**ВЛИЯНИЕ ЗООКОМПОСТА, ОБРАЗОВАННОГО
В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗВИТИЯ ЛИЧИНОК ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ
HERMETIA ILLUCENS, В ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТАХ
НА НЕМАТОД РАЗЛИЧНОЙ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ
ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Удалова Ж. В.^{1,2},

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Буторина Н. Н.¹,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Зиновьева С. В.¹,

доктор биологических наук, главный научный сотрудник

Бастраков А. И.¹,

научный сотрудник

Ушакова Н. А.¹,

доктор биологических наук, главный научный сотрудник

Аннотация

Биоконверсии органического материала с помощью личинок *Hermetia illucens* позволяет частично решать проблему утилизации отходов и получать спектр разнообразных продуктов, в том числе зоокомпост. В лабораторных условиях выращивали смесь газонных трав в грунте из естественного биоценоза с преобладанием сапробиотических (Rhabditida), полифаговых видов нематод (Dorylaimida) и фитогельминтов (Tylenchida) и с внесением в грунт зоокомпоста в соотношении 1/43. Через 30 суток количество нематод в контрольных вариантах увеличилось почти в 6 раз, количество фитогельминтов практически осталось на прежнем уровне; увеличение происходило за счет сапробиотических нематод. Соотношение фитогельминты—сапробиотические нематоды составило 1:18. При внесении зоокомпоста наблюдалось су-

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (119071, г. Москва, Ленинский пр., д. 33), zinovievas@mail.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук» (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, д. 28), udalova.zh@rambler.ru

щественное увеличение сапробионтов и снижение нематод отряда тиленхид ($\sim 1:1380$). Количество многоядных видов в конце эксперимента возросло в 2 раза в контроле, а в опыте изменилось незначительно. Показано, что помимо ростстимулирующего действия на растения, внесение органического субстрата ведет к увеличению численности сапротрофных нематод с вытеснением фитогельминтов.

Ключевые слова: утилизация органических отходов, *Hermetia illucens*, облигатные и паразитические нематоды ассоциированные с почвой.

THE EFFECT OF ZOOCOMPOST FORMED AS A RESULT OF THE DEVELOPMENT OF LARVAE OF THE BLACK SOLDIER FLY *HERMETIA ILLUCENS* IN ORGANIC SUBSTRATES ON NEMATODES OF VARIOUS TAXONOMIC AFFILIATIONS

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

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher

Butorina N. N.¹,

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher

Zinovieva S. V.¹,

Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher

Bastrakov A. I.¹,

Researcher

Ushakova N. A.¹,

Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher

Abstract

Bioconversion of organic material with the help of *Hermetia illucens* larvae allows to partially solve the problem of waste disposal and to obtain a wide range of various products, including zoocompost. In laboratory conditions, a mixture of lawn grasses was grown in the soil from a natural biocenosis with a predominance of saprobiotic (Rhabditida), polyphage species of nematodes (Dorylaimida) and phytohelminths (Tylenchida) and with the introduction of zoocompost in the soil in a ratio of 1/43.

¹ Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences (33, Leninsky prospekt, Moscow, 119071, Russia), zinovievas@mail.ru

² All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV" (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia), udalova.zh@rambler.ru

After 30 days, the number of nematodes in the control variants increased almost 6 times, the number of phytohelminths practically remained at the same level, the increase was due to saprobiotic nematodes. The ratio of phytohelminths to saprobiotic nematodes was 1:18. When zoological compost was introduced, a significant increase in saprobionts and a decrease in nematodes of the tylenchid order (~ 1:1380) were observed. The number of polyphagous species at the end of the experiment doubled in the control, while in the experiment it changed slightly. It was shown that in addition to the growth-promoting effect on plants, the introduction of an organic substrate leads to an increase in the number of saprozoid nematodes, with the displacement of phytohelminths.

Keywords: organic waste utilization, *Hermetia illucens*, obligate and parasitic nematodes associated with soil.

Введение. Нематоды – организмы, занимающие значительное место в почвенной мезофауне. В почве их численность может достигать 10 миллионов особей/м². Основная масса почвенных нематод концентрируется в опаде, подстилке и верхнем горизонте почвы на глубине до 5 см, этот факт объясняется высокой концентрацией ризосферы растений, неразложившейся в ней органики и, соответственно, более высокой температурой, чем в последующих слоях. Разнообразие и количество свободноживущих и паразитирующих на растениях нематод изменяется в результате севооборота, изменения покровных культур, внесения удобрений и других источников органики. Микотрофные, хищные и всеядные нематоды очень чувствительны к почвенным изменениям. Так, обработка почвы и включение органических остатков увеличивают долю некоторых нематод-бактериотрофов, что часто компенсирует снижение численности нематод других трофических групп и повышает общую численность. Использование органических субстратов предлагается в качестве безопасного инструмента для борьбы с паразитическими нематодами растений (Kranti et al., 2019). В последнее десятилетие для переработки органических субстратов интенсивно развивается направление применения личинок мухи черная львинка *Hermetia illucens* (Ушакова и др., 2018). Личинки *H. illucens* являются фитосапрофагами, питающиеся широким спектром органических веществ. Важным фактором, определяющим перспективность этого насекомого для утилизации отходов, является возможность разведения мухи в культуре в производственных условиях. В качестве кормового субстрата для личинок используются самые разнообразные органические субстраты: зерно, в том числе, некондиционное, навоз, продукты переработки сельскохозяйственной и пищевой индустрии, пищевые, молочные отходы и др. Биоконверсия

отходов с помощью личинок львинок позволяет, во-первых, частично решать проблему утилизации отходов и, во-вторых, получать спектр разнообразных продуктов: белковый корм, липиды, биологически активные вещества, биоудобрение (зоокомпост) — остаточный продукт переработки личинками субстрата (<http://www.buhlergroup.com/global/en/about-buehler/insects-sustainable-protein-source/buehler-insect-technology-solutions.htm>). Зоокомпост состоит из остатков непереваренного кормового субстрата, экскрементов личинок, остатков хитинового наружного покрова насекомого при метаморфозе. Отмечено, что зоокомпост перспективен для использования в качестве стимулятора роста и развития растений (Ramadhani et al., 2017). Обогащение почвы различными биологически активными веществами с помощью зоокомпоста может изменить почвенную биоту; в составе этих биологически активных веществ могут содержаться соединения, непосредственно ингибирующие развитие почвенных организмов, а также соединения, индуцирующие устойчивость растений.

Целью настоящей работы являлось исследование действия зоокомпоста, образованного в результате развития личинок черной львинки на органических субстратах на нематод различной таксономической принадлежности.

Материалы и методы. Действие зоокомпоста исследовали в лабораторных условиях. Керамические вазоны объемом 850 мл наполняли почвой, взятой из ризосферы клена остролистного *Ácer platanoides*, произрастающего в овраге Нескучного сада (ш.55,71193; д. 37,58432). В опытный вариант добавляли зоокомпост в количестве 20 г, в контроль — 20 г песка. Опытные и контрольные вазоны были засеяны газонной травой — по 2,5 г семян/вазон. Состав травяной смеси (Газон спорт стандарт, Агрони): райграс многолетний 45%; овсяница красная полевая 30%; мятлик луговой 20%; овсяница овечья 5%. Длительность опыта — 30 сут. В начале и конце эксперимента был проведен анализ фауны нематод, которых выделяли по методу Бермана. Повторность опыта и контроля — трехкратная. Нематод определяли преимущественно на родовом уровне. Согласно классификации А.А. Парамонова (1962) были выделены следующие эколого-трофические группы нематод: фитогельминты (отр. Tylenchida), девисапорбионты (Dorylaimida), сапробионты (отр. Rhabditida). В своих исследованиях мы учитывали только облигатных почвенных нематод и эндопаразитических нематод, находящихся в почве в активной стадии. При этом не учитывались цисты и яйца нематод и энтомо- и зоопаразитические нематоды.

Результаты исследований. В грунте ризосферы *Ácer platanoídes* обнаружены разнообразные представители нематодной фауны, такие как фитогельминты (Tylenchida), сапробиотические (Rhabditida) и полифаговые виды нематод (Dorylaimida). В отряде рабдитид основными представителями были рода *Diploscapter* и *Cuticularia*. Соотношение фитогельминтов к сапрозойным нематодам составило 1:8,5 (табл. 1).

Таблица 1

Влияние зоокомпоста на численность почвенных нематод

Вариант	Rhabditida		Tylenchida	Dorylaimida	Общая численность
	<i>Diploscapter</i>	<i>Cuticularia</i>			
контроль (0 сут.)	16±2,12	1±0	2±0,81	2±0	21
контроль (30 сут.)	51±4,36	4±0,33	3±0	6±0,94	64
опыт (30 сут.)	772±21,42	55±13,61	0,6±0,47	3±0	830,6

Через 30 суток количество нематод в контрольных вариантах увеличилось почти в 6 раз. Количество фитогельминтов практически осталось на прежнем уровне, увеличение происходило за счет сапробиотических нематод. Соотношение фитогельминты—сапробиотические нематоды составило 1:18. При внесении 20 г зоокомпоста наблюдалось существенное увеличение сапробиотических нематод и снижение нематод отряда тиленхида (~1:1380). Что касается многоядных видов нематод: через 30 суток их количество в контроле возросло в 2 раза от исходного числа, а в опыте оно осталось практически на прежнем уровне.

Внесение зоокомпоста в предложенном количестве не только не угнетало развития злаковых растений газонной смеси, но и позволило создать более плотный травостой. Так сырой вес надземной части растений при внесении зоокомпоста превосходил контрольные растения на 29%. Что позволяет рассматривать полученный с помощью личинок *H. illucens* зоогумус в качестве концентрированного удобрения, в состав которого входят необходимые для растений питательные вещества и ферменты.

Заключение. Таким образом, за время эксперимента в контрольном и опытном вариантах численность нематод увеличилась за счет сапробиотических нематод. В опытном варианте наблюдалось снижение

количества опасных видов нематод и стремительное увеличение сапробиотических, крайне необходимых организмов в процессе почвообразования. Данные эксперимента подтверждают тот факт, что внесение органического субстрата ведет к увеличению плотности популяции сапрозойных нематод, которые в свою очередь вытесняют фитогельминтов.

Литература

1. Ушакова Н.А., Бастратов 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.
2. Ramadhani E.P., Rachmisanti H., Gede S., Mia R. Application of compost produced by bioconversion of coffee husk by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) as solid fertilizer to lettuce (*Lactuca sativavar. crispata*): Impact to harvested biomass and utilization of nitrogen, phosphor, and potassium // GreenTech. 2017. V. 8. № 1. P. 20–26.
3. Kranti K.V., Patil J.A., Yadavi S, Patil J.A. Nematodes associated with organic farming systems and their management strategies: A review // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2019. V. 8(4). P. 713–720.

References

1. Ushakova N.A., Bastrakov A.I., Karagodin V.P., Pavlov D.S. Features of bioconversion of organic waste by larvae of the fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae, Linnaeus, 1758). *Successes in modern biology*. 2018; 138(2):172–182. (In Russ.)
2. Ramadhani E.P., Rachmisanti H., Gede S., Mia R. Application of compost produced by bioconversion of coffee husk by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) as solid fertilizer to lettuce (*Lactuca sativavar. crispata*): Impact to harvested biomass and utilization of nitrogen, phosphor, and potassium. *GreenTech*. 2017; 8(1):20–26.
3. Kranti K.V., Patil J.A., Yadavi S, Patil J.A. Nematodes associated with organic farming systems and their management strategies: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019; 8(4):713–720.