

УДК 504.062.4

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕТРИТОФАГОВ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГУМУСА

© 2019 Е.П. Загорская, А.А. Иванов

Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти (Россия)

Поступала 12.04.2019

Рассматриваются вопросы применения вермикультуры для переработки различных видов органических удобрений. Отмечены перспектива использования червей в этом отношении и имеющиеся проблемы по выбору исходного субстрата и его роли в процессе образования биогумуса. Использование вермикультуры в переработке отходов требует совместного применения различных имеющихся сегодня технологий в области повышения плодородия почв.

Ключевые слова: вермикультура, органические отходы, биогумус

Zagorskaya E.P., Ivanov A.A. The use of detritus feeders in the process of producing vermicompost. – Questions of application of vermiculture for processing of various types of organic fertilizers are considered. The prospect of using worms in this regard, and the existing problems in the choice of the original substrate and its role in the formation of vermicompost. The use of vermiculture in waste processing requires the joint application of various technologies available today in the field of improving soil fertility.

Key words: vermiculture, organic waste, biohumus.

Применение вермикультуры (культуры червей) в переработке органических отходов имеет длительную историю своего развития. К числу наиболее перспективных методов переработки отходов относится технология вермикультивирования с получением биогумуса. Биогумус (вермикомпост) образуется из отходов жизнедеятельности червей – копролитов. Основное внимание исследователей привлекает разработка методов, ускоряющих и удешевляющих переработку органических отходов методом вермикультивирования.

Черви, называемые «дождевыми», «компостными», «земляными» относятся к подотряду кольчатых малощетинковых червей отряда Nematoda, к семейству Lumbricidae. По типу питания они относятся к гетеротрофным педобионтам.

Биомасса компостных червей и их коконов представляет собой вермикультуру.

Для вермикультуры используют несколько видов червей и их гибридов:

- навозный червь – *Eisenia foetida*
- обыкновенный дождевой червь – *Lumbricus terrestris*;
- большой красный выползок;
- малый красный червь (малый выползок) – *Lumbricus rubellus*;
- дендробена (*Dendrobaena*) и некоторых других

Наиболее широко используемым в вермикультуре является *Eisenia foetida* (навозный или компостный червь) и выведенные на его основе гибриды (красный калифорнийский червь, Русский московский гибрид, Старатель и т.д.) (Кузнецов, 2015).

Гибриды имеют следующие преимущества перед обычными червями:

- время переработки отходов в 2 раза быстрее);
- при использовании гибридных особей содержание гумусовых веществ в биогумусе повышено до 35%, тогда как при использовании обычных червей снижено до 10–15%);
- повышенная способность переработки токсичных отходов;
- короткий период перехода на новый вид субстрата;

Загорская Елизавета Павловна, кандидат биологических наук; Иванов Александр Александрович, кандидат юридических наук

- способность адаптироваться к различным субстратам;
- отсутствует миграция в почву;
- не впадают в анабиоз в зимнее время.

В настоящее время получены гибриды (промышленные линии червей), адаптированные к различным типам субстрата, включая субстрат загрязненный такими токсичными соединениями, как ПАУ, ПХБ, пестициды, тяжелые металлы и радионуклиды.

Выбор конкретного вида червей для решения задач переработки отходов обуславливается повышенной способностью потреблять конкретный субстрат или способностью быстро адаптироваться к смене субстрата, скоростью размножения, устойчивостью к конкретным токсинам.

Целью работы является исследование состава исходного субстрата и его влияние на процесс получения биогуруса.

Ежегодно в России накапливается около 7 миллиардов тонн отходов, из которых повторно используется только 2 миллиарда тонн, или менее 30% (Житина, Стекольников, 2015). Отходы, образующиеся в сельском хозяйстве (экскременты животных), промышленности (разнообразные отходы растительного происхождения), коммунальные (пищевые отходы), не токсичны и относятся к IV или V классу опасности. Они составляют около 30% от общих объемов отходов, вывозимых на полигоны захоронения. Общий объем пищевых отходов является незначительным в составе твердых коммунальных отходов (ТКО) общественных и торговых предприятий (10–15%), но значительно возрастает в составе ТКО жилого фонда (35–45%) (Соколова, 2011).

Учитывая способность биологических объектов перерабатывать органическое вещество в почвенный гумус, целесообразно их использовать для возобновления плодородия почв и восстановления свойств нарушенных земель.

Эксперименты по исследованию состава субстрата проводили в лабораторных условиях с червями вида *Eisenia foetida*. При постоянной комнатной температуре 22–23°C в течении зимнего сезона. Червей содержали в контейнерах объемом 5 литров при соблюдении необходимых параметров для жизнедеятельности испытуемых объектов. Первоначальное количество экземпляров животных в каждом контейнере 25 штук.

Существуют определенные условия применения органических отходов для питания дождевых червей. При длительном содержании объектов в эксперименте необходимо разрабатывать дополнительные действия по подготов-

ке субстрата к переработке червями. Положительный результат при подготовке субстрата получается при снижении влажности органических отходов центрифугированием и внесении наполнителя, в качестве которого могут использоваться солома, костра, опилки или торф (Выгузова, 2013).

Проведенные нами наблюдения показали, что время и скорость переработки субстрата зависит от размера частиц корма и приспособленности к определенным кормам: крупные фракции долго перерабатываются, после адаптации червей к основному корму количество переработанных отходов возрастает. В субстрате должна поддерживаться нейтральная среда, влажность 70–80%, обязательным условием является проведение аэрации. Приготовленный таким образом компост является экологически чистым, не имеющим запаха гниения. При такой подготовке субстрата происходят химические и биологические процессы, способствующие уничтожению патогенной микрофлоры и яиц гельминтов, потеря всхожести семян сорняков (Мустафаев, 2013). Для осуществления процесса аэрации перерабатываемого субстрата, необходимо использовать твердый органический наполнитель – 20%. В качестве подобного наполнителя предлагается использовать опилки, скорлупу орехов, лузгу подсолнечника, которые представляют собой отходы деревообрабатывающей и пищевой промышленности. Экономически выгодно получать вермикомпосты на основе пищевых отходов заводов по производству соков, комбинатов пищевых концентратов (отходы чая, кофе, кожура бананов и др.), благодаря экологичности отходов пищевой промышленности биомассу червя, биогурус можно использовать в комбикормовой, пищевой и фармацевтической промышленности (Барштейн, 2016).

Компостирование позволяет уменьшать потери питательных веществ в органических отходах при их разложении. Чаще всего компост состоит из двух основных компонентов органического происхождения, которые неодинаковы по устойчивости к разложению микроорганизмами и червями. Один из компонентов играет роль поглотителя влаги и аммиака и без компостирования слабо разлагается (например: торф, дерновая земля, древесные отходы), а другой богат микрофлорой, содержит достаточное количество легко распадающихся азотистых органических соединений (например: различные виды навоза, птичий помет, осадки сточных вод). К таким компостам относятся компосты из соломы и других долго разлагаю-

щихся органических материалов с жижой, фекальной массой (Белюченко, 2015).

Существует сложная взаимосвязь между земляными червями и микроорганизмами. Микробное население в кишечнике земляного червя значительно *выше* по сравнению с окружающей почвой: в нем встречается большее количество грибов, актиномицетов и бактерий и отмечается более высокая ферментная активность (Ansari et al., 2012).

В процесс компостирования вовлекаются разнообразные виды отходов: гетерогенные (городской мусор, твердые коммунальные отходы) и более однородные (отходы животно-

водства и растениеводства, активный ил и осадки сточных вод). Технология компостирования позволяет контролировать и ускорять процесс разложения отходов, тогда как в естественных условиях этот процесс протекает значительно медленнее.

Несколько разновидностей отходов имеют преобладающее значение – это картофель и его очистки, прочие овощи, фрукты и их очистки. Эти отходы быстрее подвергаются переработке с использованием вермикультуры.

Соотношение отходов разных видов представлено на диаграмме (рис. 1).

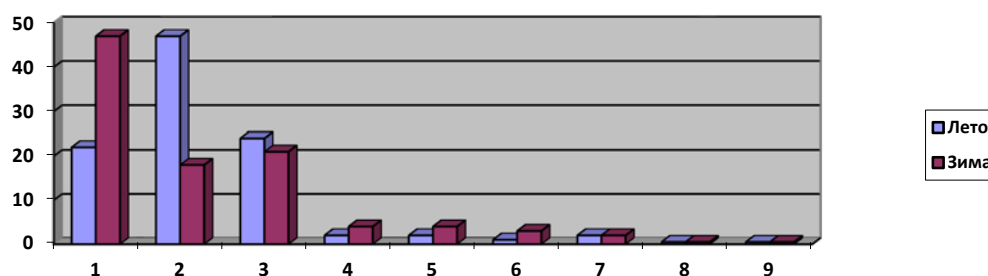


Рис. 1. Состав пищевых отходов (по Соколовой, 2011):

1) картофель и его очистки; 2) прочие овощи и их очистки; 3) фрукты и их очистки; 4) мясо, колбасы; 5) мясные кости; 6) рыба; 7) хлеб; 8) молочные продукты; 9) яичная скорлупа

К перерабатываемым отходам относятся отходы мясные, кости, рыба, молочные продукты, совокупный объем которых в общей массе отходов невелик и составляет 5,5–11,5% в общем количестве отходов в зависимости от времени года (Соколова, 2011).

Важным компонентом исходного субстрата, подаваемого на переработку, является инертный минеральный наполнитель, служащий составной частью формируемого биогазуса (5–8%). Наполнитель выступает в качестве составной части получаемого биогазуса, используется для перетиранья субстрата в желудке червя.

На основании указанных данных, для осуществления эксперимента был определен состав исходного субстрата. Субстрат вносили слоем от 5 до 15 см, в зависимости от темпера-

туры окружающей среды, поскольку чрезмерное внесение может повлечь перегрев и закисление субстрата. Условно можно считать, что минимальной температурой окружающей среды может быть 15°C (при компостировании открытым способом). Увеличение температуры окружающей среды на один градус приведет к сокращению слоя субстрата. Наши наблюдения за состоянием организмов показали, что в промышленных условиях общую глубину начального субстрата нецелесообразно делать больше 0,4 м, поскольку процессы вермитрансформации протекают только в верхнем слое, а повышение объема отходов может привести к сдавливанию червей. Компоненты субстрата приведены на диаграмме (рис. 2).

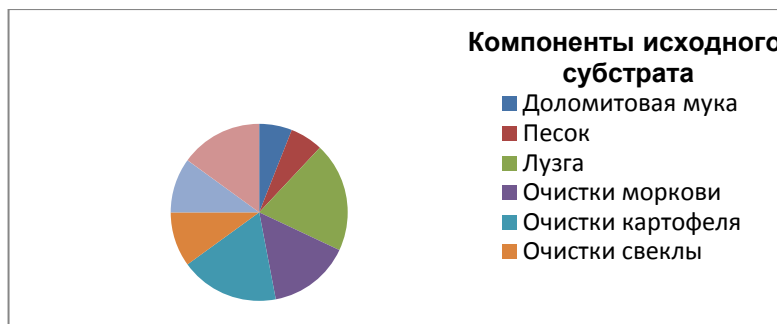


Рис. 2. Состав субстрата, используемого в эксперименте по получению биогазуса

Результаты наблюдений свидетельствуют, что наибольшей опасностью в процессе вермикюльтивирования является закисление исходного субстрата, влекущее гибель червей и получение биогазуса с низким качеством. Процесс компостирования может протекать в неблагоприятном направлении при развитии анаэробных микроорганизмов. В промышленных масштабах проводится постоянная аэрация. Развитию анаэробных условий препятствует использование раскислителя (5–8%), в качестве которого используют золу, яичную скорлупу, мел. В проводимом эксперименте в качестве раскислителя использовалась доломитовая мука.

В эксперименте необходимо предусмотреть способ отвода лишней жидкости. Для устранения накопившейся жидкости в контейнерах были предусмотрены сливные отверстия. Жидкость, прошедшая через слой переработанного биогазуса, представляет собой ценный продукт для использования в сельскохозяйственных целях в качестве удобрения, высококонцентрированный биогазат (водно-щелочную вытяжку из биогазуса), так называемый «вермичай» (wormtea).

Наши наблюдения показали, что целесообразно проводить смешивание свежего субстрата, направляемого на переработку, с готовым биогазусом в количестве, составляющем 15–20% по весу от массы свежего корма. По наблюдениям, подобное смешивание в 2–4 раза увеличивает скорость переработки, что обеспечивается богатым микробиологическим содержанием уже готового биогазуса и переносом существующих микроорганизмов на свежие отходы, предназначенных к переработке.

Постоянно проводились наблюдения за тем, чтобы в процессе вермикомпостирования не начинались процессы гниения. Этого добивались периодическим осторожным изменением структуры поверхностного горизонта для устранения застойных зон. Проводить процедуру нужно с осторожностью, не рекомендуется перемешивать или перекапывать, чтобы не повредить организмам вермикомпостера.

В ходе эксперимента для осуществления нормального перетирания корма в пищеварительной системе червей периодически добавляли в пищу перетертую яичную скорлупу или песок. Предварительно субстрат измельчали, чтобы его кусочки не превышали в размере 1 см.

Отметим, что наиболее крупные черви способны отрывать и поглощать кусочки субстрата и без его предварительного измельчения, но для уменьшения времени переработки требует-

ся предварительное размягчение крупных кусков отходов.

В лабораторных условиях целесообразно замораживать пищевые отходы для разрушения их клеточной структуры и ускорения процесса переработки. При промышленной переработке пищевых отходов процесс замораживания не является экономически оправданным, в данном случае более целесообразным является применения процесса компостирования.

Проведенный эксперимент по выбору исходного субстрата показал значительную роль состава применяемого исходного субстрата для задач вермикюльтивирования и получения биогазуса. Об этом можно судить по длительному (на протяжении 10 месяцев) существованию вермикюльтуры на выбранном субстрате, осуществлении червями репродуктивной функции и формированию биогазуса в результате его переработки.

Скорость и эффективность переработки выбранного субстрата зависит от очень многих факторов, к числу основных относятся влажность и температура. Это обуславливает необходимость периодического (не реже раза в трое суток) контроля состояния субстрата и организмов и внесение при необходимости необходимых коррекций. Подобный контроль предлагается осуществлять в вечернее и ночное время суток, учитывая биоритмы червей, когда они выходят на поверхность субстрата, что позволяет сделать определенные выводы по их внешнему виду и активности.

К числу основных осуществляемых коррекции относится увеличение внесения азотсодержащей органики (в случае уменьшения среднего веса червя, снижения его активности), а также внесение раскислителя (доломитовой муки или яичной скорлупы). В случае массового выхода червей на поверхность субстрата и появления запахов, в эксперименте применяли механическую аэрацию.

Простым методом определения качества проведенного процесса вермитрансформации является попытка растворения полученного продукта в воде. В отличие, например, от торфяного грунта, биогазус практически не растворяется и дает ярко выраженный осадок на дне пробирки (рис. 3).

Данный эксперимент показывает, что комковатая структура биогазуса является устойчивой в отношении размывания водой. Если гумусовые вещества, содержащиеся в торфяном удобрении, вымываются из почвы в течение года, то гумусовые вещества в копролитах дождевых червей способны сохраняться в почве до 5 лет, что обуславливает значительно бо-

лее продолжительный эффект внесения такого удобрения, как биогумус.

Копролиты содержат гуминовые вещества (гуминовые кислоты и их соли – гуматы), которые делают эти гранулы водостойкими, водоемкими, стойкими к механическому воздействию и структурируют почву, делают ее плодородной и воздухопроницаемой. Кроме того, копролиты – это центры микробиологической активности широкого спектра почвенной флоры (Кутовая, 2012).



Рис. 3. Попытка растворения биогумуса в воде и его осаждение на дне пробирки

Результаты многочисленных закладок субстрата на переработку вермикультурой показали, что в течении 24 часов черви способны переработать количество отходов, составляющее примерно половину от их массы. На основании подобной зависимости, зная примерную массу вермикультуры можно планировать объем отходов, закладываемых на переработку.

Скорость протекания процесса переработки отходов не является постоянной. В частности, если состав отходов изменяли, то вермикультуре требовалось дополнительное время (7–10 дней) на привыкание к новым отходам. После переработки 80–90% отходов процесс их переработки резко замедляется.

Эксперименты показывают, что в случае кардинальной смены вида перерабатываемых отходов (например, навоза крупного рогатого скота на отходы пищевого и растительного происхождения) процесс привыкания занимает не менее 2 месяцев и сопряжен со значительным сокращением численности вермикультуры. В случае применения наиболее распространенного в промышленности навозного червя *Eisenia foetida* сокращение численности может достигать 90–100%. При применении червей

рода *Dendrobaena* или таких линий промышленных червей, как Старатели, и специально выведенных для утилизации отходов Красных калифорнийских червей, сокращение численности вермикультуры при переходе на новый вид отходов не так значительно. Сокращение численности организмов вообще можно избежать, если сделать переход постепенным.

Массу отходов подбирали таким образом, чтобы они не перерабатывались слишком быстро, и операцию внесения свежего корма не приходилось бы повторять слишком часто. Отметим, что объем отходов не должен быть слишком велик, поскольку вероятно задержка его переработки.

Для проверки данного положения проведен эксперимент по переработке 250 грамм растительного корма 25 граммами червей рода *Dendrobaena*, предыдущим кормом которых был навоз КРС.

Каждые два дня собирались и взвешивались кусочки отходов, находящиеся в вермикомпостере.

Наши наблюдения показали, что первоначально в течении 8–10 дней черви привыкают к новому виду отходов и его переработка осуществляется в основном микробиологическими факторами. Процесс переработки ускоряется в том случае, если состав отходов является обычным для данных червей, и вермикультура уже настроилась на его переработку. Как показывают наблюдения за разными видами вермикультуры, процесс полной настройки на переработку нового вида отходов занимает около 60 дней. Процесс переработки ускоряется в результате предварительной подготовки отходов (измельчение, компостирование, замораживание). Скорость процесса обуславливается также изменением температуры на более предпочтительную для переработки отходов в биогумус.

Следует обратить внимание, что активный процесс переработки отходов протекает на протяжении небольшого периода времени (на представленном графике в течение 25 дней), после чего резко замедляется, что сопряжено с накоплением более твердых и плохо усваиваемых червями остатков субстрата

Наши наблюдения показали, что после этого момента дальнейший процесс переработки отходов вермикультурой будет протекать длительно, что экономически нецелесообразно. Не переработанные отходы могут быть изъяты из вермикомпостера в результате сепарации для утилизации или дополнительного компостирования.

Динамика переработки отходов вермикультурой в зависимости от времени представлена на графике (рис. 4).

Результаты исследований. Проведенный эксперимент показывает значение состава применяемого исходного субстрата для задач вер-

микультивирования и получения биогумуса, о чем можно судить по длительному (на протяжении 10 месяцев) существованию вермикультуры на выбранном субстрате, осуществлении червями репродуктивной функции и формированию биогумуса в результате его переработки.

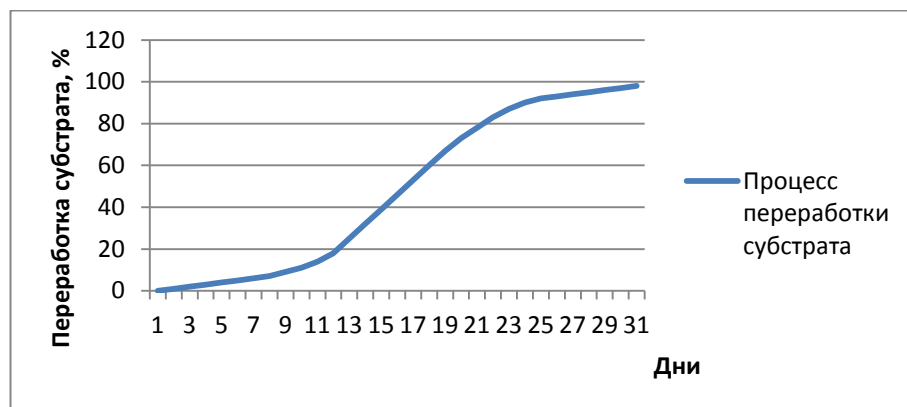


Рис. 4. Переработка субстрата в зависимости от времени, прошедшего с момента его внесения

В качестве базового субстрата для переработки коммунальных отходов предлагается использовать отходы растительного происхождения: очистки моркови, картофеля, капусты, свеклы, лузга семечек подсолнечника, как имеющие наибольшую долю в структуре пищевых отходов. Использование совместно с ними иных отходов (хлеб, лук, кожура банана, вата, картон и т.д.) также возможно, но требует дополнительных затрат времени на переработку, аэрацию, внесению доломитовой муки и микробиологических удобрений;

Качество получаемого биогумуса повышается в результате селективного отбора продуктов

переработки, противодействию их закислению, дополнения инертного наполнителя, создания микробиологической культуры почвы, существующей в условиях влажности не менее 60%, а также правильного выбора вида вермикультуры и сохранения экологического баланса в вермикомпостере.

Использование вермикультуры позволяет значительно увеличить содержание гумуса в перерабатываемом субстрате и улучшить его физические, химические и микробиологические свойства, что является необходимым условием производства высококачественных органических удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барштейн В.Ю. Биоконверсия отходов агропромышленного комплекса. Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2016. 88 с.

Белюченко И.С. Сложный компост и его влияние на свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур. Краснодар: КубГАУ, 2015. С. 18-22.

Выгузова М.А. Исследование технологии утилизации отходов в сельскохозяйственном // Политематический сетевой электрон. науч. журн. Кубанского гос. аграр. ун-та. 2013. № 85. С. 338-348.

Городний Н.М., Мельник И.А., Повхан М.Ф. и др. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве. Киев: Урожай, 1990. 256 с.

Житин Ю.И., Стекольников Н.В. Приемы использования отходов производства в агроэкосистемах Центрального Черноземья: монография. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. 218 с.

Корсунова Т.М., Дондокова Д.Б., Цыренова Э.Б. Влияние вермикомпоста и регуляторов роста на развитие, урожайность и качество сельскохозяйственных и декоративных растений // Вестн. Бурят-

ской гос. с.-х. академии им. В.Р. Филиппова. 2008. № 4. С. 43-49.

Кузнецов А.Е. Прикладная экобиотехнология: в 2 т. Т. 1. М.: Бином, 2015. 629 с.

Кутовая О.В. Характеристика гумусовых веществ агродерново-подзолистой почвы и копролитов дождевых червей // Бюл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. 2011. Вып. 69. С. 46-59.

Мустафаев, Б.А., Какезанов, З.Е., Белюченко, И.С. Особенности переработки отходов с помощью дождевых червей разных видов в условиях павлодарской области // Экол. вестн. Северного Кавказа. 2013. Т. 9, № 4. С. 50-63.

Соколова Н.Р. Достоверные нормы накопления отходов – основа эффективной санитарной очистки // Твердые бытовые отходы. 2011. № 9. С. 24-29.

Ansari A.A., Ismail S.A. Role of Earthworms in Vermitechnology // Journal of Agricultural Technology. 2012. V. 8(2). P. 403-415.