

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет имени
Н.И. Вавилова»**

**Факультет ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий
Кафедра микробиологии, биотехнологии и химии**

ДОПУЩЕНО к защите:
Зав. кафедрой _____ О.С. Ларионова
« ____ » _____ 20__ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**«Оценка эффективности использования отходов
грибоводства в процессах вермикультивирования и
вермикомпостирования»**

Направление подготовки
19.03.01 Биотехнология

Направленность (профиль)
Биотехнология

Обучающийся:
Бадалян Карина Карленовна

_____ (подпись)

Руководитель выпускной квалификационной работы:
д.б.н., профессор, Сазонова Ирина Александровна

_____ (подпись)

Саратов 2021

Содержание

Введение.....	4
1. Аналитический обзор научно-технической информации по теме исследования.....	6
1.1 Отходы сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности.....	6
1.1.1 Отходы сельскохозяйственного производства.....	6
1.1.2 Технологии утилизации отходов сельского хозяйства.....	7
1.1.3 Переработка и использование пищевых отходов.....	10
1.2 Технологии вермикюльтивирования и вермикомпостирование.....	15
1.2.1 Характеристика процессов, их различия.....	15
1.2.2 Биотехнологические процессы вермикюльтивирования и вермикомпостирование.....	18

1.2.3	Характеристика	продуктов	
	вермикультивирования		и
	вермикомпостирование.....		
.....19			
1.3	Грибоводство: характеристика,	технология,	
	продукция, отходы....		24
2.	Выбор	направления	научных
	исследований.....		38
3.		Экспериментальная	
	часть.....		39
3.1	Характеристика объектов исследования. Материалы		
	исследования.....		
..39			
3.2	Методика	исследований	и
	расчетов.....		40
3.2.1	Условия	проведения	процесса
	вермикультивирования.....		40
3.2.2	Методы	исследования	субстрата и
	биогумуса.....		42
3.3	Результаты	исследований	и их
	анализ.....		46
3.3.1	Исследование	субстрата	для
	вермикультивирования	популяции	дождевого
	калифорнийского червя <i>Eiseniafetida</i>		46
3.3.2	Влияние	различного	субстрата на рост
	биомассы	дождевого	калифорнийского
	<i>Eiseniafetida</i>		47

3.3.3 Показатели субстратов после проведения вермикультивирования.....	
.....	50
Заключение.....	
....	52
Выводы.....	
	54
Список	использованных
источников.....	55
Приложение.....	
...	60

Введение

Урбанизация, постоянно увеличивающееся население земли и потребительский образ жизни людей приводят к безмерно возрастающему производству и накоплению громадных объёмов промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов.

Существенная часть этих отходов (до 60-70 %) является органической и нетоксичной по своей природе. Однако, они обладают потенциалом глобального увеличения загрязнения окружающей среды: почвы, воды и воздуха, потому что от них в настоящее время избавляются размещением отходов на свалках, сжиганием в печах или захоронением на полигонах. Эти способы утилизации отходов экологически опасны и экономически невыгодны. Если эти органосодержащие отходы превратить в материалы, полезные для сельского хозяйства, то удастся сохранить огромные количества основных питательных веществ для растений. Поэтому возрастает интерес к использованию органических отходов в качестве удобрений, почвоулучшителей и источников энергии.

Вермитехнологии, то есть технологии, основанные на использовании компостных (навозных) червей, сочетают в себе все эти достоинства и преимущества. Вермикомпостирование – это наиболее экологически безопасная и дружелюбная для окружающей среды биотехнология переработки и утилизации биodeградируемых органических или органосодержащих отходов и превращение их в материалы с добавочной стоимостью. С помощью вермикультуры можно перерабатывать органические материалы отходов, при этом они преобразуются в гумус и биомассу дождевых червей.

Несмотря на то, что за последние десятилетия в бывшем СССР и сегодняшней России было издано очень мало научной и практической профессиональной литературы по вермикультуре, научные исследования компостных червей и разработка биотехнологических способов с использованием компостных червей для переработки органических отходов (технология вермикомпостирования) получили широкое распространение. Вермикомпостирование давно перешагнуло стадию опытных разработок и превратилось во многих странах мира (США, Канада, Китай, ЕС, Австралия и ЮгоВосточная Азия) в крупномасштабный бизнес и стало основой вермииндустрии.

Практическая часть работы была выполнена в УНПК "Агроцентр" Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. Объект исследования – компостная технологическая линия дождевого червя западносибирской популяции вида *Eiseniafetida* (Savigny, 1826). Предмет исследования – процессы вермикультивирования и вермикомпостирования.

Цель работы – оценить возможность использования отходов грибоводства в качестве органического субстрата в процессах вермикультивирования и вермикомпостирования.

В связи с заданной целью были поставлены следующие **задачи:**

1. Изучить опыт использования отходов сельского хозяйства в качестве субстрата в процессах вермикультивирования и вермикомпостирования;
2. Оценить эффективность использования отходов грибоводства на развитие популяции дождевых червей *Eisenia fetida*;
3. Оценить эффективность вермикомпостирования отходов от производства вешенки и шампиньонов по сравнительной характеристике полученного биогумуса.

1. Аналитический обзор научно-технической информации по теме исследования

1.1 Отходы сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности

1.1.1 Отходы сельскохозяйственного производства

Агропромышленный комплекс – лидер среди производственных отраслей по количеству образующихся

вредных веществ. Отходы, получаемые при ведении сельского хозяйства, приводят к глобальному потеплению. Без очистки, утилизации, переработки они отравляют почву, водоемы, негативно отражаются на атмосфере. При этом «сельский мусор» может быть сырьем для удобрений, кормов или топлива. Современные технологии позволяют организовать малоотходное или безотходное производство.

Доля сельскохозяйственных отходов растет ежегодно вместе с приростом населения Земли и увеличением производства пищевых продуктов. Для внедрения принципов бережливого производства каждому сельскому предприятию необходимо выявить наиболее вредные для экологии факторы.

Побочные продукты, получаемые при выращивании растений, разведении сельских животных, работе предприятий сферы АПК, относят к сельскохозяйственным отходам. Их опасность для окружающей среды, способы нейтрализации и утилизации напрямую зависят от типа.

Разведение сельских животных на частных подворьях, на специализированных предприятиях приводит к образованию основной массы отходов. На долю животноводства приходится более половины от общей массы отходов, образуемых в отрасли. При этом переработке подлежат не более десяти процентов вредных веществ. Основные виды отходов животноводства: продукты жизнедеятельности зверей и птиц – навоз или помет, неочищенные стоки, вредные газы, отходы растениеводства.

Мясоперерабатывающие и молочные производства связаны с попаданием в канализацию кровяных телец,

остатков внутренних тканей туш, иных твердых отходов. При отсутствии должных систем очистки они загрязняют водоемы, грунтовые воды.

Негативно влияет на окружающую среду метан, образующийся в скоплениях навоза при складировании в ямы. Этот газ – одна из главных причин глобального парникового эффекта.

С помощью переработки можно снизить негативное воздействие отходов животноводства на сельскую экологию. К примеру, при контролируемом брожении навоз перерабатывается в биологическое топливо. Кости, внутренние органы, ткани животных путем сушки и измельчения превращаются в добавки для кормов. Из экскрементов производят удобрения.

1.1.2 Технологии утилизации отходов сельского хозяйства

Принципы бережливого и экологичного производства базируются на современных технологиях. Они позволяют утилизировать, перерабатывать отходы сельского сектора. Существуют современные способы утилизации разных видов отходов сельскохозяйственного производства, которые признаны экологически безопасными (рисунок 1.1.2.1).



Рисунок 1.1.2.1 – Способы утилизации сельскохозяйственных ОТХОДОВ

Вывоз на поля

Проверенный веками способ утилизации навоза имеет плюсы и минусы. Коровий, конский навоз с подсобных хозяйств допустимо вывозить в поля необработанным для постепенного образования перегноя, удобрения почвы. При этом свиные, куриные экскременты могут нанести вред почве. Из-за повышенной кислотности, наличия антибиотиков, устойчивых к их воздействию микроорганизмов можно испортить экосистему плодородных слоев грунта.

Компостирование

Самый эффективный способ переработки отходов растениеводческой отрасли сельского хозяйства – биоконверсия. Контролируемое брожение позволяет получать натуральные удобрения, биотопливо. Часть растительной массы также может использоваться в качестве корма для сельских животных и птиц. Соблюдение

технологии позволяет получить качественное удобрение. Для этого необходимы специальные площадки, оборудование, запасы материалов, помогающих снизить количество влаги в сырье: торфа, соломы, других.

Компостирование также помогает получить биогумус из жидкого куриного помета и торфа. В зависимости от технологии процесс занимает от пяти дней до двух месяцев. Для ускорения прибегают к помощи полезных бактерий, других микроорганизмов, форсирующих переработку помета.

Биоэнергетические методы утилизации

Комплексный подход к утилизации открывают биоэнергетические технологии, направленные на:

- Переработку отходов животноводства.
- Захват вредных газов.
- Получение биологического топлива в жидком, твердом, газообразном видах.
- Создание удобрений.

Установки работают на навозе, твердых бытовых отходах, остатках сельскохозяйственных кормов, загрязненных стоках, использованных подстилках для зверей и птиц.

Путем поэтапного повышения температуры и разделения продуктов брожения получают твердые удобрения, газ для работы ТЭЦ мини-формата, газомоторное топливо для сельскохозяйственных машин, промышленных охладителей, жидкие аналоги дизельного топлива, другие продукты.

Рыбоводно-биологические пруды

Каскад из прудов-накопителей в четыре этапа перерабатывает неочищенные стоки сельскохозяйственного производства в чистую воду для технических нужд.

В первый пруд направляются стоки с навозом и другими отходами. Отстаиваясь, они расслаиваются на твердые вещества – удобрения – и жидкую фракцию. Ее поедают специально запущенные в пруд виды планктона и водорослей.

Во втором водоеме водоросли насыщают стоки, прошедшие первую ступень очистки, кислородом. Избытки экологически чистых водорослей вылавливают и скармливают скоту.

При попадании в третий пруд водоросли становятся пищей для ракообразных и червей. Четвертый – заключительный пруд – для разведения рыбы. Мальки кормятся зоопланктоном и растениями из третьего пруда. Чаще разводят толстолобика, пища которого – растения, и карпа, предпочитающего рачков и червей.

Вермикультура

Прогрессивная экологичная технология, основанная на выращивании червей. В западных странах чаще используют калифорнийскую породу, в России – червей-старателей. В нетоксичных продуктах животноводства – от помета до иловых отложений сточных труб – выращиваются колонии червей. Съедая лишнее, они создают безопасный биогумус – удобрение. Сама масса червей используется для подкормки животных и птиц.

1.1.3 Переработка и использование пищевых отходов

Пищевые отходы (ПО) – это еда, которая утратила потребительские свойства при ее использовании, переработке или хранении. В небольшом количестве они не представляют опасности для человека.

С ростом городов количество таких отходов растет. Если их не утилизировать, они становятся рассадником микроорганизмов и могут вызвать эпидемию. Переработка отходов питания – проблема человеческого сообщества. Передовые технологические методы превращают данный мусор в энергию, корм для животных и удобрения.

Плотность народонаселения растет. Чтобы прокормить человечество, предприятия производят огромное количество продуктов питания. Отрасль перерабатывает сырье животного и растительного типа, другие ресурсы. Одни компании занимаются первичной обработкой сырьевых ресурсов, а другие – вторичной. Отбросы получаются на стадиях производства, хранения, реализации продукции:

1. При производстве: это отбракованные сырьевые ресурсы, которые потеряли ценность и не соответствуют государственным стандартам.

2. В время реализации: на базах, прилавках магазинов, рынках часть сырья теряют свойства из-за нарушения целостности упаковки, срока годности. Просроченная, некачественная еда отбраковывается и выбрасывается.

3. При приготовлении еды.

Полученные пищевые отходы на всех стадиях обязаны собираться, перевозиться на мусорные полигоны и

складироваться. Часть мусора захоранивается. Остальной мусор используется для вторичной переработки. На государственном уровне разработаны правила и нормы по обращению с пищевыми отходами.

СанПиН (санитарные правила и нормы) – это государственные нормативные акты. Они предотвращают инфекционные заражения и массовые отравления людей и экологии. Правила обращения обязательны для исполнения всеми лицами любой формы собственности. За нарушение санитарных нормативов граждане несут юридическую ответственность.

Отходы пищевого производства бывают в твердом и жидком состоянии. От их физического качества зависит способ утилизации и вторичное применение. В организациях общепита, школах, садах действуют Госстандарты.

Они рекомендуют методы расчета количества потерь при приготовлении еды. Для соблюдения рационального выхода годной продукции используют таблицу отходов пищевых продуктов при их холодной кулинарной обработке. Это помогает снизить процент получаемого мусора.

В классификационном федеральном каталоге мусор делят на 5 категорий опасности:

1. Первый класс наиболее вреден для экологии;
2. Вторым класс несет серьезную опасность. Период восстановления после воздействия длится 30 лет;
3. Третий класс мусора менее опасен. Возврат к первоначальному состоянию возможен после 10 лет;

4. Четвертый класс отходов может наносить природе незначительный ущерб. Период восстановления длится 3 года;

5. Мусор пятого класса безвреден.

Отходы пищевой промышленности по ФККО относят к 4 и 5 классу угрозы. Значение имеет период восстановления экологии.

В остатках пищи быстро размножаются паразиты, начинаются гнилостные процессы. Запах разложения притягивает насекомых и грызунов. Мыши и крысы служат источником распространения инфекции. Для устранения эпидемии несортированные пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания вовремя утилизируются.

Особенные условия предписываются к их временному хранению на территории учреждения. Предприятия, где возникают остатки еды, проводят их сбор отдельно от остального мусора. Для сбора пищевых отходов применяют контейнеры, оснащенные крышкой.

Временное хранение пищевых отходов при отсутствии холодильного оборудования составляет зимой 30 часов, летом – 8. Емкости для сбора должны обрабатываться с помощью химических веществ. Вывоз проводят в утреннее и вечернее время. Ответственными лицами назначаются руководители учреждений.

Емкости, которые используются для сбора пищевых отходов, не могут применяться для мусора другого назначения. Вывоз производят транспортные организации, имеющие специальное оборудование для работы с таким

видом мусора, с документами, подтверждающими класс опасности и количественное содержание вредных веществ в нем.

Организация общепита или дошкольное учреждение составляют договор на вывоз пищевых остатков. Предприятие заполняет журнал регистрации ПО, куда ежедневно вносятся данные по их учету. Образец заполнения журнала учета обращения пищевых отходов заказывают в компании, которая проводит санитарный аудит.

Транспортная организация, имеющая договор на вывоз пищевых отходов, отвозит большую часть мусора на полигоны, где он захоранивается. Другая часть, не прошедшая денатурацию, применяется для дополнительного корма скоту.

Остатки пищи используются при производстве кормов для скота и домашних питомцев. В них содержится необходимые компоненты:

- жиры;
- белки;
- крахмал;
- минералы;
- витамины.

Применяемая технология позволяет получить корм, годный для полноценного питания.

Биопереработка

Переработка пищевых отходов в корма предполагает использование чистых остатков без вредных непищевых примесей. Биопереработка применяется для утилизации

мусора, который не может применяться для получения еды для животных.

С помощью новейших технологий органику перерабатывают бактерии. Технология переработки превращает мусор в перегной или безвредный гумус, который не вредит экологии, а также безопасен для человека.

Свалка

Мусорные полигоны используются для разного вида отбросов. Они занимают плодородные земли, разрушают почву, выделяют органические кислоты. Связываясь с тяжелыми металлами, попадают в воду, нарушая баланс всей экосистемы. Захоронение пищевых отходов на свалках применяется в ряде стран. Он считается устаревшим методом утилизации.

Термообработка

При термальной обработке пищевой мусор сжигают в печах. При сжигании получают энергию, которая используется для отопления, подогрева воды. Такой способ утилизации помогает избавиться от значительных объемов мусора. В процессе выделяются токсические вещества. Обеззараживание помогает уменьшить экологическую угрозу.

Утилизация в домашних условиях

Дома многие выбрасывают в ведро остатки пищи или сливают их в канализацию. Использование пищевых отходов должно быть рациональным. Существуют аппараты, принцип действия которых основан на применении червей. Они перерабатывают объедки в полезный гумус, который в

дальнейшем применяют в качестве удобрения. Используются метод компостирования остатков пищи на частных участках.

Способы утилизации жидких пищевых отходов

Утилизация жидких остатков отличается от переработки твердого мусора. В жидких продуктах образуется осадок.

На производстве применяют флотацию. С этой целью пищевые отходы насыщают воздухом. Пузырьки проникают в жидкость. Они помогают осадку всплыть на поверхность. Процесс регулируется путем изменения подачи напора воздуха и занимает до 8 часов. Осадок извлекают, а потом утилизируют. Если осадочные вещества занимают значительный объем в жидкости, применяют гравитационный метод. Он помогает уплотнить сток с помощью давления. Процедура занимает 24 часа.

Наиболее рациональным способом устранения является кондиционирование.

Процесс состоит из:

- реагентной обработки;
- безреагентной обработки осадка.

При первом способе переработка отходов пищевых предприятий получается в виде крупных хлопьев, во втором используются критические температуры.

Возможно удаление осадка с помощью пиролиза. Удаление протекает в бескислородном режиме. Влага под действием высокой температуры испаряется, затем полученный сухой осадок извлекают. Последний метод наиболее эффективный.

Вторичное использование пищевых отходов, утилизация позволяют сохранить природные ресурсы, восстановить экологическое равновесие. Использование остатков пищи в качестве компоста повышает плодородность почвы. Использование энергии при сжигании экономит топливные ресурсы. Уменьшается количество мусорных свалок. Бюджетные средства на строительство новых полигонов можно направить на восстановление природной среды.

Продукты утилизации ПО и их применение

Пищевые отходы после утилизации используют как:

- минеральное сырье – полученное с помощью компостирования сырье заменит добываемые природные минеральные удобрения. Такой продукт не оказывает вредного воздействия на растительный и животный мир;
- добавки– переработанные в кормовые добавки, полезные ингредиенты сохраняются и применяются повторно;
- заменитель топлива – отходы могут применяться как альтернативное топливо, заменяя древесину и газ. Используя передовые способы, получают газ путем брожения органических веществ и получения метана.

Таким образом, утилизация пищевых отходов поможет не только сберечь природу, но и получить выгоду от вторичного использования.

1.2 Технологии вермикультивирования и вермикомпостирование

1.2.1 Характеристика процессов, их различия

Современная мировая наука и практика большое внимание уделяют проблемам переработки органических отходов и рационального использования их как высокоценного биологического ресурса. Однако применение большинства технологий биоконверсии требует значительных энергозатрат, при этом эти технологии не являются безотходными и, соответственно, экологически чистыми. Качество большинства полученных из отходов животноводства органических удобрений не отвечает агротехническим и экологическим требованиям из-за наличия патогенов, жизнеспособных семян сорняков и неприятного запаха, что не исключает вероятности загрязнения воздуха, почвы и грунтовых вод водорастворимыми фракциями азотсодержащих соединений. В конце XX века в США, Западной Европе, Японии и других странах мира начали внедрять вермитехнологию переработки органических отходов, которая решает эти проблемы [15]. Вермитехнология – система организационно-технических мероприятий по культивированию дождевых компостных червей на разных субстратах в конкретных экологических условиях, обработке и применению копролита и биомассы червей в сельском хозяйстве. Это новое направление сельскохозяйственной науки. Ее применение позволяет повышать продуктивность, экологическую устойчивость и саморегулирующую способность агроэкосистем. В мировой литературе вермитехнологию рассматривают как элемент экологически чистого сельскохозяйственного производства. Вермитехнология имеет два направления:

- вермикультивирование, при котором размножают дождевых компостных червей или получают их биомассу;

- вермикомпостирование, главной целью которого является экологически безопасная переработка различных органических отходов и получение массы экскрементов дождевых компостных червей - копролита (биогумуса, вермикомпоста) - ценного органического удобрения.

При переработке органических отходов этими методами конечными продуктами являются биогу́мус (органическое удобрение) и биомасса дождевых червей. Вермикультивирование в большей степени ориентировано на получение биомассы дождевых червей с целью их последующего использования в качестве кормовой добавки в рационах питания птиц и свиней, в фармацевтике, а также технологиях обезвреживания почвенных загрязнений, восстановления почв и повышения их плодородия. Основные цели вермикомпостирования – это переработка органических субстратов для получения удобрительных компостов (биогумуса) и восстановления плодородия почв, обезвреживание бытовых отходов, ОСВ, других отходов, трудно поддающихся утилизации.

Наибольшее распространение вермикультивирование и вермикомпостирование получили в США, Канаде, Китае, Индии, Южной Корее, Австралии, Италии, Мексике и на Кубе. На российском рынке также наблюдается рост числа в основном небольших вермикомпостных хозяйств, производящих биогу́мус. Опыт применения технологий вермикомпостирования и вермикультивирования в России описан в монографиях Г.У. Мезлой и И.Н. Титова.

Дождевые черви нуждаются прежде всего в азотсодержащей органике, запасы которой в почве ограничены, поэтому наибольшая численность дождевых червей обычно наблюдается в местах локализации органического субстрата, богатого азотом (на пастбищах, вблизи экскрементов травоядных животных и т.д.). Кроме азотсодержащих веществ (белков, аминокислот) перерабатываемое сырье должно содержать углеводы, разнообразные минеральные вещества, витамины, клетчатку, и, напротив, не содержать токсичных ядовитых веществ, характерных для городских ТБО. В составе субстрата для роста червей также должен присутствовать минеральный инертный наполнитель, песок или почва. Оптимальными для жизнедеятельности червей являются влажность 60-80 %, температура 15-25°C, рН 7,0-7,6, темнота, хорошая аэрация. Черви чрезвычайно чувствительны к выделению газов, образующихся в процессе гниения – аммиаку, сероводороду и метану. Допустимый уровень содержания аммиака – 0,5 мг на килограмм субстрата. Поэтому в промышленных установках вермикультивирования стараются избегать образования мертвых (застойных) зон и поддерживают содержание кислорода в газовой фазе не менее 15 %, а CO_2 – не более 6%. На размножение червей отрицательно влияет перенаселенность перерабатываемого субстрата, поэтому плотность популяции является важным контролируемым показателем.

По отношению к перерабатываемым субстратам черви должны обладать не только повышенной способностью потреблять субстрат и высокой скоростью его разложения, но

и быстро адаптироваться к смене субстрата и быть устойчивыми к заболеваниям. Из всего разнообразия дождевых червей для вермикультивирования пригодны только несколько видов. Многие виды специально выведенных рас червей требуют адаптации к локальным условиям и часто заражены нематодами – другими червями-паразитами, многие из которых фитопатогенны для сельскохозяйственных растений. Борьба с нематодой чрезвычайно сложна и малоуспешна.

1.2.2 Биотехнологические процессы вермикультивирования и вермикомпостирование

Вермикультивирование – процесс воспроизводства популяции дождевых червей. Производственный опыт свидетельствует, что для повышения эффективности вермифермации данный процесс должен базироваться на культивировании навозных червей, обладающих высокими технологическими качествами. Практически, основным компонентом всех технологий вермикомпостирования является навозный червь *Eisenia fetida/foetida* (Savigny, 1926).

Компостные черви интенсивно питаются и потребляют большое количество органики. Многочисленные источники информации на данную тему приводят различные сведения, касающиеся продуктивности вермиккультуры.

В основе процесса вермикомпостирования лежит биологическая особенность червей заглатывать кусочки органического вещества, трансформировать в кишечной полости до гуматов и выделять в виде небольших комочков продолговатой формы (копролитов). Органическое сырье,

заселенное червями, в течение 1-2 дней теряет неприятный запах, а через 4-6 недель превращается в органическое удобрение, свойства и качество которого зависят от вида компостируемого материала.

Короткий срок компостирования объясняется тем, что сырье перерабатывается одновременно тремя группами организмов: червями, простейшими и микроорганизмами. При этом создаются условия, которые способствуют подавлению патогенной микрофлоры. Коэффициент гумификации при традиционной переработке органического сырья обычно не превышает 10%, а в сырье, заселенном червями, он увеличивается в 1,5 - 2,5 раза [4].

Вермикомпостированием достигается не только трансформация навоза (помета) животных и/или подстилки, соломы, опада листьев и др. в органическое удобрение (биогумус), но и получение сырья в виде массы червей для производства кормовой добавки.

Технология вермикомпостирования основана на том, что черви в процессе жизнедеятельности заглатывают органические остатки, измельчают их в кишечнике, химически трансформируют и выбрасывают наружу, тем самым увеличивая площадь их контакта с микроорганизмами-деструкторами, участвующими в разложении отходов, и улучшают условия для их жизнедеятельности [1].

Черви делают процесс преобразования органического материала более интенсивным, также происходит активная минерализация органического вещества. Высвобождаются такие биологически активные вещества, как фосфор и калий.

Компостирование с помощью дождевых червей приводит к образованию особой структуры почвы. Компост содержит питательные вещества в форме, наиболее благоприятной для питания растений. Кроме того, его можно вносить в любой дозе.

1.2.3 Характеристика продуктов вермикультивирования и вермикомпостирование

Вермикультивирование является мощным источником воспроизводимого полноценного белка для животноводства, что объясняется, с одной стороны, богатым аминокислотным составом, с другой стороны, пролонгированным действием биостимуляторов вермикультуры, которые улучшают обменные процессы и укрепляют иммунную систему, что повышает сохранность и эффективность использования кормов. Применение этих кормов позволяет повысить живую массу, в частности птицы, на 40% по сравнению с контролем и увеличить сохранность птицы на 10%, что объясняется не только улучшением протеиновой части рациона, но и активности пищеварительных ферментов.

Одна тонна органической пищи при переработке ее червями дает 100 кг биомассы червей, которая отличается высокой питательной ценностью. Черви содержат до 70% белка, содержащего 18 аминокислот, в том числе 8 незаменимых, до 8-11 % жира, до 5-20 % углеводов. В состав биомассы входят многочисленные ферменты, витамины группы В, биотин, никотиновую, фолиевую и пантотеновую кислоты, микроэлементы, а также ряд физиологически активных соединений.

Имеются данные, что на Московской птицефабрике происходит утилизация куриного помета методом вермикомпостирования с целью получения белковых кормовых добавок и биогумуса. Расчет проводится при условии выхода помета 40 тыс. тонн. Это количество помета позволяет получить при вермикомпостировании 800 тонн кормодобавок и 16 тыс. тонн биогумуса, что обеспечивает экономическую эффективность в размере 200 и 2800 млн. руб., соответственно и повысить КПД использования кормов в среднем на 25 %. Белок, полученный из червей, использовался с высоким эффектом и для других видов животных.

При выходе помета по Московской области, составляющем приблизительно 600 тыс. тонн, организация вермикомпостирования позволит полностью решить вопрос кормовых добавок, улучшит санитарно-гигиеническое состояние региона, а сопряженное производство кормовых добавок и биогумуса позволит максимизировать его экономическую эффективность и позволит получить ценное органическое удобрение.

С каждой тонны субстратов на основе птичьего помета при культивировании навозных червей образуется 8 кг живой биомассы червей за цикл их развития (160 + 20 суток) с площади 1 кв. м. В течение года количество их возрастет примерно в 1000 раз, биомасса более чем в 100 раз. Изготовленный из навозных червей порошок содержит примерно 61-72 % белков (больше чем рыбная мука (61 %), мясная мука - 60 %, белковый концентрат сои - 45 % или сухие дрожжи - 44 %).

По мнению итальянских специалистов, можно получать с 1 кв. м до 100 кг биомассы червей в год. Для этого изымать их из субстрата следует через каждые 2 месяца культивирования на стадии завершения логарифмического роста популяции. культивирование дождевой червь копролит

В настоящее время среди потребителей огромной популярностью пользуются органические продукты. Это продукция сельского хозяйства и пищевой промышленности, которая изготовлена в соответствии с утвержденными правилами (стандартами), предусматривающими отказ от использования (минимизацию использования) пестицидов, синтетических минеральных удобрений, регуляторов роста, искусственных пищевых добавок, а также запрещающими использование генетически-модифицированных продуктов (ГМО). Например, в сельском хозяйстве на полях не используют минеральные быстрорастворимые удобрения, а для борьбы с вредителями используют физические и биологические методы: ультразвук, шум, свет, ловушки, температурные режимы. Относительно готовой продукции – запрещено рафинирование, минерализация и другие 20 приемы, которые снижают питательные свойства продукта, а также добавление искусственных ароматизаторов, красителей (кроме тех, что определены в соответствующих стандартах) [18]. В общем, это фрукты и овощи, рост и развитие которых происходит в естественной среде, при этом используются натуральные удобрения. В таких условиях невозможно получать высокие урожаи, больше сохраняется качество продукции. На протяжении многих лет такие продукты выращивали лишь частные фермерские хозяйства,

используя различные компосты. Одним из экологически чистых компостов в органическом растениеводстве в том числе является вермикомпост. В настоящее время в любом хозяйственном магазине можно купить почвенный грунт, в составе которого обязательным компонентом является вермикомпост [13].

Весьма существенно отличие биогумуса от простых органических удобрений: в нем содержится большое количество водорастворимых форм азота, фосфора и калия – самых необходимых веществ. Микроэлементы тоже переходят в более подвижную форму. Содержание доступных водорастворимых фракций в биогумусе также очень высокое. Это особенно важно в первый период роста и развития растений [3].

Биогумус или вермикомпост получается при утилизации органического сырья (самых различных отходов) с помощью дождевых червей промышленных линий. К основным его свойствам относятся высокое содержание гумуса, улучшенные физические свойства, низкая кислотность, малое содержание тяжелых металлов, которое зависит от вида утилизируемого сырья. Кроме повышения урожайности, его можно применять для «омоложения» почвы в случае ее деградации. Технология вермикомпостирования является практически безотходной. Она основана на способности червей поглощать в процессе своей жизнедеятельности органические остатки и почву, которые в организме червей измельчаются, химически трансформируются, обогащаются питательными элементами, ферментами и микроорганизмами [20].

Биогумус представляет собой черную рассыпчатую и приятно пахнущую почвоподобную массу, похожую на чернозем. Так как биогумус содержит большое количество (до 32% на сухой вес) гуминовых веществ – гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумины, – то это придает этому органическому удобрению высокие агрохимические и ростстимулирующие свойства.

Все питательные вещества находятся в нем в сбалансированном сочетании и в виде биодоступных для растения соединений. Биогумус не содержит патогенных микроорганизмов, яиц гельминтов, семян сорняков и тяжелых металлов. Более того, он содержит в себе уникальное сообщество полезных для почвы и растений микроорганизмов, которые при внесении биогумуса в почву заселяют ее, выделяют фитогормоны, антибиотики, фунгицидные и бактерицидные соединения, что приводит к вытеснению патогенной микрофлоры. Это все, в конечном счете, оздоравливает почву и устраняет многие широко распространенные болезни растений. Удобрение легко и постепенно усваивается растениями в течение всего цикла своего развития. Применение этого удобрения улучшает агрохимические свойства, повышает качество и улучшает урожай сельскохозяйственной продукции.

В США и Канаде разработаны современные вермитехнологии, позволяющие утилизировать всевозможные органические отходы и получать в течение 7 суток с площади 20 кв. м 1 т биогумуса.

По данным других авторов за 200 дней – на 1 кв. м перерабатывается более 1 т. компоста и получается 500 кг

биогумуса 50 % влажности и 10 кг биомассы живых червей. При этом масса увеличивается в 20-50 раз (при плотности 2-3 тыс. на 1 кв. м). Кроме того, канадские ученые указывают, что 1 т навозных червей за 24 часа потребляют в качестве пищи 1 т свиного навоза. Адаптация навозного червя (ККГ) к свиному навозу составляет 6 месяцев. Если гряда – (2 кв. м) будет содержать 100 тыс. червей смешанного размера, включая коконы, то из этой гряды можно получить 6 ц. биогумуса в год и ежемесячно 10 тыс. взрослых особей.

Эффективность биогумуса:

- быстро восстанавливает естественное плодородие почвы, улучшает ее структуру и здоровье;
- не обладает инертностью действия: растения и семена сразу реагируют на него;
- сокращает сроки прорастания семян, ускоряет рост и цветение растений, сокращает сроки созревания плодов на две-три недели;
- обеспечивает крепкий иммунитет у растений, повышая их устойчивость к стрессовым ситуациям, неблагоприятным погодным условиям, бактериальным и гнилостным болезням;
- обеспечивает высокую приживаемость саженцев и рассады, оптимальный рост цветов, их интенсивное и продолжительное цветение;
- значительно повышает урожайность и улучшает вкусовые качества выращиваемой продукции;
- связывает в почве тяжелые металлы и радионуклиды, не дает растениям накапливать нитраты;
- обеспечивает стабильный высокий экологически чистый урожай.

Таким образом, биогумус служит очень ценным удобрением в сельском хозяйстве. Его применение позволяет увеличить урожайность культур, снизить кислотность почвы, увеличить коэффициент гумификации в 1,5-2,5 раза, улучшить микрофлору почвы, снизить количество валовых форм тяжелых металлов в почве [20].

1.3 Грибоводство: характеристика, технология, продукция, отходы

Грибоводство в России – одна из новых, молодых отраслей сельскохозяйственного производства. В мировой практике – это высокорентабельное производство, базирующееся на современной научно обоснованной технологии, обеспеченной техническими средствами, технологическим оборудованием и системой машин. Развитие материальной базы отрасли позволило за последние 30 лет перевести производство шампиньона и вешенки на промышленную основу, существенно повысить выход высококачественного продукта, имеющего большой спрос как на внутреннем, так и на международном рынке. Отрасль грибоводства приобретает огромное значение в связи с серьезным ухудшением экологической среды и невозможностью использования в пищу дикорастущих грибов.

Грибоводство отличается от других отраслей сельскохозяйственного производства и имеет ряд преимуществ благодаря возможности производства грибов круглый год, интенсивному типу производства, высокой урожайности, возможности утилизировать отходы других отраслей сельского хозяйства и использованию различных

приспособленных помещений при их соответствующей реконструкции. Перевод отрасли грибоводства на индустриальную основу в России начался в 1976 году, когда были введены в эксплуатацию два крупных грибоводческих комплекса в Московской и Ленинградской областях мощностью 700т грибов в год каждый, построенные по совместному советско-голландскому проекту. Развитие отрасли шло по пути организации крупных предприятий-гектарников с объемом производства свежих грибов 800-1000 т в год, как на отечественном, так и на импортном оборудовании в Чувашии, Татарии, Подмоскowie (г. Кашира).

Крупные промышленные комплексы по производству шампиньонов являются специализированными предприятиями с высоким (до 90%) уровнем механизации и автоматизации технологических процессов. Для поддержания оптимального температурно-влажностного режима, регулирования подачи воздуха и отвода газообразных продуктов обмена веществ камеры выращивания грибов оборудованы системами кондиционирования, водо- и пароснабжения, отопления и вентиляции, а также системами автоматического контроля и регулирования условий микроклимата с использованием компьютерных систем. Грибоводство – перспективная отрасль сельскохозяйственного производства в России, которая привлекает к себе внимание не только крупных, но и мелких производителей.

Технология приготовления субстрата, разработанная во Всероссийском научно-исследовательском институте

овощеводстве, включает три последовательных и взаимосвязанных процесса:

- предварительную подготовку соломы размягчения (анаэробная фаза);
- ферментацию (аэробная фаза);
- термическую обработку субстрата (пастеризацию и кондиционирование субстрата).

Предварительная подготовка соломы заключается в ее увлажнении до 75-80% на специальной площадке компостного цеха, отминке колесным трактором, внесении добавок – куриного помета, минеральных удобрений и их смешиваний с увлажненной соломой с помощью вильчатого фронтального погрузчика или бульдозера. Солому укладывают на площадке слоем около 1 м и с помощью стационарной системы полива увлажняют в течение 3-5 дней. Расход воды составляет 2500-3500 л на 1 т соломы. В процессе увлажнения осуществляют отминку, а в конце периода увлажнения на слой соломы с помощью тракторного навозоразбрасывателя кладут куриный помет. Смесь соломы с куриным пометом для размягчения формируют в бурт с помощью фронтального тракторного погрузчика и выдерживают в течение 4-5 дней. Если необходимо, массу в период размягчения дополнительно увлажняют до 72-75%. Расход воды составляет 500-1000 л на 1 т воздушно-сухой соломы.

При приготовлении субстрата на основе соломистого конского навоза предварительная подготовка навоза состоит из его заготовки, до увлажнения (при необходимости), внесения добавок и их смешивания с конским навозом.

Размягченную массу соломы формируют в рыхлый бурт шириной 1,8-2,0м, высотой 1,7-1,8м произвольной длины. В период формирования бурта всю массу или ее отдельные части увлажняют.

При промышленном выращивании культуры бурт формируют с помощью буртоукладочной машины, массу подают в приемный бункер машины фронтальным тракторным погрузчиком. После разогрева (на третий-четвертый день после формирования) на его поверхность вносят гипс из расчета 60 кг на воздушно-сухой массе соломы (20-25 кг на 1 т ферментируемой массы). Затем бурт перебивают. Последующие перебивки осуществляют через 3-5 дней по мере подъема температуры внутри бурта до 65-700 С.

Число перебивок зависит от качества предварительной подготовки материалов и активности процесса ферментации. Как правило, для получения субстрата хорошего качества трех-четырёх перебивок достаточно. В период перебивок (лучше в начале) массу, в целом, или ее отдельные ее места при необходимости увлажняют. Общий расход воды во время перебивок составляет 1000-1500 л на 1 т воздушно-сухой соломы.

Если предварительную подготовку соломы провести нельзя, то исходные материалы закладывают в бурт, тщательно увлажняют водой в течение нескольких дней, а затем осуществляют ферментацию по аналогичной схеме. Этот способ можно использовать при приготовлении субстрата на основе конского или соломистого конского навоза. В настоящее время разработана технология с

укороченным периодом ферментации, обеспечивающая сокращение потерь массы субстрата и питательных веществ. Однако практика показывает, что освоение технологии «короткого компостирования» как правило, целесообразно проводить лишь после тщательной отработки предложенной в рекомендациях технологии. Информацию по технологии «короткого компостирования» представляет научно-технический центр по защищенному грунту и грибоводству при Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства.

Готовый для пастеризации субстрат должен иметь следующие показатели:

- однородную структуру, солому темно-коричневого цвета, при скручивании жгута рваться со значительным усилием;

- при сжатии мазать руку, при этом между пальцами выделяется жидкость, солома хорошо пружинит;

- влажность 70-75%, содержание общего азота (на сухое вещество 1,5-2,0%, резкий запах аммиака, реакция среды (рН водной суспензии) около 8.

ЗАКЛАДКА СУБСТРАТА

Готовый субстрат перевозят в шампиньонницу и наполняют им стеллажи, контейнеры или камеру (тоннель) для пастеризации в массе. При выращивании шампиньонов по однозольной системе на стационарных стеллажах их наполняют субстратом с помощью комбинированного транспортера, в приемный бункер транспортера субстрат загружают фронтальным тракторным погрузчиком. Расход субстрата 100-120 кг на 1м² стеллажа. После завершения

закладки камеру вентилируют в течение 10-15 мин., очищают, тщательно промывают стены и пол и устанавливают датчики дистанционного контроля температуры.

При выращивании шампиньонов по многозональной системе субстрат пастеризуют в специальных камерах пастеризации в контейнерах или в массе. Контейнеры наполняют субстратом на специальной поточной линии, устанавливают в пакеты, перевозят в камеру пастеризации. После установки контейнеров камеру очищают, промывают пол и устанавливают датчики дистанционного контроля температуры. При пастеризации субстрата в массе камеру пастеризации (тоннель) наполняют субстратом с помощью специального транспортера непосредственно на решетчатый пол камеры слоем 1,8-2,0 м. Важным условием этого способа пастеризации является равномерная укладка субстрата по площади пола камеры и высоте его слоя до 2м с целью обеспечения равномерного распределения потока воздуха. После завершения операции устанавливают датчики дистанционного контроля температуры и закрывают двери камеры. Расход субстрата на 1 м² площади пола камеры составляет 800-900 кг. При выращивании шампиньонов старым традиционным методом, без пастеризации, субстрат загружают в емкости или укладывают в гряды в культивационном помещении. При укладке гребневых гряд используют специальные деревянные формы. После укладки в гряды или емкости субстрат выдерживают в течение 5-7 дней с тем, чтобы после саморазогрева субстрата его температура снизилась до 23-25°С.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СУБСТРАТА

Цель пастеризации и кондиционирования субстрата – уничтожение вредных для шампиньона организмов, находящихся в субстрате, а также улучшение качества субстрата при завершении процесса ферментации в период кондиционирования в контролируемых условиях температуры, влажности и воздухообмена. Процесс пастеризации включает разогрев субстрата с помощью подачи насыщенного пара низкого давления при полной рециркуляции воздуха до 58-60°C и его выдерживание при указанной температуре в течение 6-8 часов. Влажность воздуха в этот период поддерживается близкой к 100%, температура – в пределах 57-58°C. После завершения пастеризации субстрат охлаждают вентиляцией до 55-56°C в течение 12-16 ч. Затем при помощи вентиляции с одновременной рециркуляцией воздуха субстрат выдерживают в течение 5-8 суток, постепенно снижая его температуру до 48-50°C. Суточное снижение температуры субстрата при нормальном течении процесса кондиционирования должно быть в пределах 1...1,5°C. Контроль за процессом ведет по температуре субстрата. О степени активности процесса в субстрате судят по разности температуры субстрата и воздуха камеры, которая должна составлять 10...15°C. Потребность в свежем воздухе колеблется от 10 до 50 м³ /ч на 1 т субстрата и зависит от активности микробиологических процессов, происходящих в субстрате. При нормальном течении процесса на соломинках субстрата появляются обильный голубовато-белый налет актиномицетов, завершающих процесс ферментации, при

завершении процесса запах аммиака практически полностью исчезает. По окончании периода кондиционирования субстрат охлаждают до 25-27°C в течение суток с помощью усиленной вентиляции свежим воздухом и приступают к посадке (посеву) мицелия. При пастеризации субстрата в массе сущность процесса остается такой же, как описано выше, однако потребность в вентиляции иная. Удельная подача воздуха составляет 150-200 м³ /ч на 1 т субстрата при статистическом давлении 100-110 мм вод. ст. Сопротивление слоя субстрата потоку воздуха в течение всего процесса увеличивается от 40-50 до 70-80 мм вод. ст. Это связано с постепенным уплотнением слоя субстрата.

В период пастеризации необходима подача свежего воздуха в количестве около 5% от общей подачи воздуха, а в период кондиционирования – до 20-25%, в зависимости от динамики температуры субстрата. Разность температуры субстрата и воздуха тоннеля незначительна и составляет не более 3°C. Влажность субстрата при его пастеризации в массе должна быть на 2-3% ниже, чем при пастеризации в емкостях. Это связано с меньшей потерей влаги субстратом. Для более точного анализа и контроля за прохождением процесса термической обработки мы рекомендуем письменную регистрацию по показателям дистанционных термометров каждые 30-60 мин. с занесением данных в паспорт пастеризации субстрата в автоматическом режиме с помощью компьютерной системы управления микроклиматом.

ПОСАДОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

Посадочным материалом при выращивании шампиньонов и вешенки является мицелий (грибница), которая выращивается в специальных лабораториях в стерильных условиях. В современном грибоводстве используются преимущественно зерновой мицелий. Мицелий на зерновой основе позволяет механизировать посев мицелия в субстрат. Носитель мицелия – зерно пшеницы, ржи, проса и др. культур предварительно подготавливается и стерилизуется, затем зерно заражают мицелием в стерильных условиях. Выращивание ведут в стеклянных или пластмассовых бутылках, банках, или в специальных мешках из полимерной пленки. Технология выращивания посадочного материала шампиньона и вешенки имеет существенных различий. Мицелий по своим качествам должен отвечать следующим требованиям:

- не допускается никакого постороннего окрашивания мицелия в емкости, не должно быть мокрых и уплотненных участков, пятен с неохваченными гифами зерен;

- мицелий не должен быть заражен посторонними микроорганизмами;

- должен иметь типичный приятный грибной запах.

В практике грибоводства в настоящее время существует большое разнообразие сортов (штаммов) съедобных грибов, которые могут отличаться друг от друга, как по морфологическим, так и по хозяйственно-биологическим признакам: по окраске шляпок плодовых тел, характеру поверхности шляпки плодовых тел, форме и размеру плодового тела, продуктивности и характеру плодоношения,

пригодности к переработке и устойчивости к вредителям и болезням.

ПОСЕВ МИЦЕЛИЯ И ЕГО РОСТ В СУБСТРАТЕ

Посев (посадку) мицелия проводят после охлаждения субстрата до 25-27°C. При более высокой температуре субстрата мицелий теряет активность, а при температуре 32-35°C гибнет. В практике грибоводства принято считать, что расход мицелия при посадке составляет 3-5% от массы субстрата. Норма посадки (посева) на 1м² площади грядки, стеллажа или контейнера – 350-400г, или 0,5-0,7 л. При проращивании мицелия в массе норма высева составляет 7-8 % на 1 т субстрата (4,5-5,0 кг).

В зависимости от технологии возделывания культуры применяют различные способы посева. При выращивании шампиньона по однозональной системе на стационарных многоярусных стеллажах мицелий разбрасывают вручную по поверхности субстрата и перемешивают с его массой специальной фрезой. Затем слой субстрата трамбуют виброуплотнителем, подбивают края у бортовых пленок и поверхность тщательно выравнивают. Для предохранения верхнего субстрата от подсыхания в период роста мицелия стеллажи укрывают газетной бумагой. Такой прием позволяет также регулировать влажность воздуха в помещении путем ежедневного увлажнения бумаги и проводить профилактические мероприятия по борьбе с вредителями и болезнями шампиньона.

При выращивании шампиньона в контейнерах или мешках из полимерной пленки на крупных предприятиях посев мицелия и его перемешивание с массой

пастеризованного субстрата выполняют на поточной линии. Если объем производства небольшой, то мицелий вносят вручную. В случае пастеризации субстрата и проращивания мицелия в массе (в тоннелях) его высевают с помощью посевного (высевающего аппарата) устройства во время перегрузки субстрата (из тоннеля для пастеризации в тоннель для проращивания мицелия). Эту операцию выполняют машиной для выгрузки субстрата и системой транспортеров для загрузки его в тоннель. При отсутствии подобных машин мицелий можно высевать путем разбрасывания вручную на поверхности слоя субстрата (в тоннеле), а выгружать из тоннеля фронтальным тракторным погрузчиком.

Если применяются старые методы выращивания шампиньона, то навозный мицелий сажают вручную кусочками массой примерно 15-20 г (величиной с куриное яйцо) в шахматном порядке на расстоянии 19-25 см с глубиной заделки 4-6 см. Для этого верхний слой субстрата приподнимают рукой, кладут в яму кусочек мицелия и затем прижимают его слоем субстрата. Мицелий хорошо приживается и активно растет при температуре 25-27°C и влажности воздуха 90-95%. В этот период необходима постоянная циркуляция воздуха для ликвидации перепадов температуры и выравнивания концентрации CO₂ в объеме помещения. Вентиляцию свежим воздухом проводят только в случае повышения температуры субстрата выше 28°C.

При проращивании мицелия в массе удельная подача воздуха составляет 200 м³ /ч на 1 т субстрата, температуру регулируют подачей свежего воздуха или пара путем

подмешивания к рециркуляционному воздуху. В период роста мицелия, а также активной жизнедеятельности микроорганизмов в субстрате выделяется значительное количество углекислоты как продукта метаболизма. Концентрация ее в воздухе помещения (камере или тоннеле) достигает 2% и более. Установлено, что концентрация CO₂ до 2% стимулирует вегетативный рост мицелия, задерживая переход из паутинистого в тяжистый, и исключает преждевременного образования плодовых тел. При оптимальной температуре субстрата и необходимой влажности воздуха мицелий разрастается на полную глубину слоя субстрата за 12-14 дней после посева. При более низкой температуре (20-22°C) период роста мицелия увеличивается до 15-25 дней. После завершения периода роста мицелия в субстрате проводят насыпку покровного материала.

НАСЫПКА ПОКРОВНОГО МАТЕРИАЛА. УХОД ЗА КУЛЬТУРОЙ

Покровный материал – среда, в которой создаются условия для формирования плодовых тел. Она является источником запаса воды, необходимой для растущих плодовых тел, а также служит регулятором газообмена между субстратом и окружающим воздухом, предохраняет субстрат от попадания источников заболевания культуры, регулирует микроклимат в зоне, прилегающей к поверхности субстрата. Для выполнения указанных функций покровный материал должен отвечать следующим требованиям:

- иметь мелкокомковатую водопрочную структуру, препятствующую образованию корки, и не слишком уплотняться после поливов;

- обладать высокой влагоемкостью и достаточной водо- и воздухопроницаемостью;

- иметь близкую к нейтральной реакцию среды (рН водной суспензии – 7,2-7,6).

Лучший покровный материал – смесь низинного или переходного торфа с молотым или мелко дробленным известняком (доломитом или мергелем). Соотношение указанных компонентов в зависимости от свойств может варьировать от 1:1 до 9:1 по объему.

Для приготовления покровного материала используют торф влажностью не менее 50%, поскольку слишком сухой торф при увлажнении впитывает воду. Компоненты смешивают в смесительной установке с одновременным увлажнением покровного материала. Если такой установки нет, компоненты просеивают через грохот с ячейками 1x1 см, послойно формируют в кучу в принятом соотношении и перемешивают трактором погрузчиком, а при небольшом объеме – вручную. Увлажняя покровный материал из расчета 200-300 л на 1м³. При промышленном производстве шампиньонов покровный материал, особенно в летний период, подвергают дезинфекции химическим или термическим способом. Если для приготовления покровного материала используют торф свежей добычи, то дезинфекцию покровного материала проводят в камере после его насыпки на стеллажи опрыскиванием раствором формалина (0,5%-ный формалин, расход раствора 80-100 л на 100 м²) или поливной водой из расчета 0,25-0,5 л 40%-ного формалина на 25м² поверхности стеллажа. Насыпка покровного материала на основе торфа проводится слоем 3,5-4,5 см; расход покровного

материала составляет 4,0-4,5 м³, на 100 м² полезной площади. Покровный материал при насыпке должен быть умеренно влажным (около 60%). После насыпки поверхность слоя покровного материала тщательно выравнивают.

При стеллажном выращивании укрытие покровным материалом проводится механизированным способом, а при культуре в мешках или ящиках – вручную. Уход за культурой. В первые 3-4 дня после насыпки покровный материал увлажняют до 75-85% полной влагоемкости. Первый полив проводят сразу после окончания насыпки покровного материала. Норма полива 2,5-3,0 л/м². затем норма полива постепенно уменьшается до 1л/м². Температуру субстрата в течение 7-8 дней после насыпки покровного материала поддерживают на уровне 24-26°С. В этот период необходима циркуляция воздуха в помещении. Вентиляция требуется только в случае повышения температуры субстрата свыше 28°С. Повышенная концентрация СО₂ в помещении (1-2%) благоприятна для роста мицелия. Через 7-8 дней после насыпки покровного материала мицелий прорастает в слое покровного материала и местами появляется на его поверхности. Период вегетативного роста мицелия заканчивается, и культуру начинают готовить к плодоношению.

На 8-10 день после насыпки слой покровного материала умеренно поливают, затем рыхлят и поверхность слоя тщательно выравнивают. Наибольшие понижения на поверхности засыпают свежим покровным материалом. После окончания работ помещение охлаждают вентиляцией в течение 1-3 суток, понижая температуру воздуха до 15-16°С;

температура субстрата за этот период снижается до 19-22°C. Концентрация CO₂ к концу периода охлаждения уменьшается до 0,08-0,10%. В последующие дни поддерживают указанную температуру. Влажность воздуха должна быть не менее 85%, в течение 4-5 дней после охлаждения (в период плодообразования) необходимо избегать полива культуры. В таких условиях гифы мицелия шампиньонов утолщаются, становятся похожими на тяжи, и начинается образование зародышей плодовых тел.

ПЛОДОНОШЕНИЕ И СБОР УРОЖАЯ

Плодообразование у шампиньона при оптимальных условиях начинается через 12-14 дней после насыпки покровного материала, а первый сбор урожая - на восемнадцатый - двадцатый день. Плодовые тела достигают потребительской спелости примерно за 7-10 дней. В первую неделю периода плодоношения плодовые тела растут гнездами или довольно плотными группами, в последующий период - равномерно по всей поверхности. Плодоношение шампиньона происходит неравномерно, волнообразно. Спады плодоношения наступают после каждых 5-8 дней. Наиболее активное плодоношение бывает в течение первых 3-4 недель (3-4 «волн» плодоношения). За этот период собирают около 70% общего урожая. Интенсивность плодоношения шампиньона определяет рентабельность сроков сбора урожая: чем активнее плодоношение, тем короче сроки сбора урожая. Это зависит не только от технологии выращивания, но и от хозяйственно-биологических особенностей сортов шампиньонов. По современной промышленной технологии

рентабельным сроком плодоношения считают 38-42 дня. В период плодоношения основное внимание уделяют поддержанию температуры воздуха на уровне 16-18°C, влажность воздуха не менее 58%, проведение регулярных поливов и достаточной вентиляции помещения. Активность плодоношения шампиньона зависит от влажности слоя покровного материала, которая должна быть по возможности стабильной, без резких колебаний. Для этого проводят регулярные поливы культуры.

Норма полива зависит как от активности плодоношения, так и от условий микроклимата помещения. Установлено, что для формирования 1 кг плодовых тел расход воды составляет около 2л, в том числе около 1 л на формирование плодовых тел, остальная часть теряется при испарении с поверхности гряд. В промышленном грибоводстве расход воды на полив определяют по количеству формирующегося урожая на 1 м², расход воды при поливе не должен превышать 1л/м². При необходимости проводят два полива в день. Число плодовых тел в период их роста в 1 кг варьирует в зависимости от их размера. Для полива через шланги применяют специальные насадки капельного распыла с диаметром отверстий 0,25-0,30 мм. Учет расхода воды на полив ведется по водомеру, который находится на установке для полива. В период плодоношения в связи с выделением культурой газообразных продуктов метаболизма (в основном СО₂) необходимо постоянно следить за вентиляцией помещения. Интенсивность воздухообмена зависит от количества, уложенного на 1 м² субстрата, его температуры, интенсивности плодоношения. Принято считать, что при

урожае 1 кг/м², расход субстрата 100-120 кг/м² и его температуре 16°C требуется 1 м³/м² свежего воздуха. При повышении температуры субстрата на 1°C приток свежего воздуха увеличивают на 25%. Наряду с вентиляцией важную роль играет циркуляция воздуха в помещении, способствующая улучшению газообмена в грядках, выравниванию температуры и газового состава воздуха по объему помещения. Шампиньон не выносит сквозняков, особенно холодного воздуха, поэтому при разработке приточно-вытяжной системы вентиляции необходимо учитывать допустимую скорость потока воздуха над поверхностью гряд. Нормальный воздухообмен в помещении должен обеспечивать содержание СО₂ в воздухе помещения не более 0,08-0,1%. Контроль содержания СО₂ в воздухе осуществляют с помощью газоанализатора. Плодовые тела шампиньонов собирают в состоянии потребительной спелости, когда края шляпки завернуты вниз и соединены с ножкой частым покрывалом, путем выкручивания их из слоя покровного материала.

По окончании волны плодоношения, обычно в пятницу, поверхность гряд очищают от остатков ножек, отмерших зародышей, плодовых тел и сросшихся комками гиф мицелия, а образовавшиеся ямки засыпают свежим покровным материалом.

ОТХОДЫ ГРИБОВОДСТВА

При производстве 1 т плодовых тел гриба вешенки образуется не менее 6 т отработанного субстрата. Он

представляет собой ферментированный мицелием гриба органический материал – солому, подсолнечную лузгу и т. п. [3, 4].

Расходы на утилизацию 1 т отхода составляют порядка 420 рублей. Они складываются из платы за размещение на свалке – 150 руб./т, платы за ущерб окружающей среде – 20 руб./т и транспортных расходов – 250... 300 руб./т. Если предприятие производит 100 т грибов в год, то расходы составляют порядка 250 тыс. руб. Если отработанная солома контаминирована плесневыми грибами, такой отход относят к четвертому классу опасности [5]. Плата за ущерб окружающей среде в этом случае возрастает с 20 до 900 руб./т, соответственно увеличиваются и годовые расходы. В связи с этим возникает необходимость в поиске рациональных способов и разработке научно обоснованных рекомендаций по утилизации отходов грибоводства.

Аграрное производство на современном этапе должно ориентироваться на минимизацию ущерба природе и достижение гармоничного развития природно-антропогенных систем [6]. Поиск и разработка таких приемов с надежным экологическим обоснованием является одним из важнейших аспектов развития современного аграрного сектора. Повышение плодородия почвы в таких пределах, которые требуются для формирования планируемого урожая высокого качества, не допуская при этом загрязнения окружающей среды, может быть достигнуто рациональным использованием биоотходов.

В многочисленных зарубежных и отечественных исследованиях показана перспективность использования в

качестве удобрения органических отходов сельскохозяйственного производства, в частности соломы [9, 10, 11].

2. Выбор направления научных исследований

Появление вермифтехнологии и все возрастающее использование ее в различных странах вызваны неблагоприятными изменениями окружающей среды, необходимостью экологически безопасно утилизировать значительные объемы органических отходов различного происхождения.

Вермифтехнология относится к биологическим способам переработки органических отходов (биоconversion). Привлекательность данного метода заключается в его биологической основе, исключающей опасность загрязнения окружающей среды.

Считается, что превращение дождевыми червями навоза и других органических отходов в полноценный белок и гумусное удобрение - это естественный процесс саморегуляции природной среды. Метод вермикомпостирования позволяет создать механизм биохимического круговорота веществ, дает возможность организовать практически безотходный, замкнутый цикл сельскохозяйственного производства.

В связи с этим, процессы вермикультивирования и вермикомпостирования являются перспективными направлениями не только для утилизации органических

отходов и образования ценного удобрения, но и получения востребованных биологически активных кормовых добавок.

УНПК «Агроцентр» специализируется на выращивании овощных культур закрытого типа, цветочных культур, лекарственных трав, саженцев плодовых, ягодных, цветочных культур, грибов и др. В результате деятельности образуется значительное количество органических отходов, представляющих собой отработанный субстрат после выращивания грибов. Для утилизации отходов затрачиваются финансовые средства (вывоз на городские свалки).

На основании вышесказанного, считаем, что выбранная тема для изучения актуальна и требует изучения для внедрения в производство Агроцентра утилизации отходов с помощью вермитехнологий.

3. Экспериментальная часть

3.1 Характеристика объектов исследования. Материалы исследования

Объект исследования – компостная технологическая линия дождевого червя западносибирской популяции вида



Eiseniafetida (Savigny, 1826).

Рисунок 3.1.1 – Компостная технологическая линия дождевого червя западносибирской популяции вида *Eiseniafetida*.

Активность и воздействие природных поселений дождевых червей-эпигеиков большей частью ограничены верхним слоем почвы и подстилкой. По существу, они являются «преобразователями подстилки». Они питаются разлагающимися органическими отходами, но при этом иногда поглощают и почву. Эти черви не имеют постоянных норок. Они обладают высокой подвижностью, коротким

жизненным циклом, имеют небольшие или средние размеры, быстро растут и размножаются, а также способны быстро адаптироваться к очень изменчивым условиям окружающей среды на поверхности почвы. Обычно они обитают в областях, богатых органическим сырьём, типа верхнего слоя почвы, в лесу под грудями листьев или разлагающихся стволов деревьев. Довольно часто их можно обнаружить в навозных кучах. Благодаря тому, что они не делают глубоких нор и предпочитают поглощать богатый органикой материал, их легко выращивать в искусственных условиях. Эти природные организмы для разложения – «компостеры» являются тем типом червей, который используется широко и повсеместно для вермикомпостирования и вермикультивирования.

Среди компостных червей именно черви-эпигеики используются в коммерческих целях. Компостный червь *Eiseniafetida* является наиболее широко используемым человеком в коммерческих целях. Этот вид червя легко адаптируется к широкому спектру изменений окружающей среды и различного виду корма. Стратегия выживания этого вида червей также хорошо изучена в лабораторных условиях. Он может «работать» в широком температурном диапазоне от 4 до 30 °С и может выживать в течение некоторого времени даже в замороженном органическом материале. Показано, что находящиеся в 12 коконах яйца остаются жизнеспособными, будучи замороженными, в течение нескольких недель. *Eiseniafetida* – Эйсения пахучая или червь навозный (компостный). Считается, что этот вид компостного червя произошёл как подстилочный вид в

горных лесах к югу от Каспийского моря. Он также обитает во многих лесах в южных регионах, но теперь является обычным видом в навозных и компостных кучах.

Материалы исследования: отходы грибоводства – мульча от производства вешенки и шампиньонов, получаемые в результате производственного процесса в УНПК «Агроцентр».

3.2 Методика исследований и расчетов

3.2.1 Условия проведения процесса вермикультивирования *Температура.* Черви могут жить в довольно широком диапазоне температур (от 5 до 30 °С). Оптимальной для коммерческого производства дождевых червей является температура в диапазоне от 15 до 26 °С. Оптимальный диапазон температур для размножения червей – от 15 до 21 °С. Если температура в ящиках с червями поднимается до опасно высокого уровня, то необходимо охлаждать субстрат при помощи воды или уменьшить внесение свежего корма.

Влажность. При выращивании дождевых червей оптимальной является влажность 70–85 %, т. е. близкая к содержанию воды в теле червя. Субстрат при этом выглядит рассыпчатым и сырым, а не сухим или чрезмерно влажным. Черви должны быть защищены от воздействия прямого солнечного света, чтобы не перегреться и не погибнуть. Если при перегрузке ящика чувствуется неприятный запах, то это означает, что субстрат слишком сырой. Тогда необходимо менее интенсивно добавлять органический материал, чтобы черви успевали за вами. Влажность ниже 30–35 % тормозит развитие червей, а при влажности 22 % они погибают в

течение недели. Следует избегать чрезмерного увлажнения, поскольку черви могут попросту утонуть.

Проветривание. Дождевые черви могут жить при относительно низком содержании кислорода в среде обитания, и даже выживать в воде, если там присутствует растворенный кислород. Однако если кислород отсутствует вовсе, черви могут умереть. Кислород может иссякнуть, если перестараться с поливом и в случае чрезмерно большого количества свежего корма. Сократив полив, прекратив подачу свежего корма и переворачивая субстрат, можно добиться оптимального содержания кислорода. Перемешивать субстрат рекомендуется один раз в две-три недели.

Кислотность (pH). Значение pH указывает, является ли почва кислой (1-6), нейтральной (7) или щелочной (8-14). Дождевые черви комфортно чувствуют себя в диапазоне показателей кислотности от 4,2 до 8,0. Для коммерческого производства уровень кислотности должен поддерживаться от 6,8 до 7,2. Существует много способов проверки уровня кислотности – от лакмусовой бумажки до специального прибора. Замерять уровень кислотности желательно один раз в неделю на глубине 10-20 см и один раз в месяц во всем слое субстрата. Повышенную кислотность можно исправить с помощью извести (карбонат кальция), перемешав ее с субстратом, пониженную – с помощью мха (желательно из торфяников, но можно и лесного). Добавлять его необходимо до тех пор, пока значение pH не поднимется до 6,8-7,2 [3].

Соблюдение данных рекомендаций способствует активному росту и размножению дождевых червей при

максимальном потреблении корма, что приводит к ускорению переработки органической фракции отходов, увеличению выхода биомассы червей [25]. Однако *Eiseniafetida*, так же, как и другие виды дождевых червей, очень чувствительны к аммиаку и не могут выживать в органических отходах, содержащих аммиак, например, в свежей подстилке домашней птицы. Дождевые черви погибают и в органических отходах при повышенных концентрациях неорганических солей. И аммиак, и неорганические соли имеют очень острые пороговые токсические значения для дождевых червей [26].

3.2.2 Методы исследования субстрата и биогумуса

Метод определения влаги и сухого остатка

Подготовка проб.

Выпаривательные чаши или бюксы предварительно высушивают в сушильном шкафу при температуре 105-110 °С до постоянной массы и взвешивают с погрешностью не более 0,1 г.

Определение массовой доли влаги

Навеску удобрения помещают в фарфоровую чашу или бюксу и ставят в сушильный шкаф, предварительно нагретый до температуры 105-110 °С и высушивают в течение 5 ч. Затем чашу или бюксу с навеской вынимают из сушильного шкафа, охлаждают на воздухе в течение 30 мин и взвешивают. Каждое последующее взвешивание проводят после высушивания в течение 30 мин и охлаждения чаши с навеской на воздухе в течение 30 мин.

Анализ считается законченным, если разность результатов двух последующих взвешиваний не превышает 0,1 г.

Определение массовой доли сухого остатка

Навеску органического удобрения помещают в фарфоровую чашу. Чашу с навеской помещают на водяную баню и выпаривают досуха при периодическом помешивании стеклянной палочкой. Затем чашу переносят в предварительно нагретый сушильный шкаф и высушивают при температуре 105-110 °С до постоянной массы. Первое взвешивание проводят через 1 ч, повторное через 30 мин. Каждый раз перед взвешиванием чашу с навеской охлаждают на воздухе в течение 30 мин.

Массовую долю сухого остатка в процентах вычисляют по формуле

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100, \quad (3.2.2.1)$$

где:

- m_1 - масса чаши со стеклянной палочкой и сухим остатком, г;
- m_2 - масса чаши со стеклянной палочкой, г;
- m - масса навески, г.

Массовую долю влаги в процентах вычисляют по формуле (3.2.2.2) или (3.2.2.3)

$$X_1 = \frac{m_3 - m_4}{m} \cdot 100, \quad (3.2.2.2)$$

где:

- m_3 - масса чаши или бюкса с навеской до высушивания, г;
- m_4 - масса чаши или бюкса с навеской после высушивания, г;
- m - масса навески, г.

$$X_1 = 100 - X, \quad (3.2.2.3)$$

где:

- X – массовая доля сухого остатка, %.

Анализ считается законченным, если разность результатов двух последующих взвешиваний не превышает 0,1 г.

Метод определения процентного содержания золы в субстрате

Для определения процентного содержания золы в субстрате использовался метод определения сырой золы по ГОСТ 26226-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Сущность метода заключается в определении массы остатка после сжигания и последующего прокаливания пробы.

Подготовка тиглей:

Тигель прокаливают в печи при температуре (525 ± 25) °С в течение 2 ч, охлаждают в эксикаторе и взвешивают на весах 2-го класса точности. Этот процесс повторяют (прокаливая тигель в течение 30 мин) до достижения постоянной массы тигля, т. е. разность результатов двух последовательных взвешиваний не должна превышать 0,001 г. Прокаленный и доведенный до постоянной массы тигель хранят в эксикаторе над хлористым кальцием.

Проведение испытания:

В тигель, высушенный до постоянной массы, помещают испытуемую пробу массой около 0,5-2 г (количество определяемой золы должно составлять не менее 50 мг). Пробу укладывают в тигель без уплотнения для того, чтобы в ее нижние слои поступал кислород воздуха. Пробой заполняют не более половины тигля.

Тигель с пробой взвешивают с точностью до 0,001 г, затем его помещают в холодную печь и повышают температуру до 200-250 °С (до появления дыма). Допускается проводить предварительное сжигание пробы у открытой дверцы муфеля, нагретого до темно-красного каления (525 ± 25) °С, на электрической плитке или газовой горелке, в вытяжном шкафу, избегая воспламенения пробы.

После прекращения выделения дыма температуру печи доводят до (525 ± 25) °С и прокаливают тигель с пробой в течение 4—5 ч. Отсутствие частичек угля и равномерный серый цвет золы указывают на полное озоление материала.

При наличии частиц угля тигель с золой охлаждают на воздухе, прибавляют несколько капель дистиллированной воды и 1—2 см³ 3 %-ного раствора перекиси водорода. Содержимое тигля выпаривают (в сушильном шкафу, на электроплитке или другим способом), тигель помещают в печь и прокаливают при температуре (525 ± 25) °С в течение 1 ч. По окончании прокаливания тигель с золой охлаждают в выключенной печи, затем в эксикаторе и взвешивают. В случае необходимости дальнейшее прокаливание тигля с золой при вышеуказанной температуре проводят в течение 30 мин, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Постоянство массы считается достигнутым, если разность результатов двух последовательных взвешиваний составляет не более 0,001 г.

Обработка результатов:

Массовую долю сырой золы (X) в процентах в испытуемой пробе вычисляют по формуле

$$X = \frac{G_1 - G_2 - G_3}{G} \cdot 100, \quad (3.2.2.4)$$

где:

G_1 – масса тигля с золой, г;

G_2 – масса тигля, г;

G_3 – масса золы бумажных фильтров (берется по этикетке на фильтре), г;

G – масса испытуемого продукта, г.

За окончательный результат испытания принимают среднеарифметическое результатов двух параллельных определений. Результат выражают с точностью 0,1 % (т/т).

Определение активной кислотности (рН)

Сущность метода заключается в потенциометрическом измерении активности водородных ионов в водном экстракте субстрата.

Проведение испытания:

В подготовленные водные экстракты субстрата помещают стеклянный электрод и солевой контакт электрода сравнения. После окончательного установления потенциала снимают показания со шкалы прибора. Показания прибора считывают с погрешностью до 0,05 ед. рН. Электроды при переносе из одной пробы в другую обмывают дистиллированной водой и сушат фильтровальной бумагой.

Обработка результатов:

За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 0,15 ед. рН.

Методы определения содержания азота и сырого протеина (по ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье)

Сущность метода определения азота по Кьельдалю заключается в минерализации органического вещества пробы кипящей серной кислотой в присутствии катализатора с образованием сернокислого аммония, добавлении к охлажденному минерализату избытка гидроокиси натрия для выделения аммония, отгонке и титровании выделенного аммиака, вычислении массовой доли азота в испытуемой пробе и пересчете на массовую долю сырого протеина.

3.3 Результаты исследований и их анализ

3.3.1 Исследование субстрата для вермикультивирования популяции дождевого калифорнийского червя *Eiseniafetida*

Биогумус или копролит является продуктом переработки червями некоторых органических отходов. Он богат питательными гуминовыми веществами, содержит макро- и микроэлементы, сбалансированные между собой, и превосходит традиционные органические удобрения по действию на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур [1]. В нашем эксперименте в качестве субстрата использовали отходы от производства вешенок и шампиньонов, полученные в УНПК «Агроцентр». Предварительно были изучены параметры данных отходов.

Таблица 3.3.1.1- Первоначальные показатели субстрата

Вид субстрата	pH, ед.	Влажность, %	Массовая доля	Массовая доля золы,
---------------	---------	--------------	---------------	---------------------

			азота, %	%
Мульча вешенки	4,89 ± 0,01	78,3 ± 0,02	0,30 ± 0,05	1,5 ± 0,01
Мульча шампиньонов	4,85 ± 0,01	80,1 ± 0,04	0,28 ± 0,05	1,5 ± 0,01

Для данного эксперимента были использованы две различные мульчи грибов – мульча вешенки и мульча шампиньонов. В ходе проведения исследований были полученные количественные данные рН, влажности, содержания азота и содержания золы в данных субстратах. По результатам активной кислотности, массовой доли золы и азота два субстрата не отличались друг от друга, различия были статистически не подтверждены ($P > 0,5$). Показатель активной кислотности (рН) был на нижней границе параметров, которые требуются для проведения вермикультивирования, что предполагает постоянный контроль над величиной рН во время процесса. Влажность мульчи шампиньонов была на 2,3 % больше, чем в мульче из под производства вешенок ($P < 0,001$). Но оба значения соответствовали требованиям, необходимым для вермикультивирования.

На основании этих результатов было продолжено исследование по влиянию различных субстратов на рост биомассы дождевого калифорнийского червя *Eiseniafetida* и получение конечного продукта - биогумуса.

3.3.2 Влияние различного субстрата на рост биомассы дождевого калифорнийского червя *Eiseniafetida*



Рисунок 3.3.2.1 - Биогумус, полученный с помощью дождевого калифорнийского червя *Eisenia fetida*.

Для проведения исследований органические субстраты были предварительно подготовлены по параметрам:

оптимальная влажность 70-85%, температура 18-20 °С и рН 5,0.

Вермикультура была подготовлена для помещения в субстраты в количестве по 100 червей на 1 кг субстрата, определена их общая масса и исходя из этого вычислена средняя масса одного червя. После чего червей помещали в субстрат. Эффективность процесса вермикюльтивирования оценивали в течение месяца по количеству червей в субстрате. Также оценивали появление коконов в субстратах во время вермикюльтивирования.

Полученные результаты отображены на рисунке 3.2.2.1.

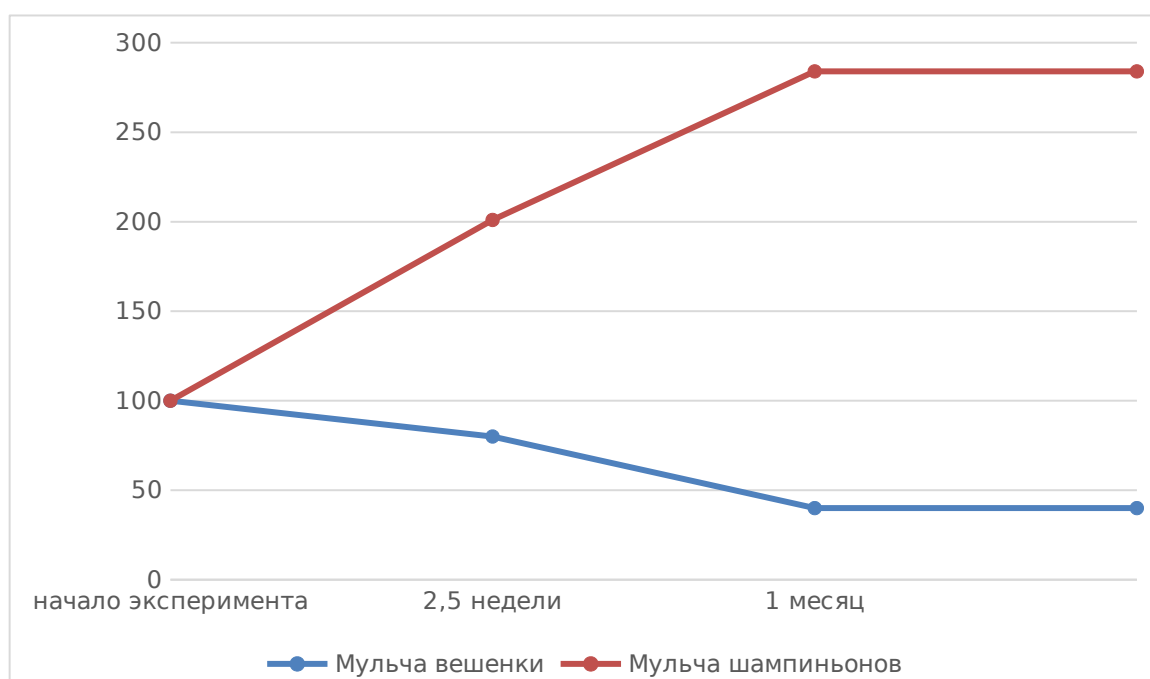


Рисунок 3.2.2.1 – Динамика количества вермикультуры в субстратах

В субстрате из мульчи от шампиньонов наблюдалась устойчивая динамика количественного роста червей: через 2,5 недели после начала эксперимента в 2 раза, а через

месяц почти в 3 раза. Кроме того, в субстрате были обнаружены коконы вермикультуры.

По-другому вела себя вермикультура в субстрате из отходов от производства вешенки. Количество червей постепенно снижалось, хотя и не так явно, как в растительных отходах. По видимому такой вид субстрата должен разбавляться более подходящим, классическим, например, перегнившим навозом КРС или торфом.

Таким образом, из использованных субстратов наиболее приемлемым для вермикультивирования оказались отходы от производства шампиньонов, где происходило стабильное увеличение количества червей.

3.3.3 Показатели субстратов после проведения вермикультивирования

Через месяц вермикультивирования были исследованы параметры химического состава исследуемых субстратов. Результаты исследований представлены в таблице 3.3.3.1.

Таблица 3.3.3.1- Показатели субстрата через 1 месяц вермикультивирования

Вид субстрата	pH, ед.	Влажность, %	Массовая доля азота, %	Массовая доля золы, %
Мульча вешенки	7,84 ± 0,01	75,5 ± 0,05	0,61±0,07	4,6 ± 0,02
Мульча шампиньонов	7,74 ± 0,01	74,7 ± 0,05	0,60±0,07	9,9 ± 0,03

Как видно из таблицы по прошествии одного месяца вермикультивирования данные о pH, влажности, содержание азота и содержание золы в данных субстратах подверглись

изменениям. Исходное рН было ниже по отношению к конечным результатам в субстрате из мульчи вешенки – в 1,6 раз, в субстрате из мульчи шампиньонов – аналогично в 1,6 раз ($P < 0,001$). Следовательно, вермикультивирование стабилизирует активную кислотность в более щелочную среду за счет биотехнологических процессов и образования копролита, имеющего нейтральную среду.

Так как влажность субстратов во время эксперимента искусственно не повышали, она так же снизилась на несколько процентов: в субстрате из мульчи от вешенок на 3,7 % ($P < 0,001$), в мульче от шампиньонов – на 7,2 % ($P < 0,001$). Но в целом соответствовала нормам при проведении вермикультивирования (70-80%).

Массовая доля азота в обоих субстратах увеличилась за время проведения вермикомпостирования практически в 2 раза ($P < 0,001$). Это происходило в результате накапливания азотосодержащих веществ после обработки компостов червями. Так как азот – необходимый элемент для роста и развития растений, биологическая ценность субстратов-отходов в разы увеличивалась после процесса вермикомпостирования. Между субстратами после проведения опыта достоверных различий не наблюдалось ($P > 0,5$).

Массовая доля золы стала в разы выше после вермикомпостирования исходных субстратов в течение месяца. В субстрате от производства вешенок это увеличение составило в 3 раза ($P < 0,001$), а в субстрате от производства шампиньонов – в 6,6 раз ($P < 0,001$). Таким образом, накопление минеральных веществ интенсивнее проходило во

время вермикомпостирования мульчи шампиньонов. Это также может быть связано с усиленным накоплением вермикультуры в субстрате, которое наблюдалось в данном образце органических отходов.

Сравнивая два вида субстрата, необходимо отметить, что массовая доля азота в них статистически не различалась ($P > 0,5$), а уровень минерализации полученного копролита в субстрате из мульчи шампиньонов был выше в 2 раза ($P < 0,001$).

Заключение

Вермитехнология – это наиболее экологически безопасная для окружающей среды биотехнология переработки и утилизации биodeградируемых органических отходов с получением продукции с дополнительной стоимостью, что является экономически выгодным процессом.

Биогумус или копролит является продуктом переработки червями некоторых органических отходов. Он богат и превосходит традиционные органические удобрения по действию на рост, развитие и урожайность

сельскохозяйственных культур. Одновременно процесс образования биогумуса сопровождается утилизацией органических отходов, которые в огромном количестве накапливаются на производствах сельского хозяйства. Еще один востребованный продукт, получаемый в процессе вермикультивирования – это биомасса червей, которая может успешно использоваться в качестве белковой добавки в кормлении животных, птицы и рыбы.

Результаты исследования показали, что использование отходов грибоводства, в частности мульчи вешенки и шампиньона, в качестве компонента органического субстрата после месячного периода предварительного компостирования, повышает эффективность процессов минерализации органических отходов и приводит к увеличению количества азота, как основного источника питания растений.

При этом наиболее эффективным в наших исследованиях оказалось использование мульчи шампиньона. Наблюдалась устойчивая динамика количественного роста червей во время процесса вермикультивирования: через 2,5 недели после начала эксперимента – в 2 раза. Выход биомассы червей *Eiseniafetida* к концу эксперимента (1 месяц) увеличивался почти в 3 раза. Кроме того, в субстрате были обнаружены коконы червей, что свидетельствовало о дальнейшей устойчивости развития вермикультуры в данном виде субстрата.

Выводы

1. Проанализировав опыт использования отходов сельского хозяйства в качестве субстрата в процессах вермикультивирования и вермикомпостирования, резюмируем, что необходим длительный период

предварительной подготовки субстрата (не менее одного месяца) до полного прекращения процессов брожения низкомолекулярных сахаров и появления плесени для предотвращения массовой гибели червей. Кроме того, необходимо соблюдать четкие условия для проведения данных процессов.

2. Среди исследованных видов отходов грибоводства мульча шампиньона обеспечивает оптимальный уровень питания для развития вермикультуры. В данном субстрате наблюдалась устойчивая динамика количественного роста червей: через 2,5 недели после начала эксперимента в 2 раза, а через месяц почти в 3 раза.

3. Доказано, что процесс вермикомпостирования мульчи шампиньонов был также более эффективным, так как в полученный копролит характеризовался более нейтральной средой, несколько меньшей влажностью (на 1 %) и более высокой степенью минерализации (в 2 раза).

Список использованных источников

1. Бабенко А. С. Перспективы использования вермикомпоста в защите растений / А. С. Бабенко, Ван Джанин // Вестник Томского государственного университета. Биология. — Томск: НИТГУ. — 2016. — 1 (9). — С. 105-110.
2. Батищева Н. В. Инновационные способы утилизации пивной дробины / Н. В. Батищева // Научное обозрение. Технические науки. — 2016. — № 6. — С. 10-14.
3. Горбунов В. В. Дождевые черви для повышения урожая / В. В. горбунов. — М.: Астрель, 2017. — 250 с.
4. Городний Н. М. Биоконверсия органических отходов в биоиндустриальном хозяйстве / Н. М. Городний, И. А. Мельник, М. Ф. Повхан. — Киев: Урожай, 1990. — 256 с.
5. Грин-ПИКъ [Электронный ресурс]: Научно-исследовательский институт дождевого червя. — URL: <http://www.green-pik.ru>.
6. Джакупова И. Б. Биогумус - экологически чистое органическое удобрение / И. Б. Джакупова, Г. А. Даутбаева, Ж. Е. Шаихова// Вестник Алматинского технологического университета. — Алматы: Алматинский технологический университет. — 2018. — № 2. — С. 55-58.
7. Дождевые черви и плодородие почв: сб. науч. тр. — Москва: ИНФРА-М, 2019 — 645 с.
8. Дробина пивная сырая [Электронный ресурс]: Технологическая инструкция по производству солода и пива "ТИ-18-6-47-85. — Утв. Минпищепромом СССР 06.08.1985 Пункт 8.2. — URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=ESU;n=24437#0>.

9. Игонин А. М. Биопереработка навоза и другой органики с помощью дождевых червей / А. М. Игонин // Международный агропромышленный журнал. — 2019. — № 5. — С. 100- 104.

10. Калинина О. Ю. Изменение состава и агроэкологических свойств отходов животноводства в процессе компостирования с участием дождевых червей *Eisenia foetida* / О. Ю. Калинина, О. Г. Чертов, А. И. Попов // Почвоведение. — 2017. — № 9. — С. 1072-1080.

11. Кощяев А. Г. Биотехнология вермикультивирования органических отходов / А. Г. Кощяев, О. В. Кощяева, М. А. Елисеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. — 2019. — № 95. — С. 594- 603.

12. Лящев А. А. Эффективность использования различных субстратов при вермикультивировании / А. А. Лящев // Агропродовольственная политика России. — 50 Тюмень: Уральский научно-исследовательский институт экономической и продовольственной безопасности. — 2020. — № 3. — С. 48-50.

13. Максимова С. Л. Удобрительная ценность различных удобрений в органическом растениеводстве / С. Л. Максимова, А. С. Васько // Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы: сб. науч. тр. / ред. кол. С. Л. Максимова [и др.]. — Минск: «Полеский государственный университет» , 2017. — С. 44-52.

14. Мейер В. Механизм контроля популяции компостного червя *Eisenia fetida* / В. Мейер // Дождевые черви и плодородие почв: сб. науч. тр. — Владимир: « ПИКЪ » , 2019. — С. 44-49.

15. Мельник И. А. Вермикультивирование: история, достижения, мифы, перспектива / И. А. Мельник // Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы: сб. науч. тр. / ред. кол. С. Л. Максимова [и др.]. — Минск: «Полеский государственный университет» , 2018. — С. 25-35.

16. Музей дождевого червя [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.wormsmuseum.narod.ru>.

17. Петроченко К. А. Некоторые физико-химические аспекты переработки листового опада дождевыми червями *Eisenia fetida* в лабораторных условиях / К. А. Петроченко, А. В. Куровский, А. С. Бабенко // IV Международная конференция, посвященная памяти Ю. А. Львова: сб. науч. тр. — Томск: «Национальный исследовательский Томский государственный университет» , 2017. С. 401-404.

18. Продукты пищевые органические. Термины и определения [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 56104-2014. — Введ. 2015-03-01. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200113488>.

19. Проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 28.12.2016) "Об отходах производства и потребления" Статья 18.

URL:http://www.consultant.ru/law/podborki/proekt_normativov_o_brazovaniya_othodov_i_limitov_na_ih_razmeschenie/ .

20. Ручин А. Б. Для чего нужен биогумус? / А. Б. Ручин // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — М.: МГПУ. — 2017. — № 4-1. - С. 62-64

21. Руэлль Ж. П. Функционирования пищевой цепи бактерии - простейшие - дождевые черви в почве и компостах / Ж. П. Руэлль // Тез. докл. 9-го Международного коллоквиума по почвенной зоологии. — Вильнюс: «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН» , 2017. — С.112

22. Стриганова Б. Р. Питание почвенных сапрофагов / Б. Р. Стриганова. — М.: Наука, 2017. — 244 с. 51

23. Терещенко Н. Н. Эколого-микробиологические аспекты вермикультивирования / Н. Н. Терещенко. — Новосибирск: СО РАСХН, 2018. — 116 с.

24. Титов И. Н. Вермикультура как возобновляемый источник животного белка из органических отходов / И. Н. Титов, В. М. Усоев // Вестник Томского государственного университета. Биология. — Томск: НИТГУ. — 2017. — № 2 (18). — С. 74-80.

25. Титов И. Н. Вермикультура: переработка органической фракции отходов / И. Н. Титов // Твердые бытовые отходы. — М.: Концепция связи XXI век. — 2018. — № 8. — С. 18-25.

26. Титов И. Н. ДОЖДЕВЫЕ ЧЕРВИ. Руководство по вермикультуре в двух частях. Часть I: Компостные черви / И. Н. Титов. — М.: ООО «МФК Точка Опоры», 2019. — 284 с.

27. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 28.12.2016) "Об отходах производства и потребления". — http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/

28. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "Об охране окружающей среды". — http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823.

29. Федосова М. Д. Вермикомпостирование бытовых отходов с использованием экспериментальных навозных червей / М. Д. Федосова // Проблемы науки. — Иваново: Олимп. — 2016. — № 6 (7). — С. 30-33.

30. Шаланда А. В. Методы утилизации пивной дробины [Электронный ресурс]: Интернет-журнал "Коммерческая биотехнология". — URL: <http://cbio.ru/page/45/id/1303/>

31. Шаланда А. В. Первопроходцы [Электронный ресурс]: Научно-исследовательский институт дождевого червя «Грин-ПИКЪ». — URL: <http://www.green-pik.ru/sections/134.html>.

32. Шигапов И. И. Биогумус / И. И. Шигапов // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения. — Димитровград: Технологический институт — филиал ФГБОУ ВО «Ульяновская ГСХА имени П.А. Столыпина». — 2020. — № 1. С. 142-144.

33. Wormsafe [Электронный ресурс]: Экологический проект. — URL: <http://wormcafe.ru>.

Приложение

УДК 57.022

И.А. Сазонова¹, Г. Швец², К. Бадалян²

¹ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», г. Саратов, Россия

²ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, г. Саратов, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕРМИКУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА РАЗНЫХ СУБСТРАТАХ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Аннотация. В статье изучено влияние органических отходов, образованных в УНПК Агроцентр Саратовского ГАУ на процесс вермикультивирования. По результатам экспериментальных данных растительные отходы должны предварительно пройти процесс естественного компостирования, так как вермикультура в течение 2,5 недель погибла. Из отходов грибоводства наиболее приемлемым субстратом оказалась мульча шампиньонов, в которой наблюдалась положительная динамика увеличения количества червей.

Ключевые слова: вермикультивирование, вермикомпостирование, субстрат, органические отходы, биогумус.

*I.A. Sazonova*¹ *G. Shvets, K. Badalyan*² ¹FGBNU RosNIISK "Rossorgo", Saratov, Russia ²FGBOU VO Saratov GAU, Saratov, Russia

EFFICIENCY OF WORM CULTIVATION ON DIFFERENT SUBSTRATES FROM ORGANIC WASTE

Annotation. The article studies the influence of organic waste generated at the UNPK Agrocenter of the Saratov State Agrarian University on the process of vermiculture. According to the results of experimental data, plant waste must first undergo a natural composting process, since the vermiculture died within 2.5 weeks. Of the mushroom waste, the most acceptable substrate turned out to be champignon mulch, in which a

positive dynamics of an increase in the number of worms was observed.

Key words: vermicultivation, vermicomposting, substrate, organic waste, biohumus.

Не секрет, что для поддержания плодородия земли огромную пользу оказывают компостные черви. Это связано с тем, что в процессе своей жизнедеятельности они образуют настоящее удобрение – биогумус, который уникален по своим свойствам. Биогумус или копролит является продуктом переработки червями некоторых органических отходов. Он богат питательными гуминовыми веществами, содержит макро- и микроэлементы, сбалансированные между собой, и превосходит традиционные органические удобрения по действию на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур [1]. Одновременно процесс образования биогумуса сопровождается утилизацией органических отходов, которые в огромном количестве накапливаются на производствах сельского хозяйства. Существенная часть этих отходов является нетоксичной по своей природе. Однако, они обладают потенциалом глобального увеличения загрязнения окружающей среды [3]. Если эти органосодержащие отходы превратить в вещества, полезные для растений, то можно сохранить большой потенциал материалов, необходимых для сельского хозяйства.

Вермитехнология – это наиболее экологически безопасная для окружающей среды биотехнология переработки и утилизации биodeградируемых органических отходов с

получением продукции с дополнительной стоимостью, что является экономически выгодным процессом [2].

Еще один востребованный продукт, получаемый в процессе вермикультивирования – это биомасса червей, которая может успешно использоваться в качестве белковой добавки в кормлении животных, птицы и рыбы. В связи с этим, процессы вермикультивирования и вермикомпостирования являются перспективными направлениями не только для утилизации органических отходов и образования ценного удобрения, но и получения востребованных биологически активных кормовых добавок.

В связи с вышесказанным была поставлена цель эксперимента – оценить возможность использования органических отходов, образующихся в результате производства УНПК «Агроцентр» Саратовского ГАУ, в качестве субстрата для вермикультивирования.

Основным объектом исследования являлась популяция дождевого калифорнийского червя *Eisenia fetida*, в качестве субстратов для вермикомпостирования были взяты отходы грибоводства – мульча от производства вешенки и шампиньонов, растительная масса тепличных растений. Калифорнийский дождевой червь принадлежит к семейству крупных почвенных малощетинковых червей *Lumbricidae*, которых относят к отряду высших малощетинковых *Lumbricomorpha*, классу малощетинковых *Oligochaeta*, типу кольчатых *Annelida*, подцарству многоклеточных, царству животных *Animalia*. *Eisenia fetida* имеет средние размеры и характерный признак – полосатость. Окраска полос от

розового до багряно-красного цвета, а не пигментированные участки имеют желтоватый оттенок.

Для проведения исследований была подготовлена серия органических субстратов с оптимальной влажностью (70-85%), температурой (18-20°C) и pH (6,8-7,2). Растительные компоненты были предварительно измельчены. Вермикультура была подготовлена для субстратов в количестве по 100 червей, определена их общая масса и исходя из этого вычислена средняя масса одного червя. После чего червей помещали в субстрат. Эффективность процесса вермикультивирования оценивали в течение месяца по количеству червей в субстрате. Также оценивали появление коконов в субстратах во время вермикультивирования.

Полученные результаты отображены на рисунке 1, из которого видно, что через две недели эксперимента вермикультура в субстрате из растительных остатков тепличных растений погибла. Это доказывает, что вермикомпост предварительно должен пройти процесс естественного компостирования, когда происходит процесс развития микробов, разлагающих клетчатку до сахаров, легко усваиваемых любым организмом.

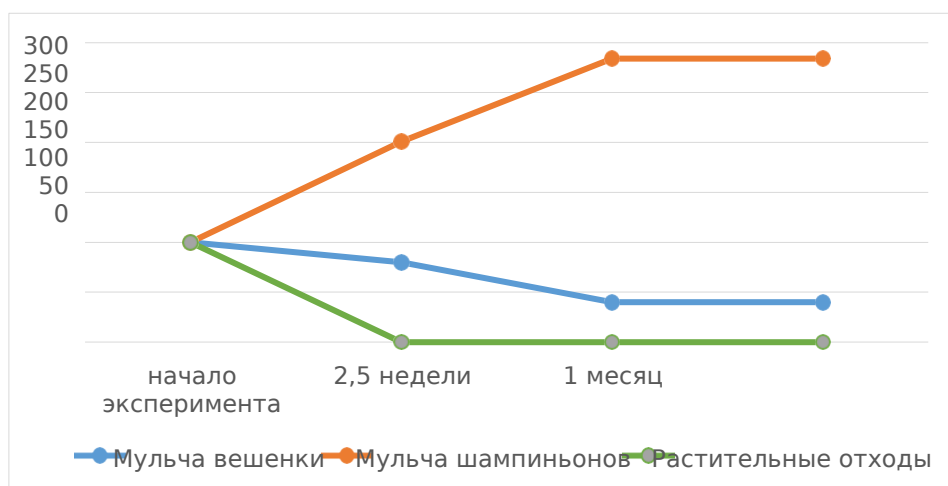


Рисунок 1 – Динамика количества вермикультуры в субстратах

В субстрате из мульчи шампиньонов наблюдалась устойчивая динамика количественного роста червей: через 2,5 недели после начала эксперимента в 2 раза, а через месяц почти в 3 раза. Кроме того, в субстрате были обнаружены коконы вермикультуры.

По-другому вела себя вермикультура в субстрате из отходов от производства вешенки. Количество червей постепенно снижалось, хотя и не так явно, как в растительных отходах. По видимому такой вид субстрата должен разбавляться более подходящим, классическим, например, перегнившим навозом КРС или торфом.

Таким образом, из всех использованных субстратов наиболее приемлемым для вермикультивирования оказались отходы от производства шампиньонов, где происходило стабильное увеличение количества червей.

Список литературы

1. Битюцкий Н.П. Влияние червей на трансформацию органических субстратов и почвенное питание растений / Н.П. Битюцкий, Е.И. Лукина, В.Г. Пацевич и др. // Почвоведение. - 1998. № 3. - С. 309-315.
2. Миронов В.В. Экобиотехнологии переработки органических отходов / В.В. Миронов // Вестник ВНИИМЖ. - 2018 - № 1(29). - С. 18-24.
3. Ручин А.Б. Вермикультивирование как путь решения некоторых экологических проблем / А.Б. Ручин // Астраханский вестник экологического образования. - 2013. № 1(23). - С. 137-140.