

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования
«Станция юных натуралистов» Асбестовского городского округа

**Всероссийский конкурс
юных исследователей окружающей среды
имени Б.В.Всесвятского**

Номинация «Обращение с отходами»

«Получение биогумуса в домашних условиях и его свойства»

Автор: Столярова Екатерина Денисовна,
14 лет, 8 класс, обучающаяся
МБУДО «Станция юных натуралистов»,
творческое объединение «Мир вокруг нас»

Руководитель: Столярова Оксана Александровна,
педагог дополнительного образования
МБУДО «Станция юных натуралистов»

Свердловская область, г.Асбест, 2023

Содержание

Введение.....	3
Теоретическая часть.....	4
Вермикомпост, его свойства и назначение	4
Технология вермикомпостирования	5
Разновидности червей для биогумуса.....	7
Методика проведения исследования.....	9
Результаты исследования и их обсуждение	13
Заключение	16
Список источников информации.....	18
Приложения	20

Введение

Актуальность. За последние десятилетия ученые пришли к выводу об уникальной пользе червей для поддержания плодородия почвы. Это в первую очередь связано с тем, что в процессе своей жизнедеятельности черви образуют биогумус – настоящее удобрение, уникальное по своим свойствам и обеспечивающее плодородие земли [9].

Компостирование с помощью дождевых червей приводит к образованию особой структуры почвы. Компост содержит питательные вещества в форме, наиболее благоприятной для питания растений [4].

Вермикомпостирование так же воспринимается как одно из решений проблемы утилизации органических отходов. Оно может уменьшать объемы отходов на свалках и их негативное воздействие на окружающую среду из-за возможности утилизации биологических отходов в местах их образования [14].

То есть, перерабатывая органические отходы с помощью червей, можно не только получить питательное удобрение, но и частично решить проблему переработки органических отходов. В этом и состоит **практическая значимость** нашей работы.

Перед проведением исследования мы выдвинули **гипотезу** – процедуру вермикомпостирования возможно осуществлять в домашних условиях.

Объект исследования: биогумус

Предмет исследования: свойства биогумуса

Цель: определить свойства биогумуса, полученного в домашних условиях

Для достижения мы поставили перед собой **следующие задачи:**

1. Приобрести червей для вермикомпостирования
2. Создать условия для процесса вермикомпостирования
3. Получить биогумус (вермикомпост)
4. Провести анализ физических и химических свойств полученного субстрата

Теоретическая часть

Вермикомпост, его свойства и назначение

В настоящее время для ведения экологически чистого биологического земледелия все чаще стали применять червей для переработки различных органических отходов и обогащать почву продуктами их жизнедеятельности [14].

Гумусное органическое удобрение (вермикомпост, биогумус) – продукт переработки навоза или других органикосодержащих отходов с помощью дождевых червей [9].

В пищеварительном тракте червя органические остатки подвергаются глубоким изменениям: разлагаются до простых соединений, обогащаются кальцием, магнием, нитратами, фосфором; происходит образования гуминовых кислот; многие минеральные соединения превращаются в доступную для растений форму. Под действием выделяемого в пищевом тракте вещества – кальцита – нейтрализуются содержащиеся в субстрате кислоты. Прошедшие через кишечник червей органические остатки и земля выбрасываются в виде экскрементов, которые и представляют собой вермикомпост (биогумус). За сутки взрослый червь пропускает через кишечник количество пищи, равное весу собственного тела. Около 40% этого количества расходуется на жизнедеятельность и 60% выделяется в виде копролитов [1].

Образно говоря, дождевой червь – это уникальная биофабрика, созданная самой природой. Дождевые черви миллионы лет незаметно и постоянно очищали Землю от органических отходов. В их желудочно-кишечном тракте, как в биореакторе, поглощенные органические вещества растительного, микробного и животного происхождения превращаются в ряд физиологически активных субстанций, то есть происходит чудесное превращение мусора в «золото». Задача человека – применить эту природную технологию масштабно, для решения постоянно увеличивающихся экологических проблем [13].

Гумус – это аккумулятор питательных веществ (элементов питания) для растений. В нём сосредоточено 98% запасов почвенного азота, 60% фосфора, 80% калия и содержатся все другие необходимые растениям микроэлементы, сбалансированные между собой

Гумус – это «хлеб» для растений. Он, подвергаясь минерализации, не накапливается в растении, поэтому растениеводческая продукция, полученная с использованием вермикомпоста, отличается лучшими вкусовыми и питательными свойствами, великолепным видом и способностью к длительному хранению. Кроме того, биогумус – это ещё и микробиологическое удобрение, так как оно содержит около ста миллиардов бактерий на кубический сантиметр, в нём имеется много биологически активных стимуляторов роста растений, витаминов, аминокислот, антибиотиков и т. д. Гумусное органическое удобрение, внесённое в почву, стимулирует рост и развитие растений, при этом вегетативный период сокращается и созревание плодов наступает раньше обычных сроков

Биогумус способствует формированию агрономически ценной структуры почвы, создает оптимальный состав почвенного раствора; питательные вещества биогумуса, сбалансированные по NPK и микроэлементам, медленно растворимы и обеспечивают длительное потребление их растениями. Черви, ускоряющие во много раз разложение органического вещества, позволяют в относительно короткие сроки абсолютно экологически безопасным способом превратить разного рода органические отходы в ценное гумусированное удобрение [9].

Кроме того, его можно вносить в любой дозе. По санитарным нормам вермикомпост абсолютно безвреден для выращивания овощей и фруктов [4].

Технология вермикомпостирования

В последнее время были использованы многие различные подходы для решения проблемы утилизации больших количеств органических отходов с помощью вермикультуры. Для этого использовались как простые технологии, требующие больших затрат ручного труда, так и полностью автоматизированные устройства, обслуживаемые оператором. В настоящее время известны следующие основные типы технологии вермикомпостирования:

- вермибурты - это длинные кучи (различной высоты и ширины) органического субстрата, заселенные вермикультурой. Их можно использовать как в помещениях, так и вне их, но такая система требует большой площади земли или больших помещений;

- вермиложа и вермиконтейнеры - это те же вермибурты, имеющие боковые стенки, изготовленные из досок, кирпичей или шлакобетонных блоков. Вермиконтейнеры используются, пожалуй, наиболее широко, как крупными производителями вермикомпоста и биомассы дождевых червей, так и частными домовладельцами и владельцами квартир. Они предназначены для переработки кухонных и садовых отходов. Преимущества этих систем в доступности (так как можно использовать вермикомпостеры различных типов и размеров) и в возможности переработки значительных количеств органических отходов непосредственно на месте (дома, в саду), что устраняет их отправку на свалку;

- вермиреакторы – устройства, разработанные в результате усовершенствования системы вермиложа. Органические материалы ежедневно укладываются слоями поверх вермиложа, располагающиеся на сетке или решетке. Вермикомпост удаляется снизу вермиложа с помощью движущегося скребка, расположенного под сеткой, и падает вниз в приемник, размещенный на полу. Эти системы могут быть двух типов: простые, которые управляются вручную оператором, и полностью автоматизированные, имеющие датчики и устройства контроля показателей влажности и температуры [3].

Начать можно с малого - с вермикомпостирования органических отходов дома и на садовом участке. Вермикомпостирование является одной из тех биотехнологий, которые доступны самым широким массам. Для этого нужно немного:

- вермиконтейнер;
- компостные черви;
- субстрат для червей с запасом корма на неделю;
- вода;
- овощные, фруктовые отбросы кухни и другие растительные остатки.

Вермиконтейнер - это ящик из дерева или пластмассы, например, размером 30х60 см и высотой 20 см. В таком ящике можно перерабатывать ежедневно до 0,5 кг отходов (кухонные отходы двух семей из 3-4 чел.). Для этого в контейнере для старта необходимо иметь в поддерживающем субстрате 0,5 кг компостных червей (1-2 тыс. особей). Контейнер должен находиться в тени или быть закрыт крышкой от солнечных лучей, если вермикомпостирование производится на открытом месте. Для круглогодичной переработки отходов контейнер размещается в зимнее время года в отапливаемом помещении.

Для переработки могут быть использованы следующие отходы органического происхождения:

- навоз сельскохозяйственных и домашних животных;
- растительные отходы (листья, трава, овощные и фруктовые);
- пищевые (бытовые) отходы;
- древесные опилки;
- бумага и картон;
- органическая фракция мусора.

Прежде всего, все отходы должны быть мелко измельчены. Кроме органики, червям необходимы и минеральные вещества. Особенно им необходим такой элемент, как кальций. Источником кальция может быть гипс, мел, доломитовая мука, яичная скорлупа. Все минеральные компоненты необходимо предварительно размалывать в порошок.

Для культивирования в искусственных условиях компостных червей необходимы следующие условия:

- температура субстрата – (20-28) °С;
- влажность субстрата - 70-80 %;
- значения рН среды в диапазоне от 5,0 до 8,0 ед.рН;
- регулярное добавление органических материалов;
- насыщение кислородом воздуха субстрата.

Соблюдение всех этих условий способствует активному росту и размножению дождевых червей при максимальном потреблении корма. Это приводит к ускорению переработки органической фракции ТБО, увеличению выхода высококачественного вермикомпоста и биомассы червей[13].

В ящик помещают субстрат для жизнеобитания дождевых червей. Запускают червей в сам субстрат. Затем на субстрат наслаивают измельченные органические отходы. Один раз в неделю добавляют в субстрат измельченные отходы. Один-два раза в неделю необходимо поливать отстоянной водой содержимое ящика. Когда нижний ящик полностью заполнится доверху, надо поставить на него второй ящик, содержащий корм для червей. Дождевые черви будут переходить из нижнего ящика через сетку. Через несколько недель практически все черви перейдут из нижнего ящика в верхний. Содержимое нижнего ящика - это практически готовый вермикомпост без червей. Когда второй ящик заполнится полностью, то можно поставить на него такой же ящик с сеткой с кормом для червей и продолжать выгонять червей в него.

По окончании процесса вермикомпостирования червей отделяют либо вручную от переработанного субстрата, либо, как указано выше, переселяют их на новый субстрат [13].

Емкость, в которой находится компост, должна быть закрытой, чтобы черви не убежали. Нужно оставить отверстия для доступа воздуха. И обязательно притенять от солнца – черви его боятся. Если биогумус будет производиться в плотных коробках, отверстия должны быть и на дне, чтобы жители не погибли от избытка влаги.

А если поставить под ящик поддон, то можно будет собирать стекающую жидкость. Она называется «вермичай» и является ценной жидкой подкормкой для растений [17].

Разновидности червей для биогумуса

Из большого количества видов дождевых червей, для вермикомпостирования пригодны только некоторые виды: навозный (компостный) червь и его подвиды, обыкновенный дождевой червь и дендробена [3]:

- червь дендробена - это крупные черви от 10 до 30 см в длину, с толстой кожей, красной кровью, лишённые глаз. Средние размеры – от 5 до 13 см в длину и 0,7 см в диаметре, масса от 1 до 12 г. [15].

- навозные (компостные) черви характеризуются быстрым ростом и коротким циклом жизни, легко адаптируются к самым различным видам органических отходов. Они плодовиты и поэтому предпочтительны для вермикультуры. Этот вид червей вырабатывает протеазы и липазы - ферменты, расщепляющие белки и жиры, соответственно. Это очень важно при утилизации пищевых отходов [2]. Червь Старатель – селекционный вид навозного червя, отличающийся набором уникальных качеств: высокая скорость переработки отходов, неприхотливость, выносливость. Цель его выведения — естественное восстановление истощенных земледелием почв [16].

Многие считают, что самый подходящий вид дождевого червя для вермикомпостирования - это красные калифорнийские черви. Под торговой маркой «красные калифорнийские черви» американские и канадские фирмы давно и до сих пор продают различные виды дождевых червей, относящиеся к разным родам, или

смесь нескольких видов, а также дождевых червей. Несмотря на специальные генетические исследования до сих пор не ясно, кого считать «калифорнийцем» [2].

Красный калифорнийский червь — специально выведенный тип дождевых червей для получения биогумуса из органических остатков. Взрослые особи калифорнийского червя имеют продолжительность жизни до 15 лет. За это время они достигают в длину до 10 см и диаметра до 0.5 см половозрелыми черви этого вида становятся при достижении массы в 1 г, а масса взрослых особей достигает до 10 г. [6].

Изучив источники информации по вопросу вермикомпостирования, мы сделали вывод, что это простой способ получения органического удобрения и утилизации отходов. Вермикомпостирование можно осуществлять в домашних условиях, он характеризуется низкими капитальными затратами, не требует много физических усилий и времени, при этом приносит колоссальную пользу человеку и окружающей среде.

Методика проведения исследования

Вся работа проводилась в соответствии с методикой проведения исследования:

1. Подготовка емкости и субстрата для вермикомпостирования
2. Приобретение червей для вермикомпостирования
3. Создание условий для процесса получения биогазуса
4. Уход и наблюдение за процессом вермикомпостирования
5. Сравнительная оценка физических и химических показателей полученного биогазуса (вермикомпоста) и субстрата из компоста

1. Подготовка емкости и субстрата для вермикомпостирования. Приготовили пластмассовые непрозрачные ёмкости разного объема: 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 и 5,0 дм³ (рис. №3, приложение №1).

Учитывая небольшое количество червей, субстрат поместили в емкость объемом 1,0 дм³. В августе в связи с увеличением объема субстрата и количества червей переместили субстрат в ёмкость объемом 2,0 дм³, затем – в пятилитровую емкость (рис.5, приложение №1). По мере заполнения емкости биогазусом сверху размещается дополнительная емкость, на дне которой проделаны отверстия для перемещения червей в верхний ярус.

В качестве субстрата для вермикомпостирования можно использовать резаный гофрокартон, щепу, кокосовое волокно, рваные яичные подложки, древесный наполнитель для кошачьего туалета. Так же в качестве субстрата используются очистки от картофеля и прочих овощей, куриный помет, перепревший навоз, прелая листва, скошенная трава, падалица, пищевые отходы [9].

В нашем эксперименте мы использовали подстилку животных (от кроликов и морских свинок) «Живого уголка» «Станции юных натуралистов». Ежедневно в субстрат добавляли пищевые отходы домашнего использования.

2. Приобрести червей для вермикомпостирования можно в специальных фирмах, занимающихся разведением червей, или в рыболовных магазинах.

Весной 2022 года в рыболовном магазине города Асбест купили упаковку навозных (компостных) червей. Произвели подсчёт червей – в упаковке было около 45 особей (рис. №4, приложение №1).

3. Для жизнедеятельности червей необходимо создать следующие оптимальные условия:

- температура субстрата – (20-28) °С;
- влажность субстрата - 70-80 %;
- значения рН среды в диапазоне от 5,0 до 8,0 ед.рН;
- регулярное добавление органических материалов;
- насыщение кислородом воздуха субстрата [11].

Для активного роста и размножения червей в нашем эксперименте:

- ёмкости с червями находились при комнатной температуре в месте, защищенном от света;
 - влажность субстрата поддерживается ежедневным опрыскиванием из пульверизатора;
 - насыщение кислородом осуществляется за счёт отверстий в ёмкости;
 - регулярно производится добавление субстрата.

Добавление субстрата происходит по следующей схеме:

- 1 раз в неделю (или реже) – добавление подстилки животных из опила и сена
- 1 раз в неделю (или реже) – мелко нарезанные картонные втулки (от туалетной бумаги или бумажных полотенец)
- по мере переработки – пищевые отходы: овощные и фруктовые отходы, чайная заварка, яичная скорлупа и др. (**рис. №6, приложение №1**).

4. Ежедневные наблюдения включают в себя:

- контроль влажности (визуально - следим за тем, чтобы верхний слой биогумуса был влажным и не пересыхал);
- наличие пищевых остатков (визуально - добавление новой порции производим только после того, как переработана предыдущая добавка)
- проверка жизнеспособности червей (визуально – оценка их активности, наличие или отсутствие червей разного возраста)

5. После созревания вермикомпоста провели **оценку физических и химических показателей полученного субстрата:**

- водородный показатель,
- содержания аммиака,
- водопроницаемость,
- влагоемкость
- пористость (порозность).
- Измерение водородного показателя проводили в соответствии с ГОСТ 26423-85 [5] с использованием датчика водородного показателя цифровой лаборатории «Сенсор» (**рис.8, приложение №2**).

Для приготовления водной почвенной вытяжки пробы субстрата массой 30 г, взвешенные с погрешностью не более 0,1 г, помещали в конические колбы. К пробам приливали цилиндром по 150 см³ дистиллированной воды. Почву с водой перемешивали в течение 3 мин на магнитной мешалки и оставляли на 5 мин для отстаивания. Для измерения рН часть почвенной суспензии, объемом 15-20 см³ сливали в химический стакан вместимостью 50 см³ и использовали для измерения. Показания прибора считывали через 1,5 мин после погружения электродов в измеряемую среду [5].

Для **определения содержания аммиачных солей** в субстрате использовали реактив Несслера. Навеску 20 г почвы с естественной влажностью (сразу же после

взятия образцов) помещали в колбу емкостью 250 мл и добавляли 100 мл дистиллированной воды. Содержимое колбы взбалтывали 3 мин. и фильтровали через складчатый бумажный фильтр.

Для установления содержания аммиачных водорастворимых солей определенный объем вытяжки помещали в мерную колбу емкостью 50 мл, добавляли 2 мл раствора сегнетовой соли, приливали воды примерно до 45 мл. Смесь перемешивали, добавляли 2 мл реактива Несслера, снова перемешивали и объем доводили водой до 50 мл. В растворе сразу же начинала развиваться окраска, цвет ее должен быть чисто-желтым, светлого оттенка [8].

Измерение оптической плотности водных почвенных вытяжек проводили с помощью спектрофотометра КФК – 3КМ в кюветах на 50 мм при длине волны 410 нм (рис.9, приложение №2).

Сравнили оптические плотности водных почвенных вытяжек. Если растворы получены одинаково, с использованием одинаковых навесок почвы, одинаковых объемов растворителя и реактивов, то отношение оптических плотностей будет равно отношению содержания водорастворимых форм аммиака в разных субстратах.

Определение физических свойств почвы

- Пористость субстратов определяли с помощью градуированных мерных цилиндров объемом 100 см³ (рис.10, приложение №3).

В градуированный цилиндр вместимостью 100 мл наливают 50 мл воды. В сухой цилиндр объемом 50 мл насыпают почву (до метки), а затем пересыпают в первый цилиндр. После смешения воды с почвой отмечают общий объем [11].

Пористость определяют по формуле:

$$X = (a + b - c) / a * 100\%, \text{ где:}$$

a – объем взятой почвы, см³

b – объем воды, см³

c – объем смеси воды и почвы, см³ [10].

Водопроницаемость почвы определяли с помощью прибора для демонстрации водных свойств почвы (рис.11, приложение №3).

Для определения водопроницаемости сухой измельченной почвы берут стеклянную трубку диаметром 3-4 см и длиной 25-30 см. Отмерив от нижнего конца ее 20 и 24 см, отмечают эти уровни на стекле. Затем обвязывают нижний конец трубы тонким полотном и при встряхивании наполняют ее исследуемой почвой до нижней черты (до высоты 20 см). Укрепив после этого трубку вертикально в штативе, подставляют под ее нижний конец воронку, а под воронку помещают мерный цилиндр. Заметив время, осторожно наливают на поверхность почвы в трубке воды на 4 см, поддерживая все время этот уровень над почвой. Следят за появлением первой капли воды, прошедшей через слой почвы.

Водопроницаемость при этом выражается двумя показателями:

- временем, в течение которого вода пройдет через слой почвы 20 см,
- временем, которое потребуется, чтобы в мерном цилиндре одинаковой площади сечения с трубкой накопился слой воды в 1 см.

Для определения влажёмкости субстратов использовали весы учебные лабораторные электронные (**рис.12, приложение №3**). Для определения влажёмкости берут стеклянный цилиндр с сетчатым дном и заполняют его 100 г воздушно-сухой почвы; затем взвешивают цилиндр с почвой, опускают его в воду и держат до появления ее в верхнем слое почвы. Вынимают цилиндр с почвой из воды, дают стечь влаге до последней капли, а затем вторично взвешивают. Разница в массе между первым и вторым взвешиванием по отношению к массе сухого образца покажет влажёмкость почвы [11].

Результаты и их обсуждение

Место проведения эксперимента – кабинет «Станции юных натуралистов» города Асбест.

В течение всего периода эксперимента у червей наблюдалась хорошая активность, в субстрате встречаются черви разного возраста (различаются визуально по размеру), в субстрате постоянно наблюдаются большое количество коконов червей.

После созревания первой порции биогумуса провели оценку физических и химических показателей полученного субстрата.

В качестве сравнения выбрали субстрат, который используется на «Станции юных натуралистов» - растительный компост (перегной). Отбор пробы субстрата провели на учебно-опытном участке СЮН из компостной кучи. Образец субстрата отобрали из нижних слоев компоста (3- 4 летний перегной) (**рис.7, приложение №1**).

Определение всех показателей почвы проводилось в двух параллельных (повторных) измерениях. За окончательный результат принимали среднее арифметическое значение двух параллельных измерений.

В соответствии с методикой проведения эксперимента оценили химические показатели полученного субстрата: значение водородного показателя и содержание водорастворимых форм аммиака.

Значения водородного показателя субстратов представлены в **таблице №2 (приложение №2)**. Значения водородного показателя биогумуса и компоста составили 6,3 и 5,6 ед.рН. соответственно.

Значения плотностей водных почвенных вытяжек субстратов внесли в **таблицу №3 (приложение №2)**. Так как водные почвенные вытяжки после фильтрования имели желтый цвет, мы измерили их собственную оптическую плотность, внесли в **таблицу №3** и учли это значение при оценке результатов.

В соответствии с методикой исследования определили физические характеристики субстратов: пористость, влагоёмкость и водопроницаемость.

Значения пористости для каждого субстрата и расчетные данные представлены в **таблице №4 (приложение №3)**.

Значения показателей водопроницаемости - в **таблице №5 (приложение №3)**.

Расчётные значения влагоёмкости указаны в **таблице №6 (приложение №3)**.

Все полученные значения внесли в **таблицу №1 «Сводная таблица результатов исследования»**. По **таблице №1** видно, что все изученные нами показатели у биогумуса выше, чем у растительного перегноя.

В соответствии с литературными данными [7] компост является слабокислым субстратом, а биогумус - нейтральным. Так как для выращивания большинства растений необходим нейтральный субстрат, то биогумус может широко применяться в растениеводстве и в качестве удобрения, и в качестве основного субстрата.

Таблица №1 Сводная таблица результатов исследования

Исследуемый показатель	Субстрат	
	Биогумус (вермикомпост)	Компост (растительный перегной)
Водородный показатель образца, ед.рН	6,3	5,6
Оптическая плотность водных почвенных вытяжек после добавления реактива Несслера	1,09	0,73
Пористость, %	56	54
Водопроницаемость образца, сек (время прохождения через слой почвы / время накопления слоя воды в 1 см)	17/20	45/55
Влагоемкость образца, %	41	31

Содержание водорастворимых форм аммиака, как одного из основных источника азота для растений, в биогумусе выше, чем в компосте в 1,5 раза (таблица №1).

Изученные физические показатели биогумуса выше, чем у компоста:

- влагоемкость - в 1,3 раза (рис.1)
- водопроницаемость - в 2,7 раза (рис.2)
- пористость отличается незначительно.

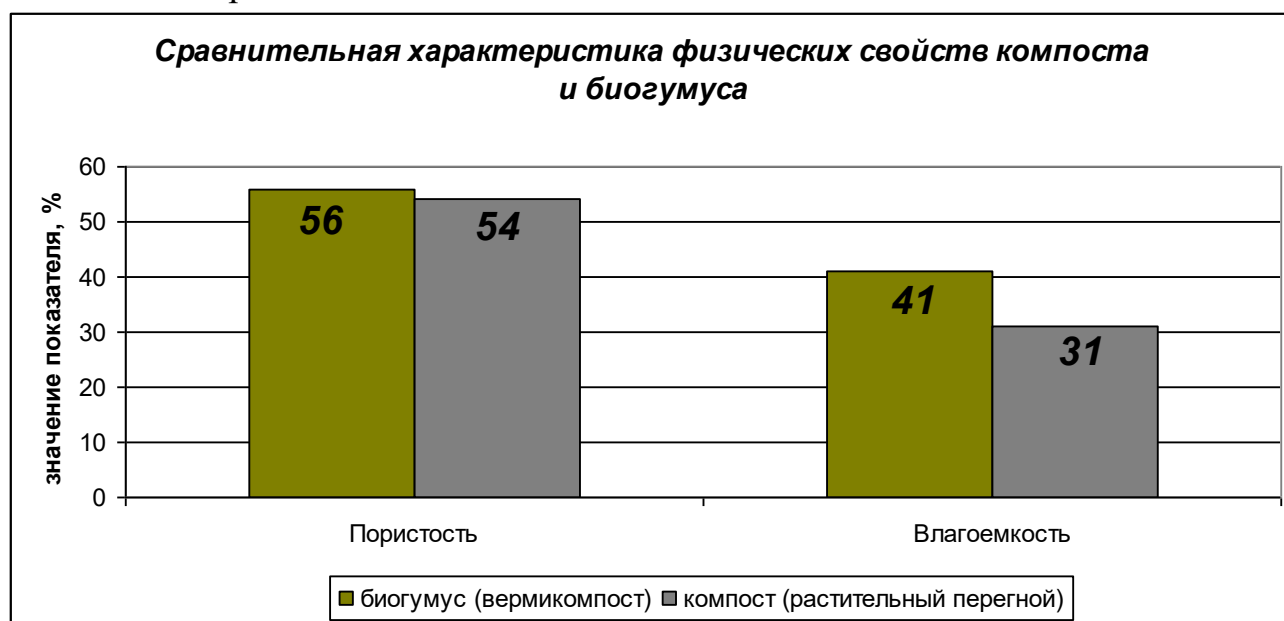


Рис. 1 Сравнительная характеристика физических свойств компоста и биогумуса

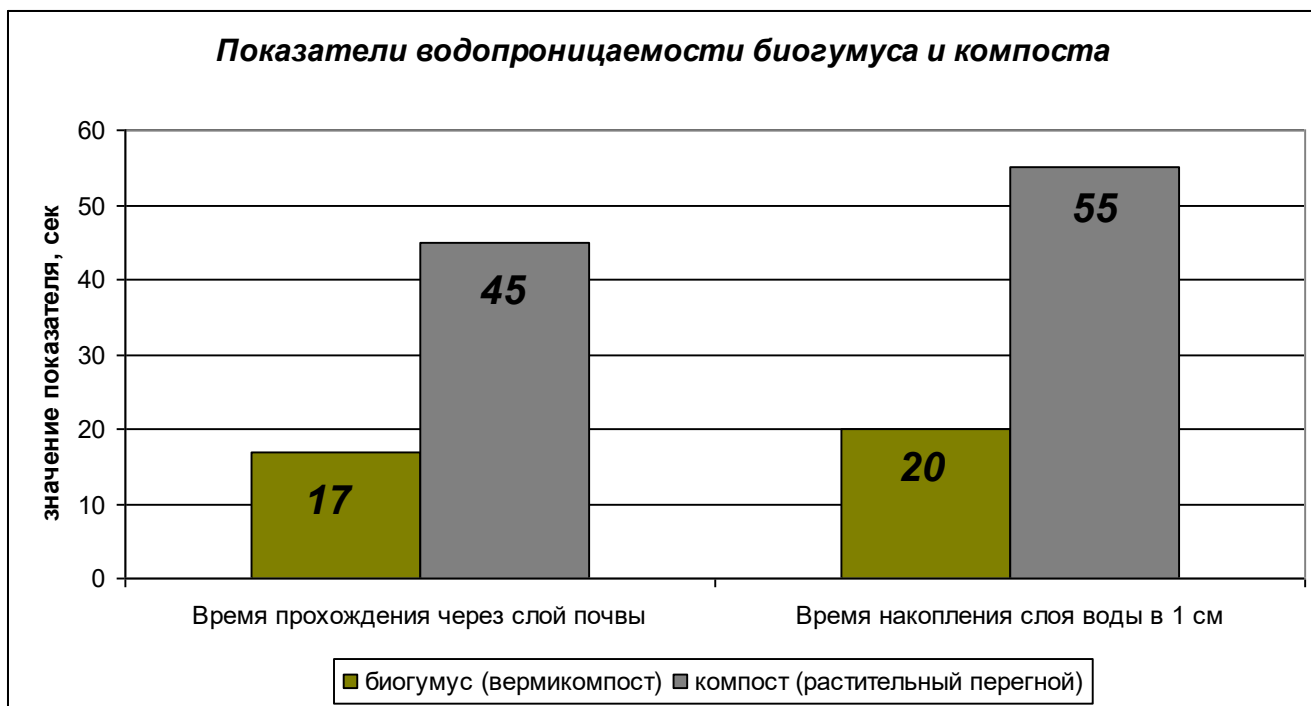


Рис.2 Показатели водопроницаемости компоста и биогумуса

Физические показатели почвенного субстрата имеют большое значение, так как определяют водно-воздушный режим и характер происходящих в почве биологических процессов.

На данный момент эксперимента вермикомпост находится в двух 5 – литровых пластмассовых поддонах. То есть получено около 10 л биогумуса. Учитывая, что количество червей в субстрате увеличилось в несколько раз, увеличение объема субстрата в настоящее время происходит намного быстрее.

Наш вермиконтейнер состоит из четырех емкостей (**рис. №13, приложение №4**):

- крышка вермикомпостера
- две ёмкости с червями (на дне ёмкостей сделаны отверстия, по которым черви из нижнего яруса передвигаются во вторую ёмкость)
- поддон, в котором скапливается стекающая жидкость («вермичай») через отверстия нижнего ящика с червями.

Заключение

В ходе проведенного исследования мы:

1. приобрели компостных (навозных) червей в рыболовном магазине, численность червей на момент начала эксперимента составляла около 45 особей.
2. с помощью подручных устройств и оборудования соорудили вермиконтейнер и создали все необходимые для вермикомпостирования условия (температура, влажность, отсутствие света, регулярные подкормки).
3. за время эксперимента удалось получить 10 литров биогумуса, за этот период объем субстрата увеличился в 50 раз (с 0,5 литров до 10 литров).
4. провели сравнительную оценку физических и химических показателей полученного биогумуса и компоста и сделали следующие выводы о его составе:
 - биогумус является нейтральным субстратом
 - изученные химические и физические характеристики биогумуса выше, чем у растительного перегноя (компоста).

Таким образом, решив поставленные задачи, мы достигли цели – получили биогумус в домашних условиях и определили его химические и физические свойства.

Наша гипотеза подтвердилась. Вермикомпостирование в домашних условиях – реальная, очень простая и незамысловатая процедура, она не требует ни физических, ни экономических затрат. В качестве контейнера для получения биогумуса подойдут любые ёмкости необходимого объема из-под различных бытовых средств или продуктов питания. Главное, чтобы эти емкости были непрозрачными! В качестве субстрата для питания червей – различные органические и пищевые отходы.

То есть, вермикомпостирование - это один из вариантов правильного обращения с отходами: используя пластиковые ёмкости в качестве вермиконтейнеров, мы даем «вторую» жизнь пластику, а добавляя пищевые отходы в качестве субстрата для червей, частично решаем проблему утилизации органических отходов.

А в результате получаем нейтральное органическое удобрение, с высоким содержанием макроэлементов, с отличными физическими характеристиками. Ещё одно не маловажное преимущество биогумуса - он не засоряет почву сорными растениями (так как в него не добавляют ботву растений).

Эксперимент продолжается. Учитывая высокие физические и химические характеристики полученного субстрата, планируем применять его в растениеводстве.

Также планируется изучение химического состава «вермичая» (стекающая жидкость). В интернет – источниках есть информация об использовании этой жидкости в качестве удобрения.

Другое предполагаемое направление развития данного исследования - вермикомпостирование с использованием других видов червей, например, дендробена.

Список источников информации

1. Вермикомпост (биогурус) [Электронный ресурс] // UniversityAgro.ru URL: <https://universityagro.ru/агрохимия/вермикомпост-биогурус/>
2. Вермикомпостирование [Электронный ресурс] // Море зелени URL: https://morezeleni.ru/Inform/?ELEMENT_ID=15769#:~:text=Из%20большого%20количества%20видов%20дождевых,дендробена%20Dendrobaena%20veneta%20и%20др
3. Вермикомпостирование: пошаговое руководство [Электронный ресурс] // KYAMML URL: <https://ru1.kyaaml.org/vermicomposting-step-by-step-guide-8784>
4. Выгузова М.А. Разработка технологии производства биогуруса в установке непрерывного действия [Электронный ресурс] // Cyberleninka URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-proizvodstva-biogumusa-v-ustanovke-nepreryvnogo-deystviya/viewer>
5. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. - Москва: Стандартинформ. – 2011. – 4 с.
6. Калифорнийские черви – особенности разведения [Электронный ресурс] // ВермиФермер URL: <https://vermifermer.ru/chervi/kalifornijskie-chervi-osobennosti-razvedeniya0>
7. Кислотность почвы [Электронный ресурс] // UniversityAgro.ru URL: <https://universityagro.ru/агрохимия/кислотность-почвы/>
8. Колориметрический метод с реактивом Несслера [Электронный ресурс] // Агрохимия 24 URL: <https://agrohimiya24.ru/agrohimicheskie-metody/1701-kolorimetricheskiy-metod-s-reaktivom-nesslera.html>
9. Коццаев А.Г. Биотехнология вермикультивирования органических отходов [Электронный ресурс] // Cyberleninka URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biotehnologiya-vermikultivirovaniya-organicheskikh-othodov/viewer>
10. Определение пористости почвы (общего объема пор) [Электронный ресурс] // MedDr URL: https://www.meddr.ru/rukovodstvo_k_prakticheskim_zanyatiyam_po_me/issledovanie_pochvy/11115.html
11. Определение физических свойств почвы [Электронный ресурс] // Lektsii URL: <https://lektsii.org/12-78929.html>
12. Переработка органики дома: практикум по вермикомпостированию [Электронный ресурс] // Экологическое движение Раздельный сбор URL: <https://rsbor.ru/where-to-start/pererabotka-organiki-doma-praktikum-po-vermikompostirovaniyu/>
13. Переработка органических отходов методом вермиккультуры [Электронный ресурс] // Allbest URL: https://otherreferats.allbest.ru/agriculture/00722494_0.html
14. Федосова М.Д. Вермикомпостирование бытовых отходов с использованием экспериментальных навозных червей [Электронный ресурс] // Cyberleninka URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vermikompostirovanie-bytovykh-othodov-s-ispolzovaniem-eksperimentalnykh-navoznykh-chervey/viewer>

15. Червь дендробена, его особенности и польза [Электронный ресурс] // Живность.ру URL: <https://givnost.ru/cherv-dendrobena-ego-osobennosti-i-polza/#Vidy>
16. Червь – старатель [Электронный ресурс] // ВермиФермер URL: <https://farm-worm.com/cherv-staratel/>
17. Экологически чистое удобрение биогумус – производство в домашних условиях [Электронный ресурс] // Glav-dacha URL: <https://glav-dacha.ru/biogumus-proizvodstvo-v-domashnikh-usloviyakh/>

Приложения

Приложение №1

Процедура вермикомпостирования



Рис.3 Емкости для вермикомпостирования (объем 1,0 дм³, 2,0 дм³, 3,0 дм³)



Рис.4 Компостный (навозный) червь для вермикомпостирования



Рис.5 Вермиконтейнер (объем 5,0 дм³) для получения биогумуса

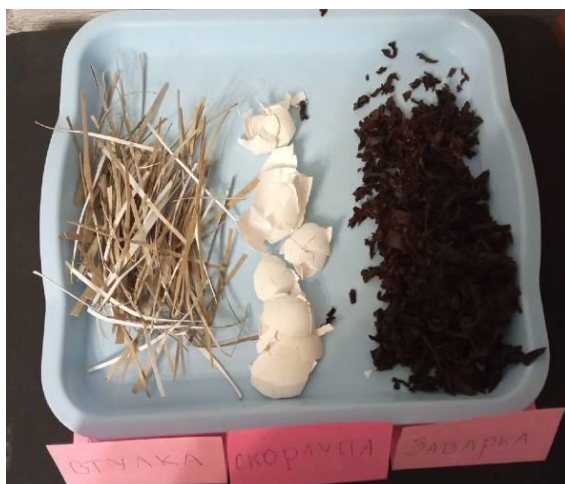


Рис.6 Добавки для субстрата



Рис.7 Полученный биогумус

Определение химических показателей субстратов

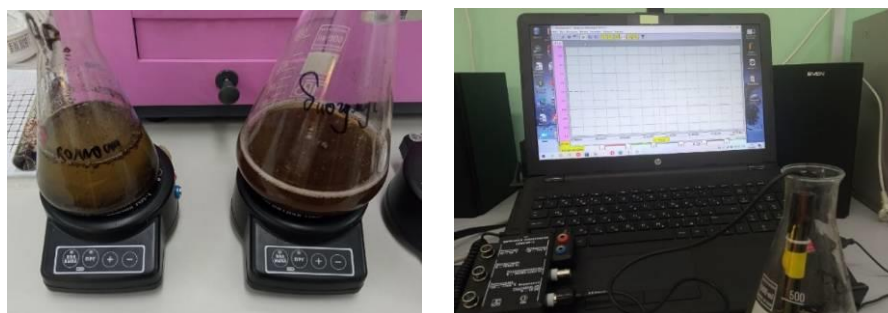


Рис.8 Определение водородного показателя

Таблица №2 Значение водородного показателя субстратов

№ п/п	Субстрат	Номер параллельного измерения	Значение водородного показателя, ед.рН	Водородный показатель образца, ед.рН (как среднее арифметическое двух параллельных измерений)
1	Компост (растительный перегной)	1	5,55	5,6
		2	5,57	
2	Биогумус (вермикомпост)	1	6,25	6,3
		2	6,28	



Рис.9 Определение содержания водорастворимых форм аммиака

Таблица №3 Значение оптических плотностей водных почвенных вытяжек субстратов

№ п/п	Субстрат	Номер параллельного измерения	Значение собственной оптической плотности водной почвенной вытяжки, D_1	Значение оптической плотности после добавления реактива Несслера, D_2	Значение оптической плотности, $(D_2 - D_1)$	Оптическая плотность образца (как среднее арифметическое параллельных измерений)
1	Биогумус (вермикомпост)	1	0,190	1,279	1,089	1,09
		2	0,191	1,290	1,099	
		3	0,190	1,272	1,082	
2	Компост (растительный перегной)	1	0,063	0,787	0,724	0,73
		2	0,063	0,793	0,730	
		3	0,064	0,785	0,721	

Определение физических показателей субстратов



Рис.10 Определение пористости субстратов

Таблица №4 Пористость субстратов

№ п/п	Субстрат	Номер параллельного измерения	Объем субстрата, см ³ , (a)	Объем воды, см ³ , (b)	Объем смеси, см ³ , (c)	Значение пористости, %	Пористость, % (как среднее арифметическое двух параллельных измерений)
1	Компост (растительный перегной)	1	50	50	71	58	54
		2	50	50	75	50	
2	Биогумус (вермикомпост)	1	50	50	74	52	56
		2	50	50	70	60	



Рис.11 Определение водопроницаемости субстратов

Таблица №5 Водопроницаемость субстратов

№ п/п	Субстрат	Номер параллельного измерения	Значение водопроницаемости, сек (время прохождения через слой почвы / время накопления слоя воды в 1 см)	Водопроницаемость образца, сек (как среднее арифметическое двух параллельных измерений), (время прохождения через слой почвы / время накопления слоя воды в 1 см)
1	Биогумус (вермикомпост)	1	17 / 20	17 / 20
		2	16 / 20	
2	Компост (растительный перегной)	1	46 / 57	45 / 55
		2	43 / 52	



Рис.12 Определение влагоёмкости субстратов

Таблица №6 Влагоёмкость субстратов

№ п/п	Субстрат	Номер параллельного измерения	Масса цилиндра с сухой почвой, г, (m_1)	Масса цилиндра с почвой, насыщенной водой, г, (m_2)	Значение влагоёмкости ($(m_2 - m_1) * 100 / m_1$), %	Влагоёмкость образца, % (как среднее арифметическое двух параллельных измерений)
1	Биогумус (вермикомпост)	1	114,2	161,2	41,2	41
		2	114,9	161,8	40,8	
2	Компост (растительный перегной)	1	112,9	148,6	31,6	31
		2	116,4	152,6	31,1	

Вермиконтейнер в лаборатории



Рис.13 Устройство вермиконтейнера