

«»

УДК: 591.61

**ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАСЕКОМОГО ВИДА *HERMETIA ILLUCENS***

Г.В. Песцов*, А.В. Третьякова, О.В. Прокудина

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула, Россия

*Эл. почта: georgypestsov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В статье рассмотрены возможность утилизации различных органических отходов сельскохозяйственного производства при помощи насекомого *Hermetia illucens* (черная львинка). Проведены эксперименты по изучению скорости роста и увеличению биомассы личинок этого насекомого на различных субстратах, состоящих из твердых органических отходов для определения их оптимального состава. Утилизация отходов сельскохозяйственного производства при помощи личинок насекомого *H. illucens* является экологически безопасным, образовавшуюся биомассу личинок можно использовать на корм животным, а зоогумус, который является продуктом жизнедеятельности черной львинки, возможно использовать как органическое удобрение.

Ключевые слова: *сельское хозяйство, утилизация, Hermetia illucens, органические отходы.*

ENVIRONMENTALLY SAFE DISPOSAL OF AGRICULTURAL WASTE USING THE INSECT SPECIES *HERMETIA ILLUCENS*

G.V. Pestsov*, A.V. Tretyakova, O.V. Prokudina

Lev Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula, Russia

*Email: georgypestsov@gmail.com

The article addresses the possibility to utilize various organic wastes of agricultural production using black-soldier fly *Hermetia illucens* larvae. Experiments have been conducted to study the growth rate and increase in the biomass of larvae fed with various substrates consisting of solid organic waste and to determine

their optimal composition. Utilization of agricultural production waste with the help of *H. illucens* of larvae is environmentally safe, and the resulting biomass of larvae can be used for animal feed and as a zoohumus, which is the product of the vital activity of the black-soldier fly usable as an organic fertilizer.

Keywords: agriculture, recycling, *Hermetia illucens*, organic waste.

Одной из актуальных проблем биотехнологии является утилизация твёрдых органических отходов сельскохозяйственного производства. За год в сельском хозяйстве производится около 200 млн тонн отходов, это примерно 35% от общего их количества. Решение данной проблемы направлено на выполнение двух основных задач, заключающихся в предотвращении загрязнения окружающей среды и эффективном использовании переработанных отходов в сельском хозяйстве. Отходы различных видов промышленного производства были хорошо изучены, и на основе этого разработаны способы и технологии их переработки, а переработка отходов сельскохозяйственного производства не получила достаточного внимания [6].

Существуют разные способы переработки отходов сельского хозяйства, такие как компостирование, высушивание, высокотемпературная ферментация, сжигание. Но они высоко затратны, энергоёмки, не экологичны и часто не отвечают требованиям земледелия. Поэтому в последнее время широкую популярность приобретает способ утилизации твёрдых органических отходов сельского хозяйства при помощи живых организмов. Такой способ является экологически чистым и низко затратным. Одним из организмов является насекомое *Hermetia illucens* (черная львинка). Ее личинки способны активно перерабатывать различные отходы сельскохозяйственного производства и пищевые отходы. Разведение личинок вида *H. illucens* имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами биологической утилизации, например, перед переработкой органических отходов с помощью червей или домашней мухи [2].

Вид *H. illucens* – это крупная муха из подсемейства *Stratiomyinae*, обитает в тропиках и субтропиках на разных континентах, отличается неприхотливостью, личинки – полифаги, способные к высокоэффективной биоконверсии широкого спектра органических отходов, в том числе некондиционных овощей и фруктов, рыбных, мясных и растительных остатков. Образующаяся при этом биомасса личинок используется на корм животным и рыбе, из них получают белок и жир, а зоогумус, который является продуктом жизнедеятельности черной львинки, возможно использовать как органическое удобрение или для улучшения почвы.

Данный метод утилизации не является таким дорогостоящим, как сжигание в биоэнергетических установках, и обеспечивает высокую степень биоконверсии субстрата. Кроме того, выращивание мух черной львинки не занимает много времени. Полный цикл жизни насекомого (от яйца до имаго) занимает порядка полутора-двух месяцев, цикл развития мух во многом зависит от температуры в культивационном помещении. Для разведения личинок черной львинки необходима постоянная температура 22-24°C, а для взрослых мух (имаго) – 28-30°C, что делает их культивирование в лабораторных условиях доступным в любых климатических зонах [1, 3].

Жизненный цикл *H. illucens* включает несколько фаз развития. После вылупления мух из куколок взрослые особи спариваются на третий день жизни, и через несколько дней самка откладывает во влажный содержащий органические вещества субстрат от 300 до 1000 яиц. Через несколько дней из них вылупляются личинки насекомого размером около 1 мм, которые развиваются в течение 14-20 дней. За это время личинки черной львинки интенсивно усваивают органический субстрат, увеличивая свои размеры до 30 мм в длину и 6 мм в ширину и наращивают свою биомассу. Личинки *H.illucens* могут утилизировать большое количество органического субстрата, превращая его в ценное органическое удобрение. Когда личинки достигают финальной стадии развития, они превращаются в предкуколки, последние окукливаются и превращаются в куколки, из которых впоследствии выводятся взрослые особи мух и жизненный цикл повторяется [4].

Личинки и предкуколки черной львинки обычно содержат около 40% протеина, 30% жира, хитин составляет 5–7%, содержат они и жирные кислоты, в составе которых 50% приходится на лауриновую кислоту, и другие полезные компоненты: кальций (5,0%); фосфор (1,5 %) железо (1,0%). Биомасса личинок *H. illucens* используется для получения белка в производстве кормов. Личинки применяются в системах аквакультуры для кормления разных видов рыбы, а также для добавки в корм различным домашним животным [5]. Личинки безопасны для людей, они не вторгаются в среду обитания человека и не переносят вредителей и болезней.

Поскольку многие виды органических отходов могут быть субстратами для личинок, утилизация таких отходов с помощью черной львинки проста и не требует больших площадей. В целом, технология утилизации органических отходов при помощи насекомого имеет множество преимуществ с точки зрения охраны окружающей среды и промышленного использования [6]. При плотности посадки личинок 5 экз/см² общее потребление кормового субстрата может составлять 81%. Выход сухой биомассы личинок с 1 кг зерна пшеницы достигает 0,18 кг, а с 1 м² площади субстрата до 3 кг.

Наши исследования проводились с 2021 по 2022 год в микробиологической и биотехнологической лабораториях центра технологического превосходства «Передовые химические и биотехнологии» Тульского государственного педагогического университета им. Л. Н. Толстого. Объектом исследования были личинки *H.illucens*, вылупившиеся в один день.

Для постановки опыта брали личинок в количестве 5000 шт. и помещали в стандартные ящики (40×60×20 см) и одинаковые условия (22-25°C, влажность 50%); число ящиков для каждого варианта состава кормов – 8 шт. (восьмикратная повторность), учет массы личинок проводили на 6-е и 9-е сутки. Из каждого ящика брали 2 пробы по 250 шт. (всего 500 шт. из каждого ящика) личинок, их поверхностно промывали, высушивали и взвешивали каждую пробу (по 250 штук), отмечали равномерность и варьирование их размеров. Затем высушивали личинок в сушильном шкафу при 95-100°C и взвешивали еще раз. В качестве растительных сельскохозяйственных отходов использовали измельченную ботву томатов, ботву огурцов, ботву картофеля и солому зерновых культур. В качестве пищевых отходов использовали очистки и некондиционные фрукты и овощи, мясные и рыбные отходы, хлебные отходы. В качестве контроля использовали комбикорм для кормления кур.

Результаты изучения влияния органических отходов на биомассу личинок представлены в табл. 1.

Табл. 1.

Учет массы живых и высушенных личинок, выращенных на различных органических отходах, г.

№	Вариант корма	На 6 сутки		На 9 сутки	
		Живые	Сухие	Живые	Сухие
1	Комбикорм (контроль)	31,46± 3,25	9,68 ± 0,68	58,4 ± 4,62	19,4 ± 0,89
2	Пищевые отходы (мясные)	32,1 ± 3,29	11,3 ± 0,38	62,7 ± 5,03	22,6 ± 1,64
3	Растительные отходы	22,8 ± 1,41	8,8 ± 0,64	49,0 ± 4,15	17,8 ± 1,03
4	Пищевые отходы (хлебные)	31,6 ± 2,28	8,65 ± 0,35	61,0 ± 5,70	22,2 ± 0,99

Было установлено, что лучше всего личинки росли на субстратах, состоящих из мясных и рыбных пищевых отходов с добавлением некондиционных фруктов и овощей. Максимальная масса живых личинок на таком субстрате достигала 62,7 г, а максимальная масса высушенных личинок – 22,6 г. Это связано с тем, что мясные пищевые отходы содержат большое количество белка, а очистки фруктов и овощей позволяют сбалансировать корм по углеводам. Использование пищевых хлебных отходов с добавлением некондиционных фруктов и овощей показало также хорошие результаты, чему способствовало сбалансированное количество углеводов, крахмала и витаминов, поэтому личинки росли и набирали биомассу быстро. Средний вес

живых личинок на 9 сутки был 61,0 г, а высушенных – 22,2 г, что несколько превышало показатели контрольного варианта при выращивании на курином комбикорме, который обычно рекомендуют для кормления маточной популяции личинок. Наименьшая биомасса личинок была при выращивании на растительных остатках, средняя масса живых личинок была 49,0 г, а сушеных 17,8 г. Это связано с тем, что данные отходы содержат в своём составе большое количество целлюлозы и гораздо меньшее количество белка, поэтому на субстрате такого состава личинки хуже набирали биомассу.

В ходе выполнения работы удалось определить, что личинки *H. illucens* можно использовать для утилизации различных твёрдых органических отходов. Данный способ утилизации является экологически безопасным, так как личинки устойчивы к возбудителям различных болезней. Выращенные на органических отходах личинки являются источником белка и жира, а продукт их жизнедеятельности – зоогумус рекомендуют использовать в качестве органического удобрения. Личинки обладают широким диапазоном пищевых предпочтений, способны развиваться как на богатых белком и углеводами, так и на бедных субстратах. Применение одинаковых субстратов для кормления личинок в течение нескольких поколений будет способствовать появлению линий, приуроченных к данному корму.

*Исследование выполнено в рамках гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники 2021 года «Биотехнологическая утилизация органических отходов при помощи личинок насекомого *Hermetia illucens* (черная львинка) и получение новых продуктов» по договору №ДС/263 от 25.10.2021 г.*

Литература

1. Антонов АМ, Lutovinovas E, Иванов ГА, Пастухова НО. Адаптация и перспективы разведения мухи черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе. Принципы экологии. 2017;6(3):4-19.
2. Марцев АА, Подолец АА. Перспективы разведения мухи *Hermetia illucens* в России для утилизации органических отходов сельскохозяйственных предприятий. Владимирский земледелец. 2017;(4).
3. Бабаев НА, Бастратов АИ, Соколов ИВ. Способ переработки органических отходов личинками мух *Hermetia illucens* с получением белка животного происхождения и биогумуса. Патент РФ № 2654220 (С1), 17.05.2018. Бюл. №14.
4. Песцов ГВ, Сидоров РА, Глазунова АВ, Бутенко СА. Биотехнологическая утилизация органических отходов с помощью насекомого *Hermetia illucens* (черная львинка). Проблемы научной мысли. 2021;7(4):23-5.
5. Шайхиев ИГ, Свергузова СВ, Сапронова ЖА, Антюфеева ЕС. Использование пищевых отходов для выращивания личинок мухи *Hermetia illucens* (краткий обзор зарубежной литературы). Экономика строительства и природопользования. 2020;77(4):17-30.
6. Sapronova ZhA, Shoukhov VG, Sverguzova SV, Svyatchenko AV, Shaikhiev IG. Использование насекомых в сельском хозяйстве – путь к рациональному природопользованию. Construction Economic and Environmental Management. 2020;77(4):5-9.

References

1. Antonov AM, Lutovinovas E, Ivanov GA, Pastuhova NO. [Adaptation of and prospects for cultivating of the black-soldier fly *Hermetia illucens*] in the circumpolar region]. Printsipy Ekologii. 2017;6(3):4-19. (In Russ.)
2. Martsev AA, Podolets AA. [Prospects for cultivating *Hermetia illucens* in Russia for recycling of organic waste of agricultural plants]. Vladimirskiy Zemledelets. 2017;(4). (In Russ.)
3. Babayev NA, Bastrakov AI, Sokolov Sposob Pererabotki Organicheskikh Otkhodov Lichinkami mukh *Hermetia illucens* s Polucheniym Belka Zhivotnogo Proiskhozhdeniya i Biogumusa. RF Patent № 2654220 (C1), 17.05.2018. Biul;2018(14). (In Russ.)
4. Pestsov GV, Sidorov RA, Glazunova AV, Butenko SA. [Biotechnological utilization of organic waste by the fly *Hermetia illucens*]. Problemy Nauchnoy Mysli. 2021;7(№):23-5. (In Russ.)
5. Shaykhiev IG, Sverguzova SV, Sapronova ZhA, Antyufeeva ES. [Using food waste for cultivating *Hermetia illucens* fly larvat (Short review of foegn liratione)]. Ekonomika Stroitelstva i Prirodopolzovaniya. 2020;77(4):17-30. (In Russ.)
6. Sapronova ZhA, Shoukhov VG, Sverguzova SV, Svyatchenko AV, Shaikhiev IG. [Using insects in agriculture is a way to rational nature management]. Construction Economic and Environmental Management. 2020;77(4):5-9. (In Russ.)

«»