

УДК 574.626, 576.895
doi: 10.17223/19988591/18/8

И.Н. Титов, В.М. Усоев

Владимирский государственный университет (г. Владимир, Россия)

ВЕРМИКУЛЬТУРА КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЖИВОТНОГО БЕЛКА ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Одним из важнейших направлений вермикультуры является выращивание биомассы дождевых червей и использование этого возобновляемого биоресурса для получения высококачественных белково-витаминных кормовых премиксов для птицеводства, животноводства и рыбоводства. В обзоре приведены основные методы получения из биомассы дождевых червей препаратов животного белка и результаты применения их в качестве кормовых премиксов при выращивании различных видов сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: вермикультура; рециклинг органических отходов; кормовые премиксы.

Во многих странах мира научные сообщества сегодня находятся в поиске новых технологий, которые должны быть экономически жизнеспособными, экологически дружелюбными и социально приемлемыми. Технология вермикультуры сочетает в себе все эти достоинства и качества одновременно.

В последнее десятилетие XXI в. произошли истинно революционные научные исследования в области вермикультуры, на основе которых разработаны современные вермитехнологии для решения ряда экономических, социальных, экологических и медицинских проблем, которые являются глобальными вызовами для современного общества.

В настоящее время дождевые (компостные) черви стали привлекать особое внимание исследователей, предпринимателей и практиков в связи с возможностью их самого широкого хозяйственного использования в различных целях:

- переработка и рециклинг муниципальных, агропромышленных и промышленных твердых органосодержащих отходов с помощью технологии вермикомпостирования, позволяющей получать из органических отходов высококачественные биоудобрения, почвогрунты и мелиоранты;

- обработка и рециклинг муниципальных, агропромышленных и промышленных жидких отходов (сточных вод) с помощью технологии верми-фильтрации;

- очистка химически загрязненных земель с помощью технологии вермиремедиации для улучшения их физических, химических и биологических свойств;

- сохранение или улучшение плодородия почвы и выращивание «без химии» безопасной сельскохозяйственной продукции, используя вермикомпо-

сты и биопрепараты на их основе, при минимальном применении минеральных удобрений и агрохимикатов или при их полном исключении;

– выращивание биомассы дождевых червей и использование этого возобновляемого биоресурса для получения:

а) высококачественных белково-витаминных кормовых премиксов для птицеводства, животноводства, рыбоводства;

б) препаратов биологически активных веществ для нужд современной вермифармацевтики, вермикосметики и вермимедицины;

в) сырья для некоторых промышленных производств при получении резины, смазочных средств и биodeградируемых детергентов.

Впервые Lawrence и Millar в 1945 г. [1] было показано, что дождевые черви содержат достаточные количества белка, который может использоваться в качестве корма для животных или источника кормового белка. В последующие годы были проведены полные исследования тканей дождевых червей, которые подтвердили это заключение. Первые успешные опыты по кормлению животных были осуществлены на цыплятах и поросятах-сосунках [2]. Некоторые виды дождевых червей-эпигеиков, таких как *Eisenia fetida*, *Perionyx excavatus*, *Eudrilus eugeniae* и *Dendrobaena veneta*, используются для переработки ряда органических отходов, таких как ОСВ, навоз животных, пищевые отходы и органические промышленные отходы в вермикомпосты, и могут также применяться в качестве источников кормового белка [3]. В настоящее время эта технология широко используется во многих странах с целью получения из низкоценных органических отходов двух видов высокоценных хозяйственно полезных продуктов: высокогумусированного органического удобрения (вермикомпоста или биогумуса) и белково-витаминной кормовой добавки из биомассы дождевых червей [4].

Многочисленные исследования компонентов тканей различных видов дождевых червей показали, что общий состав тканей дождевых червей существенно не отличается от таковых для многих тканей позвоночных животных. Спектр незаменимых аминокислот в тканях дождевого червя является сравнимым с таковым из других в настоящее время используемых источников. По содержанию незаменимых аминокислот они соответствуют кормам для животных, птицы или рыбы, которые рекомендованы комиссиями ФАО и ВОЗ, особенно с точки зрения содержания лизина и комбинаций метионин+цистеин и фениланин+тирозин, которые все являются очень важными компонентами животных кормов. Кроме того, ткани дождевого червя содержат длинноцепочечные жирные кислоты (многие из них животные, не имеют рубца, не могут синтезировать) и соответствующее количество минеральных веществ. Они также содержат ряд витаминов, богаты никотиновой кислотой и являются ценными компонентами для хороших кормов [2, 5–12].

Многие виды дождевых червей можно выращивать на различных органических отходах, превращая их в биомассу червей, причем последняя может

составлять до 10% от исходной массы отходов. Черви могут быть отделены от субстрата механическим способом и переработаны в сухие вермикорма для животных, которые затем будут использованы как белково-витаминная кормовая добавка.

Компостный червь *E. fetida* – наиболее универсальный вид дождевого червя, используемый для самых различных целей. Он характеризуется быстрым ростом и коротким циклом жизни, легко адаптируется к самым различным видам органических отходов, плодovit и поэтому предпочтителен для вермикультуры. Этот вид червей вырабатывает липазы – ферменты, расщепляющие жиры, что очень важно при утилизации пищевых отходов. Для культивирования в искусственных условиях компостных червей вида *E. fetida* необходимы следующие условия: температура субстрата жизнеобитания – 20–28°C; влажность субстрата жизнеобитания – 70–80% от полной влагоемкости; значения pH среды пищевых субстратов в диапазоне от 5,0 до 8,0; регулярное добавление органических материалов; насыщение кислородом воздуха субстрата жизнеобитания. Соблюдение данных условий способствует активному росту и размножению дождевых червей при максимальном потреблении корма, что приводит к ускорению переработки органической фракции отходов, увеличению выхода высококачественного вермикомпоста и биомассы червей.

Дождевые черви, отобранные с помощью сепарирования, содержат частицы поддерживающего субстрата и вермикомпост на своих телах и непереваренные материалы в своих кишечниках. Следовательно, первая ступень всех методов обработки биомассы дождевых червей должна состоять в промывании дождевых червей водой, чтобы полностью эвакуировать остатки отходов из их кишечника. Следующим этапом обработки является бланшировка в кипящей воде.

Различные методы обработки дождевых червей на корм для животных были разработаны многими авторами. Из биомассы дождевых червей получают пастообразный продукт или сухую муку, которые являются приемлемыми для различного использования в качестве корма для различных животных [13]:

Бланширование. Этот метод состоит в обработке дождевых червей в кипящей воде в течение одной минуты, затем добавляют 30%-ную патоку вместе с 0,3%-ным сорбатом калия. Полученный пастообразный продукт может храниться при комнатной температуре неопределенно долго, так как рост дрожжей и плесени заторможен.

Обработка муравьиной кислотой – получение пастообразного продукта из биомассы дождевых червей: обработка биомассы червей 3%-ной муравьиной кислотой с гомогенизацией, затем гомогенат оставляют на определенное время и, в конечном счете, получается очень стабильный продукт.

Получение сухого порошка, или вермимуки. Сухая белковая вермимука из дождевых червей может быть получена с помощью бланширования их в

кипящей воде в течение 1 мин и последующей естественной сушки на воздухе и размалывания в порошок. Другой тип сухой вермимуки может быть получен с помощью быстрого замораживания биомассы дождевых червей, ее лиофилизации и размалывания в порошок. Еще один способ получения вермимуки состоит в обработке червей в ацетоне в течение 1 ч с последующим высушиванием в сушильном шкафу при температуре 95°C и измельчением в порошок. Также возможно после бланширования червей в кипящей воде высушивать их в сушильном шкафу при температуре 95°C и измельчать в порошок.

Все эти способы позволяют получать хороший белковый продукт, который может использоваться в качестве белково-витаминного премикса для животных. Таким образом, препарат кормового животного белка из дождевых червей может быть получен любым из вышеописанных методов, выбор которого определяется типом подкармливаемых животных или рыбы.

Первые испытания по кормлению рыбы дождевыми червями были проведены Тасон с сотр. [14]. Было показано, что рост форели при кормлении только дождевыми червями видов *E. fetida*, *Allolobophora longa* и *Lumbricus terrestris* L. был сравним с таковым для рыбы, которую кормили коммерческим белковым препаратом. Рыба, которую кормили замороженными дождевыми червями *A. longa* и *L. terrestris*, росла так же или даже лучше рыбы, которую кормили коммерческими кормами для форели. На полной диете из сублимированного порошка дождевых червей *E. fetida* форель росла менее активно. При этом использование массы червей, бланшированной в кипящей воде до замораживания, стимулировало рост рыбы. Возможно, замораживание удаляло слизь, которую этот вид червей выделяет для защиты от хищных птиц и млекопитающих [15]. Однако мука из высушенных дождевых червей, полученная из червей *E. fetida*, которые не подвергались бланшировке в кипящей воде, могла заменять рыбную муку от 5 до 30%, что не влияло на скорость роста форели. Было показано, что тилапия *Tilapia* выращивалась лучше при использовании корма, содержащего белок дождевого червя вида *P. excavatus* или *E. eugeniae*, чем корма с добавлением рыбной муки [16].

О первых испытаниях по оценке скорости роста цыплят на белке дождевого червя сообщали Harwood [17] и Sabine [2]. Они сравнили использование вермимуки с мясной мукой и не обнаружили значительной разницы в росте на диетах, содержащих эти источники белка. О подобных результатах сообщали Mekada с сотр. [8] и Taboga [9]. Jin-you с сотр. сообщали, что цыплята, которых кормили дождевыми червями, прибавляли в весе быстрее, чем цыплята на других диетах (включая рыбную муку). Выросшие на биомассе червей цыплята имели большую массу мышцы грудки и потребляли меньше корма [18].

Harwood [17] и Sabine [2] показали, что в опытах по кормлению стартовых свиней и производителей животные, которые получали дополнительно кормовой белок дождевого червя, росли так же хорошо, как и животные, выращенные на коммерческих кормах. Jin-you с сотр. сообщали, что на кормах

с дополнениями белка дождевых червей поросята росли лучше, чем на коммерческих кормах. Более того, введение в рацион животных белка дождевых червей приводило к более ранней течке у свиноматок, увеличению сопротивляемости животных к заболеваниям и снижению инцидентности диарей [19].

Питательная ценность червей *E. fetida* обусловлена присутствием в них как высококачественных белков, так и минеральных компонентов, что обуславливает возможность их использования в качестве витаминно-белковой кормовой добавки для животных. Кроме того, одним из новых способов применения вермикультуры в качестве кормовой добавки для животных и рыбы является скармливание червей непосредственно с субстратом без применения процедуры отделения червей. Показано, что добавление в рацион домашней птицы, свиней и рыбы массы червей вместе с вермикомпостом в дозе, не превышающей 10% от массы коммерческого корма, позволяет заменять рыбную муку. Дождевые черви *E. fetida* содержат микроэлементы Fe, Cu, Mn, Zn и т.д., а также витамины комплексов А и В, ферменты, антибиотики и т.п. Эти факторы вызывают у кур-несушек увеличение яйценоскости [20].

В космической программе вермикультура много лет используется как компонент замкнутой экологической системы космического аппарата для рециклинга органических отходов. Дождевые черви являются удобным объектом для космических экспериментов благодаря небольшим размерам, короткому циклу индивидуального развития, высокой плодовитости, а также высокому уровню биоконверсии органических отходов в удобрение и животный белок. В условиях продолжительных космических экспедиций дождевые черви могут использоваться для утилизации и рециклинга органических отходов жизнедеятельности космонавтов, пищевых отходов, биомассы отмерших водорослей, целлюлозы и других органических компонентов замкнутой системы космического аппарата. Получаемый в результате жизнедеятельности червей вермикомпост в дальнейшем может быть использован как полноценный искусственный грунт для выращивания растительной продукции, а также выращивания растений, необходимых для проведения наблюдений за их состоянием в условиях действия комплекса факторов космического полета.

Вермитехнологии, основанные на использовании вермикультуры, являются экологически дружелюбными, экономически выгодными, так как сами компостные черви являются быстрорастущим и возобновляемым ресурсом, а все конечные и побочные продукты вермитехнологии являются биodeградируемыми и хозяйственно полезными и ценными.

В заключение следует сказать, что вермикомпостирование органосодержащих отходов можно и нужно использовать для решения некоторых экологических, экономических и социальных проблем. Рециклинг органосодержащих отходов на местах их образования не только обеспечит снижение нагрузки на полигоны и мусорные свалки, но позволит получать

высокоценные органические удобрения, использование которых будет способствовать возвращению изымаемых с урожаями сельскохозяйственных культур из земли элементов питания для поддержания и восстановления ее плодородия, а также кормового животного белка. Эта технология должна стать тем инструментом, с помощью которого возможно будет очистить от органических загрязнений воду, землю и воздух.

Результаты исследования были представлены автором на Международной молодежной научной школе «Пищевые технологии и биотехнологии» (Томск, 18–22 июня 2012 г.), организованной ФГБ ОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» (ГК № 12.741.11.0112 от 14 мая 2012 г.).

Литература

1. Lawrence R.D., Millar R.H. Protein content of earthworms // Nature (London). 1945. № 3939. P. 517.
2. Sabine J. The nutritive value of earthworm meal // Proceedings of Conference on Utilization of Soil Organisms in Sludge Management, Syracuse, N.Y. / ed. by R. Kalamazoo. MI. 1978. C. 122–130.
3. Edwards C.A. Earthworms, organic wastes and food // Shell Chemical Co. Span. 1983. № 26. P. 106–108.
4. Тумов И.Н. Вермикультура: переработка органической фракции отходов // Твердые бытовые отходы. 2008. № 8. С. 18–25.
5. Mc Inroy D.M. Evaluation of the earthworm *Eisenia foetida* as food for man and domestic animals // Feedstuff. 1973. № 43. P. 46–47.
6. Schulz E., Graff O. Zur Bewertung von Regenwurmmehl aus *Eisenia foetida* (Savigny) als Eiweissfuttermittel // Landbauforsch. Volk. 1977. № 27. P. 216–218.
7. Yoshida M., Hoshii H. Nutritional value of earthworms for poultry feed // Poultry Science. 1978. № 15. P. 308–311.
8. Mekada H., Hayashi N., Yokota H., Okomura J. Performance of growing and laying chickens fed diets containing earthworms // Poultry Science. 1979. № 16. P. 293–297.
9. Taboga L. The nutritional value of earthworms for chickens // British Poultry Science. 1980. № 21. P. 405–410.
10. Graff O. Vergleich der Regenwurmart *Eisenia foetida* und *Eudrilus eugeniae* hinsichtlich ihrer Eignung zur Proteingewinnung aus Abfallstoffen // Pedobiologia. 1982. № 23. P. 277–282.
11. Edwards C.A. Production of feed protein from animal waste by earthworms / Technology in the 1990's: Agriculture and Food, ed. Sir Kenneth Blaxter and Sir Leslie Fowden // Proceedings of the Royal Society. London. U.K., 1985. P. 153–163.
12. Edwards C.A., Niederer A. The production and processing of earthworm protein / Earthworms in Waste and Environmental Management ed. C.A. Edwards and E.F. Neuhauser. The Hague, the Netherlands : SPB Academic Publishing, 1988. P. 211–220.
13. Edwards C.A., Niederer A. The production of earthworm protein for animal feed from organic wastes // Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management / ed. by C.A. Edwards, N.Q. Arancon and R. Sherman. CRS Press, Taylor and Francis Group, 2011. P. 323–334.

14. Tacon A.G.J., Stafford E.A., Edwards C.A. A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout // *Aquaculture*. 1983. № 35. P. 187–199.
15. Stafford E.A., Tacon A.G.J. The use of earthworms as food for rainbow trout *Salmo gairdneri* // *Earthworms in Waste and Environmental Management* / ed. by C.A. Edwards and E.F. Neuhauser. SPB Academic Publishing, the Hague, the Netherlands, 1983. P. 193–208.
16. Guerrero R.D. The culture and use of *Perionyx excavatus* as a protein resource in the Philippines // *Earthworm Ecology* / ed. by J.E. Satchell. London : Chapman & Hall, 1983. P. 309–313.
17. Harwood M. Recovery of protein from poultry waste by earthworm // *Proc. Austr. Poultry Stockfeed Conf. Sydney*, 1976. P. 138–143.
18. Jin-you X., Xian-Kuan Z., Zhi-ren P. et al. Experimental research on the substitution of earthworm for fish meal in feeding broilers // *South China Normal College*. 1988. № 1. P. 88–94.
19. Jin-you X., Xi-cong H., Wen-xi L. An observation on the results of using earthworms as a supplementary food for suckling pigs // *South China Normal College*. 1982. № 1. P. 1–8.
20. Sun Zhenjun. Vermiculture & Vermiprotein. China : China Agricultural University Press. Beijing, 2003. 366 p.

Поступила в редакцию 25.05.2012 г.

Tomsk State University Journal of Biology. 2012. № 2 (18). P. 74–80

doi: 10.17223/19988591/18/8

Igor N. Titov, Vladimir M. Usoev

Vladimir State University, Vladimir, Russia

VERMICULTURE AS RENEWABLE SOURCE OF ANIMAL PROTEIN FROM ORGANIC WASTE

Today the global scientific community searches for a technology which should be economically viable, ecologically sustainable and socially acceptable. Vermiculture technology combines all these virtues and qualities together. One of the major directions of vermitechnology is cultivation of earthworm's biomass and use of this renewable bioresource for production of high-quality fodder premixes for poultry, dairy and fishery industries. In the review the basic methods of nutritive feed materials (vermimetal) production from earthworm's biomass and results of their application as fodder premixes are described.

Vermicomposting of organic wastes is necessary to be used to solve some ecological, economic and social problems. Organic wastes recycling at the place of their formation will provide decreasing the load that is put on landfill sites and refuse dumps and will allow to get valuable organic wastes, the usage of which will favour the return of food elements extracted from the soil together with agricultural crops in order to maintain and restore its fertility, as well as fodder animal protein. This technology is to become an instrument with the help of which it will be possible to clean water, soil and air from organic pollution.

Key words: *vermiculture; organic wastes recycling; fodder premixes.*

Received May 25, 2012