

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИЯ ОРГАНОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Биологические методы утилизации отходов позволяют вовлекать их в ресурсный цикл. В статье приводятся данные по оптимизации процесса биологической утилизации посредством использования естественных гетеротрофных организмов. В процессе вермикомпостирования меняются свойства отхода и его статус. Изменение физических, химических и микробиологических свойств позволяет присвоить отходу статус удобрения. В работе приводятся данные по изменению свойств отхода в зависимости от вида сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: вермикомпостирование, дождевые черви, удобрение, органосодержащие отходы.

Любая антропогенная деятельность ведет к накоплению отходов. По данным Росстата только растительных отходов за год формируется более 180 млн. т, около 120 млн. т животноводческих, более 2,5 млн. т осадков сточных вод. При этом на долю Приволжско-Уральского региона приходится 28% накопления отходов. Любые отходы следует вовлекать в ресурсный цикл. И в настоящее время ряд исследователей занимается этими вопросами [1], но в основном их исследования ведутся на основе технических приемов утилизации. Альтернативой является биологический способ, который позволяет использовать естественных редуцентов для трансформации отхода и пополнения органической массы в почве.

Целью нашей работы стала разработка методологических принципов и оптимизация процесса биологической утилизации отходов. Объектами настоящего исследования стали органические отходы животного происхождения. Для проведения процесса вермикомпостирования использовали популяцию калифорнийского гибрида красного дождевого червя *Eisenia foetida*.

При проведении исследований общую биологическую активность субстратов определяли методом «аппликаций». Изучение микробиологических сообществ проводили методом посева на соответствующие среды. Изучение и определение мелких групп почвенных беспозвоночных проводили путем изъятия проб почвенным буром с дальнейшим извлечением с помощью воронки Тульгрена. Определение разнообразия крупных групп почвенных беспозвоночных проводили методом прямого ручного разбора проб.

Агрохимические и биохимические показатели измеряли и определяли с помощью инструментальных и аналитических методов.

Для расчета достоверности экспериментов использовали статистические методы расчета, в том числе дисперсионный метод в модификации Доспехова.

Навоз – специфичный органический отход, который традиционно используется в агроценозах. Однако бактериологическая опасность и сложность расчета доз внесения из-за нестабильности форм азотных соединений вызывает некоторые сложности при его применении в агроценозах. Мы предлагаем для его утилизации метод вермикомпостирования с использованием в качестве основного редуцента калифорнийского гибрида красного дождевого червя *Eisenia foetida*.

Исследования показали, что различные виды навоза в неодинаковой мере влияют на состояние популяции красного калифорнийского червя. При заселении стрессовое состояние у биообъектов наиболее сильно выразилось на субстрате из навоза свиней, имеющего кислую среду, где гибель составила 20% от первоначальной численности, и в варианте с конским навозом и смесью навоза КРС + конский, где гибель вермиккультуры составила соответственно 3 и 2%.

Наиболее благополучно биообъекты чувствовали себя в варианте со смесью навозов КРС + свиной, в котором был отмечен начальный экспоненциальный рост – увеличение численности коконов и молодых особей. При этом прибавка численности составила 357%.

Увеличение количества популяции повысило количество переработанного субстрата. В

целом за время ротации в 90 дней выход верми-компоста составил 128 кг в варианте КРС + свиной, 123 кг в варианте с навозом КРС (рис. 1).

Высокая плотность посадки (50 000 шт. на стандартное ложе, за которое принимается у червепроводов объем 2 кв. м) позволила сократить время на переработку субстрата, но ожидаемого большого прироста численности червей не дала.

При снижении плотности посадки до 10 000 шт. червей на стандартное ложе отмечалось более интенсивное размножение изучаемой популяции червей, которое регистрировалось до плотности заселения 4000 шт. Меньшие плотности снижали частоту встречаемости червей в пространстве, и динамика увеличения численности популяции постепенно затухала.

Для расчета оптимальной плотности заселения отходов редуцирующими организмами мы предлагаем ввести дополнительные показатели к стандартной формуле удельной плотности популяции, это показатели витальности среды.

Чем большее количество состояний объекта мы отметим, тем легче будет регулировать процесс утилизации. Кроме того, при использовании организмов-редуцентов влияние на среду происходит тем быстрее, чем большее число особей принимает участие в деструкции. Для этого необходимо рассчитать популяционные характеристики I уровня (численность, плотность, рождаемость, смертность, миграционная активность, темп роста). Для расчета оптимальной плотности заселения отходов редуцирующими организмами необходимо ввести дополнительные показатели к стандартной формуле удельной плотности популяции:

$$P_{уд} = N/S(V),$$

где $P_{уд}$ – удельная плотность популяции (количество особей на единицу площади или объема);

N – общее количество особей;

$S(V)$ – занимаемая популяцией площадь (объем),

$$n = P_{сп} S(V) / W_i$$

где n – численность популяции;

$S(V)$ – занимаемая популяцией площадь (объем);

W_i – показатели витальности среды.

Для разных используемых гетеротрофов это могут быть разные показатели.

На основе эксперимента поддерживающей емкостью среды для популяции *Eisenia foetida* мы можем считать пять-десять тысяч особей на стандартное ложе.

Наша заинтересованность в подборе рецептуры субстратов заключается не только в увеличении численности червей, но и в получении массы удобрений с высокими удобрительными свойствами.

Особенности биологии червей привели к изменению и химического состава, и физического состояния.

В методологии элементы объекта, с помощью которых осуществляется воздействие на среду, в данном случае отход, мы предлагаем назвать «эффекторами», к которым можно отнести длину кишечного тракта червя, особые кальциевые железы, особенности синусоидного движения, обеспечивающие хороший воздухообмен в среде, и активность выброса капролитов. Чем больше и значительнее эффекторы, тем более сильным изменениям подвергается отход.

В случае с вермикомпостированием изучаемые отходы получают новые свойства. Во всех видах навоза и их смесях снизилось содержание органического вещества в среднем с 84 до 51%. Во всех изучаемых вариантах при завершении ротационного периода в вермикомпостах увеличилось содержание фосфора, калия, кальция. Количество азота после вермикомпостирования изменилось незначительно. Мы объясняем этот факт тем, что азот используется биообъектами в качестве основного энергетического ресурса для нарастания биомассы червя (табл. 1).

Отмечена зависимость массы тела червей и количества азота в вермикомпостах. Для производственных интересов затраты азота на построение массы тела червя окупаются за счет возрастания скорости переработки отхода и количественного увеличения выхода копролитов у крупных особей с высокой численностью популяции.

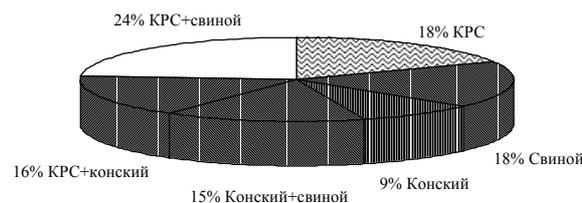


Рисунок 1. Приплод дождевых червей по вариантам опыта

Таблица 1. Химический состав субстратов и вермикомпостов

Варианты опыта	Зольность	Органическое вещество	Общий азот (N)	Общий фосфор (P ₂ O ₅)	Общий калий (K ₂ O)	Кальций (Ca)	рН
Навоз КРС							
Субстрат	15,38	84,2	2,00	0,45	2,17	1,78	6,8
Вермикомпост	43,9	56,1	2,11	0,83	2,23	2,36	7,1
Навоз свиной							
Субстрат	12,2	87,8	2,25	1,39	0,36	2,68	5,8
Вермикомпост	36,1	63,9	2,38	1,41	0,50	3,60	7,0
Навоз конский							
Субстрат	10,6	89,4	2,06	0,98	1,66	2,20	8,2
Вермикомпост	48,0	52,0	2,14	1,02	1,83	2,35	7,6
Навоз КРС + навоз свиной							
Субстрат	14,6	85,4	2,25	0,48	2,00	2,13	7,2
Вермикомпост	42,3	57,7	2,28	1,14	2,39	2,98	7,0
Навоз КРС + навоз конский							
Субстрат	11,1	88,9	2,05	0,67	1,96	1,79	8,0
Вермикомпост	48,4	51,6	2,20	0,70	2,00	1,96	7,4
Навоз конский + навоз свиной							
Субстрат	11,0	89,0	2,18	1,11	0,84	1,90	7,9
Вермикомпост	46,0	54,0	2,33	1,14	0,98	2,14	7,2

Таблица 2. Изменение кислотности при вермикомпостировании разных видов животноводческих отходов

Субстрат	Показатель рН	
	на начало эксперимента	на конец эксперимента
Навоз КРС	6,8	7,1
Навоз свиной	5,8	6,3
Навоз конский	8,2	8,0
КРС + свиной	7,2	7,0
КРС + конский	8,0	7,9
Конский + свиной	7,9	7,2

В связи с биологическими особенностями дождевых червей, которые могут потреблять кальций в любой форме и накапливать в известковых железах [3], впоследствии выбрасывая его с капролитами, изменяется рН вермикомпоста (табл. 2).

Уже через 7 дней по всем вариантам опыта рН сдвигается в сторону к нейтральной. Реакция среды изменилась от крайних значений 5,8-8,2 рН до 7,0-7,6 рН. Такая биологическая особенность червей оказала воздействие и на увеличение водопрочных агрегатов в готовом продукте – вермикомпосте, что при внесении их в почвы улучшает агрофизические свойства [2] (рис. 2).

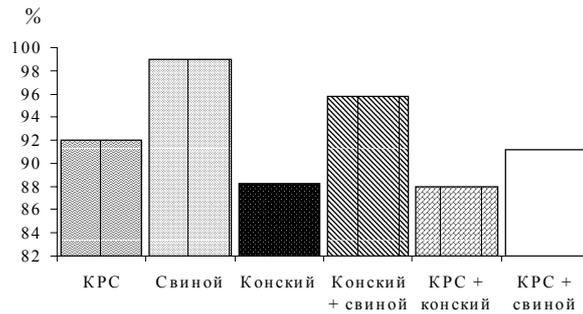


Рисунок 2. Количество водопрочных агрегатов в вермикомпосте в зависимости от использованного отхода

Качество полученного удобрения после утилизации дождевыми червями отхода зависит от сформировавшихся микробиологических сообществ. Чем больше организмов интродуцируется в нем, тем активнее деструкция вещества и короче срок его готовности до удобрения (табл. 3).

Поэтому мы предлагаем ввести расчет стандартного индекса видового разнообразия для корректировки и моделирования процесса утилизации в интересах получения качественного удобрения.

В нашем эксперименте наибольшая численность микроорганизмов, использующих органический азот, отмечена в двух вариантах, с кон-

ским навозом и его смеси с КРС (158,6 млн. и 160,6 млн. на 1 г абсолютного сухого вермикомпоста). Преобладание микроорганизмов, утилизирующих минеральный азот, было отмечено в вариантах с навозом КРС и его смеси со свиным.

В варианте с конским навозом и его смесью с КРС наблюдалась высокая численность аммонификаторов, что коррелировало с содержа-

нием азота в готовом вермикомпосте. В связи с целевым назначением вермикомпоста как удобрения мы не можем оставить без внимания такой экологический фактор, как наличие тяжелых металлов (табл. 4).

Снижение количества меди в 5-8 раз отмечено в варианте с субстратом из навоза свиной и его смесью с КРС.

Таблица 3. Численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп (в 1 г абсолютного сухого вермикомпоста из различных видов навоза)

Варианты опыта	Вермикомпост из навоза					
	КРС	свиной	конский	конский + свиной	КРС + конский	КРС + свиной
Стрептомицеты, млн	4,6	4,8	5,1	5,4	6,2	5,3
Азотобактер, % обрастание комочков	59,8	44,0	26,8	46,3	42,4	64,0
Микроорганизмы, разлагающие гумусовые соединения	20,7	12,3	28,2	20,4	24,3	12,4
Микроорганизмы, продуцирующие полисахариды, млн	103,3	130,4	98,6	104,0	104,3	89,4
Целлюлозоразрушающие бактерии, тыс	26,43	10,81	30,06	29,64	33,60	28,63
Энтеробактерии, общее количество	9,7	8,3	3,4	6,8	6,2	9,5
Микроорганизмы, утилизирующие азот, млн.						
– органический	108,0	96,5	158,6	132,2	160,6	102,1
– минеральный	268,3	234,0	112,0	126,0	112,0	239,3

Таблица 4. Изменение содержания тяжелых металлов при вермикомпостировании

Показатели мг/кг сухого вещества	Варианты	Варианты					
		КРС	свиной	конский	конский + свиной 1:1	КРС + конский 1:1	КРС + свиной 1:1
Марганец (Mn)	Субстрат	600	900	800	800	600	500
	Вермикомпост	500	800	600	600	500	500
Барий (Ba)	Субстрат	300	40	500	500	400	300
	Вермикомпост	100	80	500	500	400	300
Медь (Cu)	Субстрат	50	80	60	90	60	50
	Вермикомпост	40	10	60	70	60	10
Цинк (Zn)	Субстрат	200	100	500	400	350	160
	Вермикомпост	12	60	200	200	200	40
Хром (Cr)	Субстрат	100	80	30	80	80	150
	Вермикомпост	100	50	90	80	80	100
Ванадий (V)	Субстрат	60	150	60	100	60	10
	Вермикомпост	Не обн.	100	30	80	30	80
Свинец (Pb)	Субстрат	6	30	50	30	20	10
	Вермикомпост	4	20	10	20	6	6
Никель (Ni)	Субстрат	30	50	40	50	40	50
	Вермикомпост	10	30	20	30	30	30
Кобальт (Co)	Субстрат	Не обн.	8	3	4	3	6
	Вермикомпост	Не обн.	8	3	4	3	6
Молибден (Mo)	Субстрат	6	Не обн.	10	6	10	6
	Вермикомпост	1	Не обн.	2	4	6	1

Прослеживается зависимость снижения меди при рН, сдвинутом в кислую сторону.

Нами отмечена аккумуляция тяжелых металлов в теле червей. Причем более всего кумулируется свинец. Такой биологический барьер позволяет вывести часть тяжелых металлов из отхода, так как при вермикомпостировании

черви впоследствии изымаются из отхода.

Таким образом, изучив особенности прохождения процесса вермикомпостирования на различных видах субстратов, мы можем выбрать наиболее подходящий для решения определенных задач отход и получить вермикомпост с ожидаемыми свойствами.

Список использованной литературы:

1. Гайдаш Н.И. К вопросу о вермикомпостировании [Текст] / Гайдаш Н.И. // Вестн. РАСХН. – 1997. – №5. – С. 24-25.
2. Филиппова А.В. Экологизация производства овощей защищенного грунта в условиях Южного Урала [Текст] / А.В. Филиппова // Тезисы Межвузов. сб. докладов Региональной конференции молодых ученых и специалистов – Оренбург, 2000.
3. Брыкалов А.В. Микробиологический анализ биогазуса, полученного методом вермикомпостирования [Текст] / Брыкалов А.В., Романенко Е.С., Шония А.М. // Соврем. достижения биотехнологии. – Ставрополь, 1996. – С. 11-12.

Filippova A.V.

ECOLOGICAL-BIOLOGICAL ASPECTS OF VERMICOMPOSTING OF ORGANIC-COMPRISING WASTE

Biological methods of waste utilization allow their entering into resources cycle. The information of optimization of biological utilization process by means of using of natural heterotrophic organisms is given in this article. Waste features and its status are changed during the process of vermicomposting. Changes of physical, chemical and microbiological features allow giving the status of fertilizers to waste. The information about waste features' changes depending on the type of agricultural animal, is given in this article.

Key words: vermicomposting, earthworms, fertilizer, organic-comprising waste.

Сведения об авторах: Филиппова Ася Вячеславовна кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой биоэкологии Оренбургского государственного аграрного университета 460795, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18, e-mail: filippovaA@mail.ru