потік для підключення, реактори з секвенуванням. Він використовується в основному для застосування для обробки відходів, таких як забруднені каналізація, сільськогосподарські стоки та вилуговування шахти.

Грибкове відновлення – це тип технології біоремедіації з використанням грибів для руйнування небезпечних забруднювачів. Гриби можуть швидко розбити забруднюючі речовини, використовуючи такі процеси, як біоаккумуляція, біосорбція та біологічне забезпечення. Гриби зазвичай зустрічаються у ґрунті, і за допомогою біологічного забезпечення та інших процесів можуть бути використані для видалення токсинів, таких як важкі метали, толуол, ксилол та хлоровані сполуки.

Земельні засоби - це типи технологій біоремедіації, що використовуються для очищення забруднених земель та ділянок. Це включає різні методи, такі як промивання ґрунту, розкопки ґрунту, обмеження ґрунту і поправки в ґрунт.

Виправлення ґрунту - це процес відновлення забрудненого ґрунту до його природного стану. Цей процес включає видалення токсичних речовин, таких як нафтові вуглеводні, метали та інші забруднювачі з ґрунту, використовуючи такі технології, як біоремедіація, фіторемедіація та розкопки. Він також використовується для зниження ризику несприятливого впливу на здоров'я, викликаних забрудненням ґрунту, і для збільшення циклу поживних речовин у ґрунті.

Усунення стічних вод - це процес обробки стічних вод, щоб зробити їх придатними для повторного використання або скидання в навколишнє середовище. Цей процес включає комбінацію фізичних, хімічних і біологічних процедур, які допомагають видалити небезпечні забруднювачі зі стічних вод. Деякі з процесів включають коагуляцію, флокуляцію, фільтрацію піску, адсорбцію і мембранну фільтрацію. Обробка стічних вод допомагає покращити якість води у навколишньому середовищі.

Нафтове виправлення - це процес очищення та відновлення занедбаних нафтових родовищ у їх природних умовах. Він включає видалення нафти, мастил, важких металів та інших забруднюючих речовин з ґрунту, використовуючи різні технології, такі як біоремедіація, фіторемедіація та фізичні розкопки. Виправлення нафтового поля необхідне для захисту здоров'я людей та навколишнього середовища від потенційних ризиків, пов'язаних із токсичними речовинами, присутніми у забрудненому ґрунті.

Біодеградація - це здатність певних мікроорганізмів використовувати складні сполуки як джерела живлення та погіршувати їх у простіші сполуки, які можуть бути легко асимільовані. Біологічні процеси використовуються для руйнування різних речовин, таких як нафта та токсини, що виробляються сільським господарством, промисловістю та іншими видами діяльності. Сам процес цілком природний і включає розкладання органічних матеріалів і перетворення складних молекул в більш прості молекули.

Біовантрування - це тип технології біотемедіації, яка використовує природні мікроорганізми для біодегрального органічного забруднення в

грунті. Зазвичай він використовується для низьких рівнів забруднення, таких як вуглеводні, галогеновані органіки та сполуки на основі нафти. В ході процесу кисень вводиться в підповерхню через мережу свердловин та повітродувок. Цей кисень не тільки підтримує зростання бактерій, грибів та інших організмів, які допомагають у відновленні, але й допомагають підвищити ефективність системи.

Біоспансія - це технологія, яка використовується для введення повітря або кисню в забруднені ґрунтові води для стимуляції мікробної активності та прискорення розкладання забруднюючих речовин. Процес включає в себе встановлення перфорованих труб у водоносний горизонт, дозволяючи вводити повітря або кисень в підземні води, що допомагає зруйнувати забруднювачі, що залишилися. Процес був використаний для успішного виправлення вуглеводнів, а також летких органічних сполук із ґрунтів та ґрунтових вод.

Хімічне окислення - це процес, який використовується для хімічного руйнування небезпечних органічних сполук у джерелах ґрунту та води. Зазвичай він використовується для виправлення небезпечних матеріалів, таких як вуглеводні, хлоровані розчинники, нафтові похідні та неорганічні забруднювачі. Процес включає індукцію хімічної реакції між субстратом (хімічне забруднення) і потужними реагентами, такими як перекис водню, озон, перманганат калію, діоксид хлору або ультрафіолетове світло.

Електрокінетика – це технологія, яка використовується для очищення ділянок, забруднених небезпечними сполуками. Процес включає використання електричних струмів для відокремлення забруднюючих речовин від ґрунту та видалення їх із забрудненої ділянки. Під час процесу генеруються електрично заряджені частинки та забруднюючі речовини відштовхуються з частинок ґрунту та вилучаються із сайту. Електрокінетика використовувалася для успішного видалення важких металів, нафти та інших небезпечних з'єднань із забруднених ділянок.

Гірничодобувна промисловість використовує технологію та послуги біоремедіації для очищення кількох гірничодобувних місць за допомогою мікробних культур, органічних розчинників та ферментів. Технологія допомагає знизити ризик забруднення підземних вод, мінімізувати потенційну відповідальність та зменшити відходи з видобутку корисних копалин. Послуги включають проектування та встановлення систем біоремедіації, вибір відповідних мікробних видів, моніторинг систем відновлення та оцінка ефективності використаної технології.

Нафтогазова галузь використовує технологію біоремедіації та послуги для обробки відходів, отриманих від видобутку, виробництва та транспортування нафти та газу. Технологія також може бути використана для зменшення розміру областей, порушених нафтою та газом. Різні послуги, такі як мобілізація ресурсів та ін'єкція поправок у поживні речовини, та моніторинг біоремедіації використовуються для оцінки ефективності технології.

Виробнича галузь використовує технологію біоремедіації для обробки води, забруднених промисловими відходами з різних виробничих процесів. Технології допомагають знизити рівень забруднюючих речовин із стічних вод, а також допомагають зменшити кількість залишків, які потребують утилізації. Крім того, такі послуги допомагають визначити та кількісно визначити джерела забруднення, оцінити загальну продуктивність систем біоремедіації та розробити стратегії для управління забрудненими сайтами.

Технологія біоремедіації та послуги використовуються в сільськогосподарській промисловості для очищення забруднених ґрунтів з використанням мікробних видів, ферментів та органічних розчинників. Послуги пропонують проектування та встановлення систем біоремедіації, вибір відповідних мікробних видів для різних ділянок, дослідження забруднюючих речовин, оцінка ефективності систем біоремедіації та моніторинг систем відновлення.

Індустрія електроенергії використовує технології та послуги біоремедіації для очищення енергетичних ділянок, забруднених забруднювачами довкілля. Використовувані технології являють собою мікробну деградацію забруднюючих речовин, хімічне окиснення та біовантинг. Пропоновані послуги включають вибір та оцінку мікробних видів, проектування та встановлення систем біоремедіації та моніторинг ефективності використаних технологій.

На ринку технологій та послуг біоремедіації у Північній Америці спостерігається значне зростання. Це економічно ефективні і екологічно чисті рішення на відновлення довкілля. Регіон є домівкою для великої кількості постачальників послуг біоремедіації, які сприяють зростанню ринку. США є найбільшим ринком для технологій та послуг біоремедіації у Північній Америці. Крім того, уряд США запровадив кілька правил для сприяння використанню технологій та послуг біоремедіації. Поінформованість, що зростає, про переваги технологій і послуг біоремедіації також сприяє зростанню ринку в Північній Америці. Зростання попиту на технології та послуги біоремедіації у промисловому секторі також сприяє зростанню ринку. На закінчення, ринок технологій та послуг біоремедіації у Північній Америці відчуває значне зростання через зростання попиту на економічно ефективні та екологічно чисті рішення для відновлення навколишнього середовища, наявності великої кількості постачальників послуг біоремедіації та збільшення поінформованості про переваги технологій та послуг біоремедіації.

Ринок технологій та послуг біоремедіації у Європейському регіоні переживає значне зростання. Це свідчить про зростання кількості урядових ініціатив щодо сприяння використанню технологій та послуг біоремедіації. Європейський ринок технологій та послуг біоремедіації обумовлений зростаючою поінформованістю про екологічні проблеми та необхідністю зниження впливу на промислову діяльність на навколишнє середовище. Крім того, зростання попиту на послуги біоремедіації від нафтогазової, хімічної та

фармацевтичної промисловості також стимулює зростання ринку. Очікується, що європейський ринок технологій та послуг біоремедіації буде додатково зумовлений зростаючими інвестиціями у дослідження та розробки. Очікується, що це призведе до розробки нових та покращених технологій та послуг біоремедіації. Крім того, очікується, що зростання попиту на послуги біоремедіації в сільськогосподарському секторі стимулюватиме зростання ринку.

На ринку технологій та послуг біоремедіації в азіатському регіоні спостерігається значне зростання. Регіон є основним для великої кількості галузей, які все частіше використовують технологію біоремедіації, щоб зменшити їхній екологічний слід. Поінформованість, що зростає, про переваги технології біоремедіації сприяє зростанню ринку в регіоні. Уряди в регіоні також запроваджують правила для сприяння використанню технології біоремедіації. Це ще більше стимулює зростання ринку. Зростання попиту на послуги з біоремедіації в нафтогазовій галузі також сприяє зростанню ринку в регіоні. Зростання кількості розливів нафти та інших екологічних лих створює потребу в послугах біоремедіації. Зростання попиту на технологію біоремедіації в сільськогосподарському секторі також сприяє зростанню ринку в регіоні.

Зростання використання добрив і пестицидів створює потребу в біоремедіаційних послугах для зниження впливу цих хімічних речовин на навколишнє середовище. Загалом, ринок технологій та послуг біоремедіації в азіатському регіоні, як очікується, зазнає значного зростання найближчими роками. Зростання попиту на економічно ефективні та екологічно чисті рішення для відновлення навколишнього середовища, зростання поінформованості про переваги технології біоремедіації та зростання попиту з боку секторів нафти, газу та сільського господарства го господарства є ключовими факторами, що сприяють зростанню ринку в регіоні.

Ринок технологій та послуг біоремедіації на Близькому Сході відчуває швидке зростання. Це пов'язано зі збільшенням уваги регіону до охорони

навколишнього середовища та необхідністю зниження впливу на промислову діяльність на навколишнє середовище. Регіон також є основним для низки нафтогазових компаній, які все частіше звертаються до технології біоремедіації, щоб зменшити їхній екологічний слід. Близький Схід також віщує ряд ринків, що розвиваються, таких як Саудівська Аравія, які вкладають значні кошти в технологію біоремедіації. Це пов'язано з бажанням країни зменшити його вуглецевий слід та бажання стати лідером у галузі зелених технологій. Близький Схід також має високий рівень нестачі води. Це призвело до збільшення попиту на технологію біоремедіації, оскільки це може допомогти зменшити забруднення води та покращити якість води. Нарешті, Близький Схід має низку країн з високим рівнем бідності, таких як Ірак та Сирія. Це призвело до збільшення попиту на технологію біоремедіації, оскільки це може допомогти зменшити вплив бідності на навколишнє середовище та покращити якість життя для тих, хто живе у злиднях.

Ринок технологій та послуг латиноамериканської біотемедіації переживає значне зростання. Зростаюче населення регіону та індустріалізація, що росте, сприяють попиту на біоремедіаційні послуги. Ринок латиноамериканської біоремедіації також обумовлений урядовими ініціативами щодо скорочення забруднення та покращення екологічних стандартів. Уряди в регіоні забезпечують стимули для компаній прийняти технології та послуги біоремедіації. Це допомагає збільшити прийняття технологій та послуг біоремедіації у регіоні. Ринок латиноамериканської біоремедіації також зумовлений дедалі більшою доступністю технологій та послуг біоремедіації. Компанії в регіоні інвестують у дослідження та розробки для розробки нових технологій та послуг біоремедіації. Це допомагає збільшити доступність технологій та послуг біоремедіації у регіоні. В цілому, на ринку технологій і послуг латиноамериканської біотемедіації спостерігається значне зростання через зростаючу поінформованість про навколишнє середовище в регіоні, необхідність

зниження впливу на промислову діяльність на навколишнє середовище, зростаюче населення регіону та індустріалізацію та державні ініціативи зі скорочення забруднення. Крім того, зростаюча доступність технологій та послуг біоремедіації допомагає просувати ринок.

Ринок технологій та послуг біоремедіації дуже конкурентоспроможний з кількома усталеними компаніями, що борються за частку ринку, та нових учасників, які прагнуть проникнути на ринок. Ці компанії все частіше інвестують у дослідження та розробки, щоб випереджати конкуренцію та пропонувати нові та інноваційні продукти та послуги.

Ринок технологій та послуг біоремедіації має відносно високі бар'єри для входу через капіталомісткий характер галузі. Ризик входу в країни, що розвиваються, вищий через більш високі витрати на капітал, юридичні обмеження та відсутність інфраструктури.

Існує низка альтернативних технологій біоремедіації та послуг, таких як хімічне відновлення, спалювання та приземлення, які можуть становити загрозу. Однак ці методи зазвичай дорожчі і менш ефективні для видалення небезпечних речовин із навколишнього середовища.

Ринок має велику кількість постачальників, що ще більше зменшує їхній важіль. Покупці на ринку технологій та послуг біоремедіації мають значну договірну потужність через наявність кількох постачальників, які пропонують різні продукти та послуги. Це дає покупцям більший вибір і дозволяє їм домовлятися про вищі умови для своїх покупок.

ВИСНОВКИ

Вермикультивування – це технологічний процес вирощування популяції дощових хробаків у штучних умовах. Вирощені дощові черв'яки використовуються: для продажу клієнтам, які використовують їх для вермікомпостування; для продажу клієнтам, які використовують їх для лову риби; одержання кормового білка та біологічно активних речовин.

Органічне добриво, отримане у процесі переробки органічних відходів (залишків) культурою дощового хробака, зветься вермікомпостом чи біогумусом.

Для отримання біогумусу необхідно досить серйозно підійти до покупки черв'яків та підготовки субстрату (компоста). Черв'яків необхідно купувати разом із субстратом лише у спеціалізованих вермігосподарствах.

Дуже істотна відмінність біогумусу від простих органічних добрив: у ньому міститься велика кількість водорозчинних форм азоту, фосфору та калію – найбільш необхідні речовини. Мікроелементи теж переходять у більш рухливу форму. Зміст доступних водорозчинних фракцій у біогумусі також дуже високий. Це особливо важливо в перший період росту та розвитку рослин.

Використання вермікомпостів прискорює процес проростання насіння, знижує стрес від пересадки рослин, що полегшує отримання ранньої продукції. Застосування вермікомпостів стимулює зростання рослин у вегетаційних умовах, позитивно впливає на їхній розвиток. Відбувається збільшення швидкості зростання ячменю, посилюється енергія проростання насіння зернових, зелених культур, коренеплодів.

У природних умовах проживання на видовий склад та чисельність дощових черв'яків впливає тип ґрунту. На пасовищах у суглинках, легких суглинистих і супіщаних ґрунтах чисельність черв'яків була максимальною і становила до 450 особин/м². У глинистих ґрунтах значно менше (до 230 особин/м²), а в кислих - найменшою (25 особин/м²).

Така особливість має враховуватися та при створенні штучних умов вермикультивування (особливо при вермітехнологічній рекультивації кар'єрів, відвалів, хвостосховищ).

Другим варіантом вермітехнологічного підвищення родючості рекультивованих земель є закритий спосіб вермикомпостування, коли головною метою є отримання готового біогумусу, який потім вноситься у ґрунт і переміщується. Тому іншим напрямом визначення біоефективності вермітехнології послужила серія дослідів, метою яких було отримання біогумусу з найбільшою продуктивністю.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що в сільському господарстві одним із екологічно чистих компостів є вермикомпост. Використання вермикомпостів має низку переваг у порівнянні з мінеральними добривами. Застосування біогумусу дозволяє збільшити врожайність культур, знизити кислотність ґрунту, збільшити коефіцієнт гумифікації, покращити мікрофлору ґрунту, знизити кількість важких металів у ґрунті.

Розмір ринку технологій та послуг біоремедіації був оцінений у 10,5 мільярдів доларів США у 2023 році і, як очікується, досягне 18,2 мільярда доларів США до кінця 2030 року.

Ринок технологій і послуг біоремедіації є сектором, що швидко розвивається, присвячений видаленню забруднюючих речовин з навколишнього середовища за допомогою біологічних процесів. Цей інноваційний підхід використовує природні здібності мікроорганізмів для усунення забруднюючих речовин, відновлюючи екосистеми, порушені небезпечними відходами. Біоремедіація все частіше визнається за її ефективність та екологічність, позиціонуючи її як ключового гравця в управлінні довкіллям.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аддісон Дж.А., Холмс С.Б. Порівняння мікросвіту лісового ґрунту та гострої токсичності дослідження для визначення впливу фенітрогіону на дощових черв'яків. Екотоксикол.навколишнє середовище. Saf. 1995. Т.30,№2. С.127-130.
2. Городний Н. М., Ковальов І. Б., Мельник І. А. Вермикультура та її ефективність: навч. посібник. Київ, 1990. 40 с.
3. Біоконверсія органічних відходів у біодинамічному господарстві. Городний Н. М. та ін. Київ: Урожай, 1990. 256 с.
4. Дощові черв'яки: наукові засади вирощування та практичне використання. І.П. Мельник та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 444 с.
5. Кунах О. М., Жуков О. Ст, Пахомов О. Є. Морфологія дощових черв'яків (Lumbricidae): навч.-метод. посіб. Дніпро: ФОП Дріга Т. В., 2010. 52 с.
6. Повхан М. Ф. Вермікультура: виробництво та використання: навч. посібник. Київ: УкпІНТЕІ, 1994. 128 с.
7. Білай В.І., Білай В.І., Мусіч Є.Г. Трансформація целюлози грибами. Київ. Наук. думка. 1982. 294 с.
8. Бітюцький Н.П., Лукіна О.І., Пацевич В.Г. та ін Вплив хробаків на трансформацію органічних субстратів та ґрунтове харчування рослин. Ґрунтознавство. 1998. N 3. С.309-315.
9. Гудак Р.С., Шарга Б.М. Технологія виробництва біогумусу. Ужгород. "Закарпаття", 1991. 22 с.
10. Давидюк Є.І., Клісенко М.А., Андрієнко В.А. Біодеградація трихлорацетату натрію та роль дощових черв'яків у очищенні ґрунтового покриву від залишків гербіциду. Екотоксикологія. 2001, №7, С.61-65.

11. Дікерсон Г.В. Керівництво з вермікомпостування Н-164. Коледж сільського господарства та дому Економіка Державний університет Нью-Мехіко, США. 2005. 10 с.
12. Дімо Н.А. Земляні черв'яки в ґрунтах Середньої Азії. Ґрунтознавство. 1938. №4. С.17-19.
13. Зражевський А.І. Поширення та ґрунтоутворююча діяльність дощових черв'яків у гірсько-лісових ґрунтах Карпат. Фауна та тваринний світ Радянських Карпат: Навч. Зах. Вінниця. Ун-та. 1959. т.40. С.285-291.
14. Іванців В.В. Вплив едафічних факторів на поширення гірських люмбріцидів в Українських Карпатах. Наук. вісн. Ужгородського ун-ту. Сер. біологія. 2001. С.85-87.
15. Конрад П. Черв'ячні компостери в шкільних програмах. Біоцикл. 1995. Т.36, №2. стор.91.
16. Манівчук Ю.В. Екологічно ефективні системи підвищення продуктивності лучних біогеоценозів Карпат. Київ. Наукова думка. 2003. 294 с.
17. Манівчук Ю.В. Роль біогенних добрив у відновленні екологічного балансу лучних ґрунтів Карпат, їх родючості та гідроакумулюючої функції. Екологія та Ноосферологія. 2002. 12, № 3/4. с.71-78.
18. Мельник І.О., Карпець І.П. Вермікультура: організація господарства, технологія розведення черв'яків та виробництва біогумусу. Зерн. культури.-1998. N 1. С.6-8.
19. Ніколайчук В.І. Екологічний стан Закарпаття. Проблеми та перспективи.-ТОВ „Навчальний друк”. Харків, 2004. 248 с.
20. Сергієнко М.І. Розподіл дощових черв'яків у біоценозах Чорногори за екологічним профілем Ворохта-Говерла. *Pedobiologia*. Прага. 1969
21. Череватов В.Ф. Біотопічна та едафічна приуроченість дощових черв'яків (*Lumbricidae*, *Oligochaeta*) Прут-Дністровського міжріччя. Наук. вісн. Ужгородського ун-ту. Сер. Біол. 2000. №8. С.106-108.

22. Atiyeh R.M., Arancon N., Edwards C.A., Metzger J.D. Вплив обробленого дощовими черв'яками свинячого перегною на ріст і врожайність тепличних кімнатних томатів. Технологія біоресурсів. 2000. 75. С. 175-180.
23. Baskar A., Kirkman J. H., Macgregor A. N. Зміни в доступності калію та інші властивості ґрунту внаслідок поглинання ґрунту дощовими черв'яками. Біол. родючий. ґрунти. 1994. Т.17,№2. С.154-158.
24. Belfroid A., Meiling J., Drenth H.J., Hermens J., Seinen W., Gestel K.V. Дієтичне поглинання суперліпофільних сполук дощовими черв'яками (*Eisenia andrei*). Екотоксикол. Навколишнє середовище. Саф.1995. Т.31,№3. С.185-191.
25. Dominguez J., Edwards C.A., Subler S. Порівняння вермікомпостування та компостування. БіоЦикл, квітень 1997. С.57-58.
26. Edwards C.A., Subler S. Вплив дощових черв'яків на наявність азоту в ґрунті і транспорт в сільськогосподарських екосистемах. In: Proceedings of the Ohio Buried Колоквіум зони оцінки систем управління водоносним горизонтом долини. Коледж ім Сільське господарство, Університет штату Огайо, 1993. С. 59-60.