

озеленения. Зельковая серрата с осенней окраской листьев – распространенный ландшафтный вид в Шанхае. *Catalpa bungei* выращивается как декоративное и придорожное дерево. *Quercus fabri* отличается высокой адаптивностью, засухоустойчивостью, а также эффективностью в улучшении почвы и предотвращении ее эрозии. Осенью его листья сезонно меняются, имеют высокую декоративную ценность и могут быть использованы в качестве лесных пород деревьев.

Стремительная урбанизация, большинство исследований показали, что видовое богатство растений в основном зависит от изменений в землепользовании, таких как урбанизация, развитие сельского хозяйства. Урбанизация способствует гомогенизации видов, а высокая интенсивность урбанизации может вызвать экстремальную гомогенизацию видов. Культивируемые кустарники, которые используются чаще всего, сосредоточены в *Vixis sinica*, *Fatsia japonica* и *Aucuba japonica*. Большинство трав представляют собой искусственно высаженные одно-видовые газоны. Разнообразие местных растений уменьшается по мере урбанизации. Также можно сказать, что Шанхай, являясь крупнейшим городом и экономическим центром Китая, благодаря развитой транспортной сети и широкому международному обмену, а также торговой деятельности, служит воротами для проникновения космополитических видов.

Выбор древесных пород предполагает развитие и использование зональных и местных видов, а также контролируемое внедрение видов для расширения биоразнообразия. При выборе видов деревьев необходимо придерживаться шести принципов: подходящие деревья для правильного места, экологический приоритет, многоцелевой баланс, биоразнообразие, преимущественно деревья и акцент на местных видах деревьев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Da, L.J. Diversity diagnosis and coordination evaluation of greenland plant communities in Central Shanghai / Da Liangjun, Fang Hejun, Li Yanyan // Chinese Garden. – 2008. – Vol. 3.– P. 87–90.
2. Da, L.J. Diversity of natural plant communities in Dashan Island, Shanghai / Da Liangjun, Yang Yongchuan, Chen Yanping // China Urban Forestry. – 2004. – Vol. 2, No. 3. – P. 22–25.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРЕССА В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЕРМИКОМПОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НАВОЗА ДОМАШНЕГО СКОТА: ОБЗОР

STUDY ON PROGRESS IN VERMICOMPOSTING TECHNOLOGY FOR LIVESTOCK MANURE TREATMENT: A REVIEW

Я. Ли¹, В.О. Лемешевский^{1,2}, С. Л. Максимова³
Yan Li¹, V. Lemiasheuski^{1,2}, S. Maksimova³

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, Минск, Республика Беларусь
ly15993087502@163.com

²Всероссийский НИИ физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФИЦ животноводства – ВИЖ им. ак. Л. К. Эрнста, Боровск, Российская Федерация

³Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Belarus

²All-Russian research Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of animals – branch of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Borovsk, Russian Federation

³Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Republic of Belarus

В связи с быстрым развитием отрасли животноводства, образование отходов вызвало большую степень воздействия на окружающую среду. Поэтому неизбежной тенденцией к повышению эффективности использования отходов окружающей среды в настоящее время является необходимость рационального повторного использования ресурсов навоза. Земляные черви могут эффективно решать проблему утилизации органических отходов в почве. Использование дождевых червей для улучшения состояния окружающей среды является биотехнологическим подходом, что способствует переработке отходов путем растворения примесей экскрементов животных с последующим синтезированием белков, а также различных видов питательных веществ. Проведено обобщение результатов исследований в области технологии вермикомпостирования для переработки навоза домашнего скота и птицы, а также представлены теоретические рекомендации по

снижению загрязнения окружающей среды, эксплуатации ресурсов и устойчивому развитию выращивания домашнего скота и птицы.

Due to the rapid development of the livestock industry, the waste generation has caused a large degree of environmental impact. Therefore, the inevitable trend towards increasing the efficiency of use of environmental waste is currently the need for rational reuse of manure resources. Earthworms can effectively solve the problem of organic waste utilization in the soil. The use of earthworms for environmental improvement is a biotechnological approach, which promotes waste recycling by dissolving the impurities of animal excreta, followed by the synthesis of proteins as well as various kinds of nutrients. The results of research in the field of vermicomposting technology for processing livestock and poultry manure are summarized, and theoretical recommendations for reducing environmental pollution, resource exploitation and sustainable development of livestock and poultry farming are presented.

Ключевые слова: вермикомпостирование, органические отходы, навоз домашнего скота, экология.

Keywords: vermicomposting, organic waste, livestock manure, ecology.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-13-16>

Введение. С развитием экономики и ростом населения скорость образования органических твердых отходов становится все выше, в то время как мощности по переработке твердых отходов не увеличиваются, что приводит к неконтролируемому накоплению большого количества органических отходов. Это не только приводит к растрате ресурсов органического вещества, но и серьезно загрязняет окружающую среду. Среди отходов на первом месте стоят сельскохозяйственные органические отходы, которые обозначают общим термином и подразумевают отходы органического типа, образующиеся в результате сельскохозяйственного производства, переработки сельскохозяйственной продукции, животноводства и птицеводства и могут быть разделены на четыре основные категории в зависимости от их источника. К ним относят: 1) растительные отходы (в основном остатки, образующиеся в процессе сельскохозяйственного и лесного производства); 2) животные отходы (в основном остатки, образующиеся в процессе животноводства и рыбоводства); 3) отходы переработки сельскохозяйственного производства (в основном остатки, образующиеся в процессе сельскохозяйственного, лесного и рыбного производства); и 4) отходы хозяйствования (в основном остатки, образующиеся в процессе сельской городской жизни, включая отходы повседневной жизни). В настоящее время методы утилизации таких органических отходов в основном включают захоронение и сжигание, которые не только приводят к вторичному загрязнению, наносящему вред окружающей среде, но и растрачивают ресурсы, содержащиеся в органических отходах, что не соответствует требованиям развития по экологизации и обеспечению ресурсами.

Цель исследования – изучить принципы, преимущества, факторы влияния и эффекты применения технологии вермикомпостирования при переработке помета скота и птицы; предложить рекомендации по продвижению и применению технологии вермикомпостирования, снижению загрязнения и использованию помета скота и птицы для освоения ресурсов и устойчивого развития.

Методы и методы исследования. Проведен библиографический анализ и сравнительные исследования, доступной литературы баз данных Google Academy, SCOPUS и CNKI. Была собрана и проанализирована литература о технологии земляных червей для обработки навоза животных и птиц за последние 20 лет. Изучено влияние типов материалов, плотности поголовья, температуры, влажности, соотношения углерода и азота на эффективность их обработки. Обобщены преимущества и недостатки технологии земляных червей в снижении загрязнения навозом, повышении качества удобрений и увеличении продуктивности земляных червей.

Результаты исследования

Научно-исследовательский прогресс технологии вермикомпостирования. Земляной червь относится к филуму *Annelida*, его тело имеет симметрию с сегментацией. Это моллюск, поверхность которого покрыта пигментированной тонкой кутикулой. Тело дождевого червя содержит большое количество белка, достигающее почти 70 %, кальция, фосфора, железа, калия и других полезных микроэлементов. Обладает гермафродитизмом. Репродуктивные органы находятся в передней части сегментов тела [1].

Eisenia foetida – вид дождевых червей, относящийся к категории фекальных дождевых червей. Кишечная целлюлоза дождевых червей характеризуется большой ферментативной активностью, и способностью к разложению. В то же время рацион дождевого червя разнообразен и он способен потреблять и перерабатывать фекалии по массе равные собственному весу. Так, 100 миллионов дождевых червей могут переработать 40–50 тонн органических отходов за 1 минуту и произвести при этом 20 тонн органического удобрения вермикомпост [2].

Земляные черви питаются органическими отходами и образуют вермикомпост. Органические отходы проходят в организме земляных червей ряд сложных реакций биологического окисления, в которых участвует большое количество микроорганизмов. В процессе вермикомпостирования макромолекулярные органические вещества разлагаются на простые органические соединения, а простые неорганические малые молекулы и органические мономеры полимеризуются в гумус; Потребление органического углерода происходит в основном за счет дыхания, осуществляемого дождевыми червями и микроорганизмами, при котором выделяются углекислый газ, вода и тепло. В ходе этих процессов наблюдается тенденция к увеличению накопления азота, и его преобразование

происходит в основном за счет минерализации и биологической фиксации азота микроорганизмами [3]. Компостируемый продукт постепенно превращается в вермикомпост с хорошей водоустойчивостью благодаря перевариванию в кишечнике дождевых червей и их собственному физическому перемешиванию, что способствует удержанию питательных веществ.

Кроме того, технология вермикомпостирования имеет улучшенные физические, питательные и биохимические эффекты по сравнению с традиционным компостированием. Вермикомпостирование может увеличить скорость разложения и степень разложения органических веществ. Кроме того, по сравнению с аэробным компостированием, вермикомпостирование органических отходов дает два полезных продукта, а именно дождевых червей и вермикомпостирование. Кроме того, сочетание аэробного компостирования и вермикомпостирования может образовать интегрированный процесс биоразложения твердых отходов. Обычно эта интегрированная система используется для усиления контроля над патогенами и производства органических удобрений быстрее, чем только аэробное компостирование или вермикомпостирование. Процесс компостирования в этой интегрированной системе гарантирует, что производимое удобрение соответствует температурным требованиям Агентства по охране окружающей среды для уничтожения болезнетворных микроорганизмов на высокотемпературной стадии. В то же время из-за присутствия дождевых червей размер частиц кучи уменьшается, снижается во время последующего процесса вермикомпостирования и увеличивает скорость фиксации питательных веществ.

Факторы, влияющие на процесс вермикомпостирования

Сырье для компостирования. Во-первых, дождевые черви рассматривают кучу как пищу, но было обнаружено, что отходы, как правило, не подходят для прямой инокуляции дождевыми червями для компостирования, поэтому обычно необходимо предварительно компостировать их, чтобы удалить токсичные и вредные вещества; во-вторых, гранулометрический состав сырья кучи оказывает большое влияние на процесс компостирования. Это связано с тем, что он определяет газо- и водообмен, особенно водоудерживающую способность. Размер частиц оказывает большое влияние на пористость кучи. Размер частиц компостируемых материалов не должен быть слишком большим, поскольку они разлагаются медленнее. Однако частицы не должны быть слишком мелкими, так как они могут образовывать плотный материал и уменьшать пористость компостного сырья; наконец, основные свойства, такие как pH, C/N и содержание воды, варьируются от одного компостного сырья к другому и также оказывают влияние на процесс компостирования. Что касается pH, то он влияет на микробную активность в процессе компостирования, в то время как различные микроорганизмы и виды дождевых червей адаптируются к различным диапазонам, обычно нейтральным, но некоторые исследования показали благоприятный диапазон 4,5-9,0; поскольку компостирование действует на снижение содержания углерода, что в основном приводит к повышению содержания азота, а низкое отношение углерода к азоту (C/N) приводит к более быстрому разложению углерода и возможным опасным анаэробным зонам, которые губительны для дождевых червей». Аэробный рост микроорганизмов является неблагоприятным.

Факторы, связанные с дождевыми червями. Дождевые черви в целом делятся на три категории: поверхностный тип, эндодермальный тип и глубокий тип. Различные типы дождевых червей имеют свои собственные характеристики, но существует очень мало разновидностей, которые могут быть использованы для обработки органических отходов. Среди них основными распространенными видами являются дождевые черви поверхностного типа, красные дождевые черви; плотность инокуляции дождевых червей в куче также влияет на процесс компостирования, например, частота спаривания дождевых червей очень высока при низкой плотности населения, а когда плотность близка к несущей способности субстрата, она снижается; иногда сырье в куче содержит мало питательных веществ, что не может удовлетворить потребности роста дождевых червей, поэтому в кучу необходимо добавить некоторые аминокислоты, микроорганизмы и антибиотики. Поэтому необходимо добавлять некоторые аминокислоты, микроорганизмы и антибиотики, а также другие микроэлементы для достижения цели, чтобы дождевые черви находились в наилучшем состоянии роста.

Факторы, влияющие на эффективность вермикомпостирования

Температура. Земляные черви относятся к метатермофилам, и температура окружающей среды и компостируемых отходов оказывает значительное влияние на рост и размножение земляных червей. Контроль температуры навоза очень важен для процесса вермикомпостирования. Высокая температура сопровождается выделением сероводорода и аммиака, что снижает содержание азота в навозе, а также влияет на рост и размножение дождевых червей, уменьшая эффективность процесса. Оптимальная температура для жизнедеятельности дождевых червей составляет 15–25 °С. При температуре ниже 5 °С они переходят в состояние покоя, ниже 0 °С и выше 40 °С – обычно происходит гибель дождевых червей [4].

Содержание воды (влажность). Дождевые черви осуществляют дыхание, растворяя кислород через эпидермис, а влажность является основой для процесса их дыхания. Влажность субстрата имеет решающее значение для физиологической активности червей. Диапазон влажности, к которому приспособляются дождевые черви, составляет от 30 до 80 %, а оптимальный диапазон влажности – от 60 до 80 %. Гунади и др. [5] обнаружили, что дождевые черви имеют высокую скорость роста когда влажность коровьего навоза составляет 90 %, и высокую скорость размножения когда влажность коровьего навоза соответствует 75 %. В свином навозе дождевые черви имеют более высокую скорость роста и размножения при влажности 75 % и 70 %, соответственно.

C/N. В процессе предварительного компостирования органических отходов, таких как навоз домашнего скота, углерод обеспечивает энергию для микроорганизмов компоста, участвует в выделении CO₂ и тепла. Азот частично усваивается микроорганизмами и образуется в результате нитрификации с накоплением нитратов или

улетучивается в виде аммиака. C/N является одним из наиболее широко признанных и часто используемых показателей степени разложения.

Заключение. Технология вермикомпостирования может поглотить большую часть навоза, производимого животноводческими фермами в окрестностях, но некоторые фермы имеют отсталый процесс очистки навоза и высокое содержание влаги в навозе, которое необходимо регулировать путем добавления большого количества вспомогательных материалов, таких как древесная щепа и солома во время предварительного компостирования. С одной стороны, это увеличивает стоимость, с другой стороны, большое количество добавляемых вспомогательных материалов влияет на регулирование C/N. Органические отходы, такие как навоз домашнего скота, рекомендуется обрабатывать отдельно в соответствии с различными факторами, такими как тип и содержание влаги. Постройте пруд для выщелачивания и сначала сваливайте и выщелачивайте навоз скота и птицы с высоким содержанием воды; ищите много разных видов навоза скота и птицы и других органических отходов и изучайте различные методы предварительной обработки для разных видов сырья для вермикомпостирования. При нехватке одного вида сырья для компостирования можно быстро использовать другие виды сырья для вермикомпостирования с помощью зрелого процесса предварительной обработки.

В то же время, технология вермикомпостирования – это высокоэффективный и экологичный способ переработки органических отходов, позволяющий использовать уникальную способность дождевых червей и их совместное действие с микроорганизмами для дальнейшего разложения и переработки органических отходов, превращающий их в ценный экологический ресурс – компост.

В настоящее время исследования в области вермикомпостирования для обработки твердых отходов в основном сосредоточены на городских, кухонных отходах, животном и птичьем помете, садовых отходах. Проводимые исследования сосредоточены на лабораторной стадии, а не в реальном применении крупномасштабных испытаний. Вермикомпостирование позволяет экологически чистым и высоко эффективным способом выполнять обработку и утилизацию органических отходов соответствуя направлению зеленого развития экономики и окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексное применение дождевых червей в животноводстве и птицеводстве / Ю. Пэн, Ц. Хан, С. Цюй и др. // [J] Guangdong Feed. – 2016. – № 25(9). – С. 38–40. (in chinese)
2. Хуан, Ч. Текущее состояние и перспективы выращивания дождевых червей в коровьем навозе / Ч. Хуан, У Байсинь // [J] Информация о животноводстве, ветеринарной науке и технологиях. – 2020. – № 8. – С. 33. (in chinese).
3. Domínguez, J. Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes / J. Domínguez, M. Aira, M. Gómez-Brandón // [J] Microbes at work: from wastes to resources. – 2010. – P. 93–114.
4. Цзэн Чжунпин, Сюй Цинь. Разведение дождевых червей. – [М]. Ухань : Народное издательство Хубэй, 1982. (in chinese)
5. Gunadi, B. The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae) / B. Gunadi, C. A. Edwards // [J] Pedobiologia. – 2003. – No 47(4). – P. 321–329.

НОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ ДЛЯ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ STANDARD PARAMETERS OF PRODUCTIVITY CAPACITY OF ERODED SOILS FOR CADASTRAL VALUATION OF LAND

Н. Н. Цыбулько¹, И. И. Жукова², Е. В. Алексейчик¹
N. N. Tsybulka¹, I. I. Zhukova², E. V. Alexeichik¹

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь, nik.nik1966@tut.by

²Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка, г. Минск, Республика Беларусь, inn0707@bspu.by

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tanka, Minsk, Republic of Belarus

Обобщены данные продуктивности сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах в разной степени подверженных эрозионной деградации, полученные в длительных полевых опытах и производственных посевах. Уточнены поправочные коэффициенты на эродированность почв для использования