**ПРИМЕНЕНИЕ ЛИЧИНОК ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ,
HERMETIA ILLUCENS, ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ КАРТОФЕЛЯ,
ЗАРАЖЕННОГО ФИТОНЕМАТОДАМИ**

Удалова Ж. В.^{1,2},
с.н.с., к.б.н.,
udalova.zh@rambler.ru
Бастраков А. И.²,
н.с.
Зиновьева С. В.²,
г.н.с., д.б.н.,
zinovievas@mail.ru
Ушакова Н. А.²,
г.н.с., д.б.н.

Аннотация

Утилизация органических отходов во многих странах является острой проблемой, с другой стороны отходы следует рассматривать в качестве первосходного сырьевого ресурса. Одним из инструментов процесса переработки органики могут служить личинки насекомых. С их использованием можно одновременно решать несколько задач: сокращение отходов, получение кормов для животных, биологически активных веществ, ценного удобрения и др. В работе предлагается использование личинок черной львинки, *Hermetia illucens*, для утилизации картофеля, зараженного фитонематодами. В работе была проведена оценка биоконверсии картофеля личинками мухи *Hermetia illucens*, а также проанализирован нематодный состав полученного субстрата из картофеля зараженного *Ditylenchus destructor* и *Rhabditis spp.* в ходе жизнедеятельности личинок. Показана способность личинок *H. illucens* элиминировать картофельную и сапробиотические нематоды в пораженном корнеплоде, что позволяет рекомендовать данный метод для утилизации испорченного при хранении картофеля.

Ключевые слова: утилизация органических отходов, *Hermetia illucens*, картофель, *Ditylenchus destructor*, *Rhabditis spp.*

¹ ВНИИП – филиал ФГБНУ ВИЭВ РАН (Россия, 117218, Москва, ул. Б. Черемуш-кинская, 28)

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (Россия, 119071, Москва, Ленинский пр., 33)

THE USE OF LARVAE BLACK SOLDIER FLY, *HERMETIA ILLUCENS*, FOR THE DISPOSAL OF POTATOES INFECTED WITH PLANT NEMATODES

Udalova Zh. V.^{1,2},

Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences,
udalova.zh@rambler.ru

Bastrakov A. I.²,

Researcher

Zinovieva S. V.²,

Chief Researcher, Doctor of biological sciences,
zinovievas@mail.ru

Ushakova N. A.²,

Chief Researcher, Doctor of biological sciences.

Abstract

Disposal of organic waste in many countries is an acute problem; on the other hand, waste should be considered as an excellent raw material resource. Insect larvae can serve as one of the tools for the processing of organic matter. With their use, you can simultaneously solve several problems: reducing waste, obtaining animal feed, biologically active substances, valuable fertilizer, etc. The paper proposes the use of *Hermetia illucens* larvae, for the disposal of potatoes infected with plant nematodes. In this work, we evaluated the bioconversion of potatoes by the larvae of the fly *H. illucens*, and also analyzed the nematode composition of the obtained substrate from potatoes infected with *Ditylenchus destructor* and *Rhabditis spp.* during the life of the larvae. *H. illucens* larvae are able to effectively use fruit and vegetable wastes of commercial networks as feed substrate, including those infected with phytopathogenic or saprobic nematodes. Analysis of the degree of conversion of the substrate by the larvae of Black soldier fly showed that 70% of the waste was bioconverted. The formed zoo compost did not contain nematodes, in case of infection of the potato used for the experiment with phytoparasitic and saprobic nematodes. The ability of *H. illucens* larvae to eliminate potato and saprobic nematodes in the affected root crop has been shown, which makes it possible to recommend this method for utilization of potatoes spoiled during storage.

Keywords: organic waste utilization, *Hermetia illucens*, potato, *Ditylenchus destructor*, *Rhabditis spp.*

¹ ARSRJP – Branch of the Scientific Institution "Federal Scientific Center All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Veterinary Medicine K.I. Skryabin and Y.R. Kovalenko the RAS" (117218, Moscow B. Cheremushkinskaya St., 28)

² Institute problem ecology and evolution by A.N. Severtsov (119071, Moscow, Leninskii prospect, 33)

Введение. Идея использования личинок насекомых для утилизации органических отходов была предложена Линднером (2019) ровно сто лет назад. Среди насекомых, чьи личинки развиваются на подобных отходах, особый интерес вызывают мухи черной львинки, *Hermetia illucens*. Это связано с их способностью перерабатывать широкий круг органического материала, включающего навоз животных, фекальные шламы, бытовые и пищевые отходы, а также разнообразные растительные остатки, образующиеся, например, при получении масла и др. Помимо этого, данные организмы биологически никак не связаны с человеком и животными, не питающимся взрослым особям для размножения необходимы только растения, которые с успехом могут быть заменены на искусственные. На сегодняшний день в ряде стран существуют полномасштабные установки и налажено производство разнообразных продуктов на основе биоконверсии, и оно показало свою эффективность и экономическую осуществимость (по Čičková et al., 2015). За время технологического цикла получают личинки насекомого, которые могут быть использованы в качестве корма для животных или для производства вторичных продуктов — кормового белка, энтомологического жира, хитина, биологически активных веществ, биотоплива, а отходы превращаются в ценное удобрение (по Čičková et al., 2015, Ушакова, Бастраков, Карагодин и др., 2018). Микробная нагрузка субстрата снижается в процессе биоразложения, за счет высокой температуры, увеличения pH среды, образования аммиака и снижения влажности. Но для достижения необходимой очистки от патогенной нагрузки, производится дополнительная термическая дезинфекция. Единственным недостатком разведения черной львинки является высокая температура необходимая для её развития (26–27°C), поскольку данный организм родом из Южной Америки. Необходимо отметить трудности для развертывания крупномасштабного производства, которые заключаются в недостатке знаний о биологии мухи, некоторых технологических аспектах производства, а также в действующем законодательстве (по Čičková et al., 2015). Однако проблемы с утилизацией отходов и недостаток белка привлекает к данной теме пристальное внимание и заставляет совершенствовать имеющиеся технологии.

Развиваясь в органических отходах, личинки черной львинки могут вступать в контакт с различными организмами, заселяющими субстрат (бактериями, грибами и др.). В связи с зараженностью остатков растительной продукции нематодами, среди которых могут быть и патогенные виды, вопрос о влиянии личинок черной львинки на за-

раженность субстрата этими беспозвоночными вызывает особый интерес.

Стеблевая картофельная нематода *Ditylenchus destructor* — широко распространенный паразит растений, наибольший ущерб эта нематода причиняет картофелю (Зиновьева и др., 2012; Шестепёров и др., 2014). Нематода поражает подземные части растений: клубни, корневища и столоны. Картофель заражается стеблевой нематодой в основном в почве в период вегетации и является причиной серьёзного снижения урожайности. В течение всего периода хранения паразит массово развивается, заражает клубни картофеля, и является причиной образования гнилей, поскольку, открывает ворота для сапрозных организмов, в том числе, сапробиотических нематод. Пораженные клубневой нематодой клубни картофеля и сапробиотическими нематодами отряда *Rhabditida*, обитающими в среде, богатой гниющими органическими остатками (Блохин, Александров, 2005) могут попадать в состав овощных отходов торговых сетей, предназначенных для биоконверсии личинками черной львинки *H. illucens*.

В работе была проведена оценка биоконверсии картофеля личинками мухи, а также проанализирован нематодный состав полученного субстрата в ходе жизнедеятельности личинок.

Материалы и методы. Для оценки биоконверсии картофельного субстрата и жизнеспособности фитонематод в период жизнедеятельности личинок львинки в контейнеры размером длина-ширина 7 x 10 см (площадь 70 см²), объемом 500 мл на дно помещали 6-ти дневных личинок мухи *H. illucens* (по 280 экземпляров при плотности посадки личинок 4 экз/см², средней массой 6 ± 0.58 мг), затем вносили 150 г субстрата, состоящего из измельченного картофеля, сбалансированного добавлением пшеничных отрубей для получения массы влажностью 65%. По вариантам по поверхности субстрата распределяли водную суспензию нематод (по 3 мл): вариант 1 — сапробиотические нематоды (в основном *Rhabditis spp.*) ~ 4 тыс. особей; вариант 2 — фитогельминт *D. destructor* ~ 4 тыс. особей; вариант 3 — только личинок львинки без нематод (вносили 3 мл воды); вариант 4 по поверхности субстрата распределили 3 мл суспензии, состоящей из смеси *D. destructor* ~ 3 тыс. особей и ~1 тыс. особей *Rhabditis spp.* без личинок львинки. Повторность по вариантам трехкратная. Оценку жизнеспособности нематод и степень биоконверсии проводили через 12 суток.

Результаты исследований. Через 12 дней после внесения нематод в картофельный субстрат был проведен анализ жизнеспособности не-

матод. В вариантах с личинками *H. illucens* и нематодами выявили полное отсутствие в зоокомпосте (переработанном личинками *H. illucens* картофельном субстрате) и фитогельминтов и сапробиотических нематод (Рис. 1). В варианте без личинок мухи количество фитогельминта — *D.destructor* существенно сократилось, но было выделено около 400 особей паразитической нематоды, а количество сапробиотических нематод — *Rhabditis spp.* возросло в 11 раз и составило приблизительно 11 тыс. личинок и взрослых нематод. Таким образом, фитопатогенные нематоды в субстрате за исследуемый период сохранились, а сапробиотические нематоды размножились.

Рис. 1. Количество фитонематод в картофельном субстрате на 12-е сутки:
а) — жизнедеятельности личинок *H. illucens* и б) — без личинок

Личинки мухи черная львинка *H. illucens* способны эффективно использовать в качестве кормового субстрата фруктово-овощные отходы торговых сетей, в том числе, зараженные фитопатогенными или сапробиотическими нематодами. Анализ степени преобразования субстрата личинками черной львинки показал, что биоконверсии подверглось 70% отходов. Образованный зоокомпост не содержал нематод, в случае заражения использованного для эксперимента картофеля фитопаразитическими и сапробиотическими нематодами. Личинки львинки, по-видимому, способны использовать нематод в качестве дополнительного источника пищи, т.к. в результате развития личинок на картофельном субстрате с нематодами масса *H. illucens* оказалась больше, чем в картофельном субстрате без нематод: дополнительно

получено 3,3% биомассы личинок на субстрате с клубневой нематодой картофеля *D. destructor* и 6,7% на субстрате с *Rhabditis spp.*, при этом нематоды отсутствовали, возможно они были уничтожены личинками львинки *H. illucens* за время эксперимента (12 дней). Способность личинок черной львинки элиминировать картофельную и сапробиотические нематоды в пораженном корнеплоде, может быть использована для утилизации испорченного при хранении картофеля.

Литература

1. Блохин Г.И., Александров В.А. Зоология. М.: Колос, 2006. С. 98–110.
2. Зиновьева С.В., Чижов В.Н., Приданников М.В., Субботин С.А., Рысс А.Ю., Хусаинов Р.В. Фитопаразитические нематоды России. М.: КМК, 2012. 385 с.
3. Ушакова Н.А., Бастраков А.И., Карагодин В.П., Павлов Д.С. Особенности биоконверсии органических отходов личинками мухи *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae, Linnaeus, 1758) // Успехи современной биологии. 2018. Т. 138. № 2. С. 172–182.
4. Шестеперов А.А., Бутенко К.О., Колесова Е.А. Дителенхозы сельскохозяйственных и декоративных растений и меры борьбы с ними: учебное пособие. М., 2014. 176 с.
5. Lindner P. Zur Fettgewinnung aus Kleintieren [Recovery of fat from small animals] // Z. Tech. Biol. 7 (1919). P. 213–220.
6. Čičková H., Newton G.L., Curt L.R., Kozánek M. The use of fly larvae for organic waste treatment // Waste Management. 2015. Vol. 35. P. 68–80 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14004486>

References

1. Blohin G.I., Aleksandrov V.A. Zoologiya. M.: Kolos, 2006. P. 98–110. (In Russ.)
2. Zinov'eva S.V., Chizhov V.N., Pridannikov M.V., Subbotin S.A., Ryss A.YU., Husainov R.V. Fitoparaziticheskie nematody Rossii. M.: KMK, 2012. 385 p. (In Russ.)
3. Ushakova N.A., Bastrakov A.I., Karagodin V.P., Pavlov D.S. Osobennosti biokonversii organicheskikh othodov lichinkami muhi *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae, Linnaeus, 1758). *Uspekhi sovremennoj biologii*. 2018; 138(2): 172–182. (In Russ.)
4. Shesteperv A.A., Butenko K.O., Kolesova E.A. Ditenlenhozy sel'skohozyajstvennyh i dekorativnyh rastenij i mery bor'by s nimi: uchebnoe posobie. Moscow, 2014. 176 p. (In Russ.)
5. Lindner P. Zur Fettgewinnung aus Kleintieren [Recovery of fat from small animals]. *Z. Tech. Biol.* 7 (1919). P. 213–220.
6. Čičková H., Newton G. L., Curt L. R., Kozánek M. The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*. 2015; (35): 68–80 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14004486>