

ЭКОЛОГИЯ / ECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.118>ПЕРЕРАБОТКА КУРИНОГО ПОМЕТА ЛИЧИНКАМИ ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ (*HERMETIA ILLUCENS L.*) В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Научная статья

Лящев А.А.^{1,*}, Прок И.А.², Коваль Е.В.³, Валов Н.А.⁴, Лящева Л.В.⁵¹ ORCID : 0000-0002-3761-7587;² ORCID : 0000-0002-8267-3668;³ ORCID : 0000-0003-3179-1557;⁴ ORCID : 0000-0002-4812-5940;⁵ ORCID : 0000-0002-9266-8707;^{1, 2, 3, 4, 5} Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (lyaschevaa[at]gausz.ru)

Аннотация

Структурные изменения и рост систем птицеводства привели к увеличению объемов куриного помета. Современные методы хранения помета представляют потенциальную экологическую угрозу. Сокращение этих проблем является ключевой задачей для птицеводческой отрасли. Использование личинок мухи черная львинка *Hermetia illucens*, для переработки органических отходов с/х предприятий может существенно помочь с решением данной проблемы. Личинки могут превращать органические отходы в биомассу и биоудобрения, поддерживая богатый состав микрофлоры в них. Использование личинок черной львинки (*Hermetia illucens L.*) при обработке куриного помета является перспективной технологией. Цель данного исследования – изучение функций черной львинки по превращению птичьего помета в биомассу и биоудобрения. Результат биоконверсии птичьего помета с добавлением 10% экстракта зоогумуса или биогумуса показал, что данные комбинации продукта перерабатываются наилучшим образом. Результаты экспериментов послужили причиной к определению оптимальной смеси субстратов для роста личинок черной львинки и привели к снижению исходной массы помета более чем на 65%. Развитие личинок происходило медленнее всего в свежем чистом помете, где для появления первых предкуколок потребовалось 15 дней, а для появления 50% предкуколок – более 18 дней. Основываясь на этих результатах, все три типа куриного помета могут быть переварены личинками черной львинки, демонстрируя их потенциал для обращения с отходами.

Ключевые слова: управление отходами, биомасса насекомых, биоудобрение, разведение насекомых, личинки черной львинки (*Hermetia illucens L.*).

THE PROCESSING OF CHICKEN EXCREMENTS WITH BLACK SOLDIER FLY (*HERMETIA ILLUCENS L.*) LARVAE IN THE NORTHERN TRANS-URALS

Research article

Lyashchev A.^{1,*}, Prok I.A.², Koval Y.V.³, Valov N.A.⁴, Lyashcheva L.V.⁵¹ ORCID : 0000-0002-3761-7587;² ORCID : 0000-0002-8267-3668;³ ORCID : 0000-0003-3179-1557;⁴ ORCID : 0000-0002-4812-5940;⁵ ORCID : 0000-0002-9266-8707;^{1, 2, 3, 4, 5} State Agrarian University of the Northern Urals, Tyumen, Russian Federation

* Corresponding author (lyaschevaa[at]gausz.ru)

Abstract

Structural changes and growth of poultry production systems have led to an increase in the amount of chicken excrements. Modern litter storage methods pose a potential environmental threat. Reducing these problems is a key challenge for the poultry industry. The use of black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, to process organic waste from farms can significantly help with this problem. The larvae can turn organic waste into biomass and biofertilizer, maintaining a rich composition of microflora in it. The use of soldier fly (*Hermetia illucens L.*) larvae in the treatment of chicken excrements is a promising technology. The purpose of this research is to study the function of the black soldier fly in turning poultry excrements into biomass and biofertilizer. The result of bioconversion of poultry excrements with the addition of 10% zoohumus or biohumus extract showed that these product combinations are processed the best. The experimental results were the reason for determining the optimal substrate mixture for the growth of black soldier fly larvae and resulted in a reduction of the initial mass of the excrements by more than 65%. Larval development was slowest in fresh clean litter, where it took 15 days for the first prepupae to emerge and more than 18 days for 50% of the prepupae to emerge. Based on these results, all three types of chicken excrements can be digested by black soldier fly larvae, demonstrating their potential for waste management.

Keywords: waste management, insect biomass, biofertilizer, insect breeding, black soldier fly larvae (*Hermetia illucens L.*).

Введение

Утилизация органических отходов связанных с производством продуктов питания, с каждым годом становятся все большей проблемой. Ожидается, что к 2050 году спрос на мясoproductы достигнет колоссальных объемов в 455 миллионов тонн, что на 76% больше по сравнению с потреблением мяса, зарегистрированным в 2005-2007 годах [1]. А неустойчивые методы ведения сельского хозяйства достигнут критической точки, которая может быть ускорена дефицитом воды, истощением пахотных земель, частично из-за урбанизации и изменения климата. Постепенный переход к внедрению экономики замкнутого цикла и устойчивых методов является небольшой частью решения, которое может облегчить нагрузку на существующие системы производства продуктов питания. В то же время, выращивание насекомых для пищевых и кормовых целей имеет ряд достоинств: с экологической точки зрения культивирование насекомых требует меньшей площади для производства 1 кг белка по сравнению с традиционными источниками, снижение выбросов парниковых газов и биоконверсия побочных органических отходов в продукты высокой ценности [2], [3].

Существует несколько видов насекомых, которые могут быть использованы в качестве кормовой добавки для с/х животных. Они могут быть перспективным альтернативным решением для обеспечения продовольственной безопасности. Использование съедобных насекомых в качестве питательных ингредиентов в рационе человека могло бы иметь ряд преимуществ за счет высокого содержания в них белка, аминокислот, липидов (в том числе жирных кислот Омега-3 комплекса), микро- и макроэлементов, а также как ценного энергетического продукта. [4], [5]. В числе множества насекомых, которые могут быть массово выращены для указанных целей, насекомым с достаточно благоприятными свойствами является черная львинка *Hermetia illucens L. (Diptera: Stratiomyidae)*. Выращивание черной львинки было начато в 1990-х годах для высокоэффективной утилизации органических отходов, превратив их в богатую белком и жиром биомассу, пригодную для применений в качестве потенциальной альтернативы традиционным источникам белка, таким как соя и рыбная мука, в кормах для животных и аквакультуры [6], [7], [8]. Переработка отходов и промышленное выращивание черной львинки для получения белков, липидов, производных хитина, биоактивных пептидов, биоудобрений и других микро- и макроэлементов является очень сложной задачей. Этот процесс включает в себя несколько единичных операций, механизмы экстракции и разделения, методы фракционирования и схемы биоочистки для максимально эффективного использования биомассы личинок [9]. Личинки черной львинки способны агрегировать отборные питательные вещества из кормового субстрата, которые присутствуют в рационе [10]. Например, личинки черной львинки могут накапливать каротиноиды в матрице, которые, в свою очередь, могут быть извлечены из липофильной фракции личинок.

Куриный помет богат органическими веществами, питательными компонентами и патогенами. Этот субстрат имеет низкое соотношение C / N, высокое содержание влаги, фитотоксичные соединения и неприятный запах, который может стать проблемой в процессе длительного компостирования. Увеличение объема производства птицефабрик, связанное с возросшим потреблением куриного мяса и яиц приводит к большому накоплению органических отходов, в том числе куриного помета, утилизация которого является важной проблемой [11]. Куриный помет традиционно использовался для удобрения и восстановления почв. Однако чрезмерное применение куриного помета может привести к эвтрофикации водоемов, распространению патогенов, фитотоксичности, загрязнению воздуха и выбросам парниковых газов [12]. Поэтому разработка эффективных методов переработки куриного помета, крайне важна для предотвращения экологической угрозы [13].

В настоящее время проводятся множественные исследования, связанные с черной львинкой, так как данный вид мух отлично подходит для утилизации органических отходов, и может стать решением экологической проблемы связанной с загрязнением окружающей среды отходами с/х производства [14].

Личинки черной львинки способны эффективно превращать органические отходы в биомассу, оставляя лишь небольшое количество высушенного зоогуруса и частичных остатков аммиака [15]. Личинки черной львинки обладают уникальным составом микробиоты, который позволяет им переваривать все органические материалы, такие как сельскохозяйственные отходы, гнилые овощи, экскременты животных и человека, мусор и т.д. Таким образом, с помощью личинок черной львинки можно уменьшить количество отходов в окружающей среде.

Возможность снижать количество отходов личинками зависит от типа субстрата, кроме того, снижение неприятного запаха и активация процесса переваривания, также относятся к факторам, повышающим скорость разложения. За счет дегидратации субстрата личинками происходит подавление роста бактерий, в том числе патогенных, в органических отходах [15], [16].

Также, черная львинка может контролировать популяцию домашней мухи (*Musca domestica L.*) примерно на 94-100 % в птичьих хозяйствах и фекалиях свиней путем вытеснения личинок домашней мухи специальными гормонами [15], [17], [18].

Цель этого исследования – изучить функцию черной львинки по превращению птичьего помета в биомассу в условиях Северного Зауралья.

Методы и принципы исследования

Содержание колонии черной львинки

Насекомые принадлежали к колонии, выращиваемой в лаборатории промышленной энтомологии Государственного аграрного университета Северного Зауралья с 2020 года, созданной на основе личинок, приобретенных в Санкт-Петербурге. Колонию поддерживали при температуре $26 \pm 0,5^\circ\text{C}$, относительной влажности 65-75% и фотопериоде 16:8 L:D ч. Личинок выращивали на диете куриного корма для несушек, с добавлением равного объема воды, как было предложено Sheppard et al. [18]. Взрослых содержали в садках размером 700x600x600 мм и поили водой с тростниковым сахаром.

Планирование экспериментов

Состав субстрата, используемого для выращивания черной львинки, определяли с помощью экспериментального проекта оптимальной смеси с учетом трех факторов: куриный помет, чистая вода и вода с 10% экстрактом зоогуруса

или биогумуса. Следует отметить, что высокое содержание влаги в курином помете вынудило нас учитывать количество воды в смесях, превышающее 50% (количество воды, используемой для приготовления смесей, включает как влажность навоза, так и добавленную жидкую воду). Для оптимизации учитывали процент особей, ставших предкуколками (выраженный в %), и максимальный средний вес предкуколок (выраженный в г).

Проведение эксперимента

Пятидесятиграммовые смеси куриного субстрата были помещены в 4 пластиковых контейнера размером 17.0x12.0x5.0 см. Семь грамм 5-дневных личинок были добавлены в каждый контейнер, который был расположен случайным образом на полках в инсектарии при температуре $26 \pm 0,5^\circ\text{C}$ с относительной влажностью 70-75% в темноте. Первая проверка проводилась через 3 дня, чтобы избежать беспокойства личинок, а затем с частотой один раз в 2 дня. При проверке контейнеров производили дополнительное кормление по 40 г субстрата. Предкуколок собирали вручную, взвешивали, а затем хранили в инкубаторе ($26 \pm 0,5^\circ\text{C}$, влажность 65-75%, фотопериод 16:8 ч L:D) для оценки взрослых особей: появление, выживаемость и эффективность размножения. Эксперимент был завершен, когда все личинки превратились в предкуколки, а затем во взрослых мух.

В качестве контроля десять грамм 5-дневных личинок выращивали на диете куриного корма для несушек, который добавляли в каждый контейнер. Было использовано по четыре экземпляра каждого метода обработки и контроля, а также проведено два испытания.

После кормления личинки удалялись ежедневно, и кормление прекращалось, когда 50% достигали предкуколичной стадии, как описано Tomberlin et al. [14].

Показатели сбора данных

Биоконверсию рассчитывали как количество потребляемого сухого вещества корма и количество собранных личинок. Ниже рассчитан вес отдельных личинок, сокращение отходов и скорость биоконверсии в процентах. Переменные такие, как описано Zhou et al. [19]:

- а) вес личинок – это фактический вес (г) живых личинок после кормления;
- б) сокращение отходов – это процентное содержание отходов в пересчете на сухое вещество;
- в) скорость биоконверсии – это количество сухого вещества, превращенного в личинки, выраженное в процентах.

Основные результаты

Результат показал, что черная львинка является перспективным объектом в качестве средства для превращения органического сырья в биомассу. Хорошо известно, что куриный помет оказывает большое воздействие на окружающую среду через длительное выделение парниковых газов при компостировании, поэтому возникает необходимость ускоренной переработки его черной львинкой. Результат биоконверсии птичьего помета с добавлением 10% экстракта зоогумуса или биогумуса показал, что данные комбинации продукта перерабатываются наилучшим образом (таблица 1). Обработка куриного помета личинками черной львинки привела к снижению средней массы сухого вещества отходов на 60 - 65%.

Таблица 1 - Биоконверсия птичьего помета личинками черной львинки

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.109.1>

Типы субстрата	Вес корма для личинок (сухой вес), грамм	Остаток корма (сухой вес), грамм	Биокон-версия, %
Куриный помет + 10% экстракт зоогумуса	244,2 \pm 3,4	86,1 \pm 0,7	64,8 \pm 0,8
Куриный помет + 10% экстракт биогумуса	222,3 \pm 3,7	89,2 \pm 0,9	59,9 \pm 0,6
Куриный помет + вода	201,7 \pm 4,7	93,4 \pm 0,8	53,4 \pm 0,9
Корм для кур несушек	271,4 \pm 3,1	81,7 \pm 0,8	69,9 \pm 1,1
t-студента	4,4 – 7,3	2,7 – 6,9	3,8 – 9,5

В результате исследования было выявлено, что наибольшая скорость переработки куриного помета характерна при совместном действии на него личинок и синергетических бактерий, которые содержатся в зоо- и биогумусе. Кроме того, в качестве источника белка наиболее пригодны более зрелые личинки, которые достигают большого веса (122,3-137,1 мг/личинка). Сроки развития личинок хорошо согласуются между собой и приближаются к контрольному варианту (Таблица 2). Корм для кур несушек имел самый высокий коэффициент конверсии и самое низкое количество остатка. Зрелые личинки на данном корме были самыми большими и достигали веса почти 180 мг.

Таблица 2 - Сравнение признаков жизненного цикла личинок черной львинки при циклическом кормлении куриным пометом

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.109.2>

Тип субстрата	Вес взрослых личинки, мг	Сроки развития личинок, дн	Вес предку-колки, мг	Выжи-ваемость личинок, %
Куриный помет +	137,1 \pm 3,8	14,4 \pm 0,6	85,4 \pm 0,5	89,3 \pm 1,5

10% экстракт зоогумуса				
Куриный помет + 10% экстракт биогазуса	122,3±4,1	15,1±0,8	81,5±1,6	84,5±1,7
Куриный помет + вода	112,5±4,7	18,3±1,1	80,1±1,4	81,7±1,9
Корм для кур несушек	177,6±2,9	11,5±0,9	126,3±2,3	93,5±1,1
t-студента	2,64-8,4	1,22 – 2,48	2,3 – 17,2	2,12 – 3,2

Развитие личинок происходило медленнее всего в свежем чистом помете, где для появления первых предкуколок потребовалось 15 дней, а для появления 50% предкуколок – более 18 дней. Анализ основных компонентов был проведен для того, чтобы выделить наиболее важные параметры, влияющие на развитие личинок черной львинки. Было обнаружено, что на параметры компостирования черной львинкой влияют свойства субстрата: коэффициент конверсии отходов в биомассу, развитие личинок (время появления первых предкуколок и появления 50% предкуколок) и конечный вес предкуколки. Показатель выживаемости не сильно различался между различными вариантами субстрата. Все варианты исследований достоверны.

Обсуждение

В этой работе представлены количественные данные, полезные для успешной эксплуатации личинок черной львинки в лабораторном масштабе для более чистого и устойчивого управления отходами птицеводства, что приводит к разработке высококачественных продуктов для сельскохозяйственного использования. В частности, это исследование является частью более крупного проекта, направленного на максимизацию роста личинок черной львинки на курином помете и экстракта биогазуса для промышленно-агрономических целей, с использованием белков из предкуколки черной львинки для разработки кормовых добавок и остаточной личиночной фракции в качестве удобрения. Эти цели можно вписать в систему круговой экономики благодаря полной и выгодной валоризации куриного помета и отсутствию остаточных отходов в конце цикла, поскольку зоогумус в конечном итоге возвращается в систему в качестве удобрения для повышения доступности питательных веществ (особенно азота) для сельскохозяйственных культур.

Учитывая оптимизацию выращивания личинок черной львинки, плотность личинок в этих экспериментах составляла 0,8 личинок / см², что немного ниже, чем плотность личинок 1-2 личинок / см², предложенный *Parra Paz et al.*, [20], и был выбран в пользу наилучшего развития личинок, избегающих конкуренции за источник пищи. Данные о росте *H. illucens*, полученные в этом исследовании, в какой-то степени сопоставимы с другими опубликованными работами, в которых в качестве субстрата использовался куриный помет, из-за различных используемых экспериментальных условий [21], [22], [11]. Низкий процент смертности личинок в предварительных испытаниях можно объяснить невысоким содержанием лигнина, молекулы, которого могут не полностью перевариваться черной львинкой. *Rehman et al.* [22] наблюдали снижение содержания целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина в курином помете, обработанном черной львинкой, хотя снижение содержания лигнина было ниже, чем в двух других полимеров. Разложение этих полимеров черной львинкой было отмечено также для рисовой соломы, кукурузного початка [23], [24] и навоза КРС [25]. Роль симбионтов в кишечном микробиоме имеет решающее значение для гидролиза данных молекул, помогая насекомым в процессе пищеварения [26], [27]. Присутствие микроорганизмов внутри субстрата также может помочь личинкам в процессе разложения отходов: вырабатывать ферменты, которые расщепляют различные волокна, делая продукты микробной активности доступными для роста личинок. Не так давно было показано, что некоторое количество углеводов, не содержащих клетчатку, в дигестате после обработки микроорганизмами практически отсутствует, и личинки черной львинки, выращенные на биогазовом дигестате, имеют более низкий выход по сравнению с теми, которые были выращены на кормах для кур, овощах или пищевых отходах [28].

В наших исследованиях в качестве субстрата для роста личинок черной львинки использовался только куриный помет, и были протестированы два разных экстракта зоогумуса и биогазуса дождевых червей. Результаты показали, что экстракт зоогумуса черной львинки позволяет большему количеству насекомых достичь стадии предкуколки и куколки и приводит к образованию куколок с большим весом. Тем не менее, чтобы дать возможность оптимального роста и выживания личинкам черной львинки, концентрация не должна превышать 10%. Согласно эксперименту, увеличение концентрации зоогумуса и биогазуса червей привело к снижению количества яиц, в то время как куриный помет и вода с 10% экстрактом оказывает положительное влияние на увеличение веса предкуколок. Что касается зоогумуса и биогазуса, мы могли бы предположить, что 10% зоогумус и биогазус, обладают более высоким содержанием микроорганизмов, которые способствуют более быстрой ферментации куриного помета, и положительно сказывается на росте личинок черной львинки. Тем не менее нельзя исключить физиологическое вмешательство определенного комплекса микробиома в кишечник черной львинки. Однако эти аспекты требуют дальнейших исследований.

Экспериментальный проект позволил показать положительное влияние микробиома зоогумуса и биогазуса на рост личинок черной львинки и определить наилучшую смесь для оптимизации количества предкуколок на уровне 89,31% при средней массе 85,4 мг. Эти данные относились к лабораторным испытаниям, в которых субстрат вводили

порционно 1 раз в двое суток. Этот аспект положительно повлиял на рост личинок черной львинки, и было показано, что оптимальная суточная норма кормления может улучшить показатели роста личинок [30].

При переработке отходов необходимым параметром с точки зрения устойчивости процесса является общее сокращение исходного субстрата. При проверке оптимизированной смеси куриного помета и экстракта зоогумуса уменьшение содержания субстрата составило около 65,3%, что значительно выше по сравнению с показателями от 37 до 55%, полученными в предыдущих испытаниях с куриным навозом [21], [22]. Эти результаты показывают, что оптимизация состава субстрата при увеличении продуктивности личинок происходит уменьшение количества субстрата, несмотря на присутствие в смеси большого количества целлюлозы.

В данной работе интерес был сосредоточен на устойчивом использовании куриного помета в перспективе увеличения отходов птицеводства [11]. Оптимизация выхода куколок черной львинки была обусловлена максимальным увеличением производства биомассы, так как различные фракции данного насекомого могут представлять собой сырье для разнообразных промышленных целей. Жиры могут быть использованы для производства биотоплива [26], [30], [24], [31], кормов и продуктов питания [32], [11]. Белки, если они не могут быть использованы в кормопроизводстве / пищевой промышленности, могут найти применение в других секторах в качестве биоразлагаемых пластиков [33].

Заключение

Эта работа показала, что личинки черной львинки представляют собой хороший инструмент для обеспечения чистого и устойчивого обращения с куриным пометом за счет большого сокращения его первоначального количества и содействия его извлечению и использованию в качестве биомассы насекомых и остатков в виде биогазума. Эта работа является небольшой частью проекта, направленного на устойчивую валоризацию отходов птицеводства с использованием личинок черной львинки в перспективе экономики замкнутого цикла, предназначенного для управления органическими отходами с помощью личинок черной львинки путем разработки пилотной установки для выращивания личинок.

Результаты экспериментов послужили причиной к определению оптимальной смеси субстратов для роста личинок черной львинки и привели к снижению исходной массы помета более чем на 65%. Эти результаты показали улучшение показателей роста черной львинки, а также они могут обеспечить рабочие условия для запуска опытной установки на лучшем субстрате из куриного помета. Однако, чтобы применить на практике предложенную стратегию, необходимы дальнейшие исследования для:

- 1) оценки микробиологического качества зоогумуса в растениеводстве;
- 2) оценки физиологического воздействия смеси куриного помета и экстракта биогазума;
- 3) проверки использования смесей различных типов биоотходов;
- 4) разработки конкретных моделей для расширения масштабов технологии.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Van Huis A. Edible insects contributing to food security?. / A. Van Huis // *Agric. Food Secur.* – 2015. – № 4. – p. 1-9. – DOI: 10.1186/s40066-015-0041-5
2. Diener S. Black soldier fly larvae for organic waste treatment—prospects and constraints. / S. Diener // *In Proceedings of the Waste Safe*; – Khulna: Bangladesh, 2011.
3. Makkar H.P.S. State-of-the-art on use of insects as animal feed. / H.P.S. Makkar // *Anim. Feed Sci. Technol.* – 2014. – № 197. – p. 1-33. – DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008
4. Xiao X. Efficient co-conversion process of chicken manure into protein feed and organic fertilizer by *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) larvae and functional bacteria. / X. Xiao // *J. Environ. Manag.* – 2018. – № 217. – p. 668-676.
5. Abouelenien F. Improved methane fermentation of chicken manure via ammonia removal by biogas recycle. / F. Abouelenien // *Bioresour. Technol.* – 2010. – № 101. – p. 6368 – 6373.
6. Tomberlin J.K. Selected Life-History Traits of Black Soldier Flies (Diptera: Stratiomyidae) Reared on Three Artificial Diets. / J.K. Tomberlin // *Entomology Society of America.* – 2002. – № 95(3). – p. 379–386.
7. Van Huis A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. / A. Van Huis // *Annu Rev Entomol.* – 2013. – № 58. – p. 563–583.
8. Sheppard D.S. Rearing methods for the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). / D.S. Sheppard // *J Med Entomol.* – 2002. – № 39. – p. 695–698.
9. Zhou F. Developmental and waste reduction plasticity of three black soldier fly strains (Diptera: Stratiomyidae) raised on different livestock manures. / F. Zhou // *J. Med. Entomol.* – 2013. – № 50. – p. 1224–1230.
10. Oonincx D.G. Nutrient utilisation by black soldier flies fed with chicken, pig, or cow manure. / D.G. Oonincx // *J. Insects Food Feed.* – 2015. – № 1. – p. 131–139.