

КРИВОНОСОВ
Петр Николаевич

бакалавриат, Петрозаводский государственный
университет (Петрозаводск, Россия),
jetotara@yandex.ru

ТАЭЛЬ
Илья Романович

бакалавриат, Петрозаводский государственный
университет (Петрозаводск, Россия),
silin.iliaw@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМЕШАННЫХ ПИЩЕВЫХ СУБСТРАТОВ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ ЛИЧИНОК ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ

Научный руководитель:

Лябзина Светлана Николаевна

Рецензент:

Сидорова Наталья
Анатольевна

Статья поступила: 02.08.2024;

Принята к публикации: 14.12.2024;

Размещена в сети: 14.12.2024.

Аннотация. В ходе работы проводилось культивирование личинок чёрной львинки на смешанных питательных субстратах трёх типов, состоящих из овощной, отрубей и опилок с влажностями 70 % и 80 %. По результатам эксперимента выявлено, что наилучшее сочетание средних морфофизиологических показателей ($l = 17,5$ мм и $m = 134,2$ мг) и показателя выживаемости (92%) достигается на пищевом субстрате из овощной массы со смесью отрубей с опилками (3:1) с влажностью 80%. Это обеспечивается свойством опилок препятствовать комкообразованию при высыхании питательного субстрата и сохранять его рассыпчатость.

Ключевые слова: биотехнология, личинки насекомых, черная львинка, *Hermetia illucens*, пищевой субстрат, энтомология

Благодарности. Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках реализации Программы поддержки НИОКР студентов, аспирантов и лиц, имеющих ученую степень, финансируемой Правительством Республики Карелия (договор № КГРК-24/24)

Для цитирования: Кривонос П. Н., Таэль И. Р. Использование смешанных пищевых субстратов при культивировании личинок черной львинки // StudArctic Forum. 2024. Т. 9, № 4. С. 55–64.

Введение. Муха черная львинка или черный солдатик (*Hermetia illucens*, Linnaeus, 1758) – двукрылое насекомое из семейства Львинок (Stratiomyidae). Изначальным ареалом обитания данного вида является Центральная и Южная Америки [Антонов: 7]. Здесь она обитает в естественной среде, перерабатывая различную органику. В естественных условиях личинки вылупляются из яиц, отложенных в узких расселинах между камнями рядом с разлагающимися органическими веществами, которыми и питаются [Booth: 421]. Личинки могут кормиться широким спектром пищи: навоз, помёт, разлагающиеся трупы животных и листья [Ewusie], [Туйчиев]. Большой интерес представляет собой применение личинок для утилизации различных органических компонентов [Цой: 46]; [Elwert: 140]; [Кузнецова: 394]; [Шайхиев, 2020: 20]; [Туйчиев: 40]. В России личинку чёрной львинки также применяют в качестве биоконверсии органических отходов с получением кормовой личинки и биогумуса [Артахов: 63]; [Песцов: 363]; [Лящев: 4]. [Лопатин: 3]; [Шайхиев, 2022]. Личинку применяют как дополнительный кормовой материал для сельскохозяйственных животных и аквакультуре

[Ильина: 108]; [Driemeyer: 59]; [Шайхиев, 2020]; [Матросова, 2023]; [Шайхиев, 2021].

Культивирование личинок успешно практикуется во многих регионах Российской Федерации, соблюдая условия среды на разных стадиях развития [Антонов: 8], [Кузнецова], [Туйчиев]. Установлено, что личинки могут обитать при температуре воздуха от 20 до 45 °С и достаточно высокой влажности воздуха до 90 % [Антонов: 9]; [Holmes: 54]. Однако немаловажным является соблюдение факторов пищевого субстрата (компонентный состав, влажность и прочее). Несмотря на то, что личинка в естественной среде может обитать в навозе и помёте, который становится со временем очень сухой, что ограничивает в хорошем развитии и мешает достичь ей максимальных размеров [Ляцев: 4]. Целью исследования является изучение пищевого субстрата для культивирования личинок черной львинки в искусственных условиях. В задачи исследований входило: подобрать оптимальное соотношение компонентов и влажность пищевого субстрата.

Материалы и методы. Исследование по культивированию личинок черной львинки (*Hermetia illucens*) на экспериментальном пищевом субстрате проведено на кафедре зоологии и экологии ПетрГУ и экспериментальной базе промышленного предприятия ООО «КарелБиоТех» (г. Петрозаводск). В работе использовали яйца черной львинки, предоставленные компанией ООО «Львинка» (г. Тула). Их поставляли в лабораторию в 10–15 ячейках из гофрированного картона. В каждой ячейке размещалось 13–18 гм яиц.

Для культивирования использовали пластмассовые контейнеры (600x400x200 мм, 48 л) с изучаемым пищевым субстратом. Изначально яйца размещали в отдельном помещении, где температура воздуха поддерживалась в диапазоне 28–32 °С, а влажность – 60–70 %, что являлось стандартным набором условий предприятия. Там после вылупления личинки содержались в течение первых трех дней. Первое кормление осуществлялось на второй день, масса добавленной пищи составляла 0,5–1,0 кг.

В виду малых размеров личинок в первые дни вычисление количества особей было затруднено. Поэтому подсчет количества особей проводился на третий день от вылупления, когда средняя длина насекомых превышала 3 мм. После этого их пересаживали в отдельные ящики по 15 тысяч в каждый и перемещали в другое помещение.

Температура воздуха в дальнейшем поддерживалась в диапазоне 25–28 °С, а влажность – 70–80 %, они соответствовали стандартным условиям цеха, в котором проводилось культивирование. Все варианты корма имели влажность субстрата 70 и 80 %, колебания составляли ±1.5 %. Добавление корма осуществлялось каждый день. В качестве основы для составления режима кормления был взят предоставленный регламент компании ООО «КарелБиоТех»: 3 день – 2 кг, 4 день – 1 кг, 5–6 дни – 2 кг, 7 день – 3 кг, 8–10 дни – 2 кг. Он был изменен в соответствии с наблюдениями и итоговый ежесуточный режим кормления был таков: 3 день – 1 кг, 4 день – 1,5 кг, а 5–10 дни – 2 кг. Влажность подкормки постепенно увеличивалась на 2–3 % до 8 дня включительно, чтобы поддерживать оптимальное общее содержание влаги в субстрате, а после понижали на 5 %, с целью снизить количество воды и подсушить корм, и тем самым уменьшить вероятность налипания частиц на личинок и части отсеивающего механизма.

В исследовании для формирования пищевого субстрата использовались растительные компоненты (овощи, пшеничные отруби и сосновые опилки), так как животные усваиваются личинками хуже, судя по имеющимся данным [Gobbi: 463]. Также важным условием для наиболее полного усвоения корма является его измельчение – чем мельче корм, тем личинки лучше его усваивают, быстрее растут и меньшее число из них гибнет. Для переработки овощей применяли промышленную дробилку, которая позволяла получить кашеобразную массу.

Переработанные овощи представляют собой кашеобразную субстанцию с избыточным

содержанием влаги. Для регулирования влажности к овощной массе добавляли пшеничные отруби и сосновые опилки. По имеющимся данным, личинки могут расти на субстрате с влажностью в диапазоне 60–90 %, но скорость роста при этом значительно меняется в зависимости от значений [Самтаск: 11], [Кривоносов: 273]. Для эксперимента были взяты значения 70 и 80 % для всех составов субстратов.

Для исследования составлено три варианта состава пищевого субстрата (таблица 1). Вариант корма для черной львинки, в котором есть только переработанные овощи и опилки, не использовался в исследовании, так как имеет неудовлетворительные результаты [Кривоносов: 273].

Таблица 1

Содержание компонентов в пищевых субстратах (% массы)

№ п/п	Компоненты	Типы корма					
		Контроль		Опыт 1		Опыт 2	
		70 %	80 %	70 %	80 %	70 %	80 %
1	Овощная масса	65,0±2,5	75,0±2,5	65,0±2,5	75,0±2,5	65,0±2,5	75,0±2,5
2	Пшеничные отходы	35,0±2,5	25,0±2,5	26,0±2,5	19,0±2,5	17,5±2,0	12,5±1,5
3	Сосновые опилки	-	-	9,0±1,0	6,0±1,0	17,5±2,0	12,5±1,5

В ходе эксперимента осуществлялся контроль температуры и влажности воздуха с помощью настенного термометра и психрометров (ВИТ-2). Замер температуры и влажности пищевого субстрата производился при помощи термометра с щупом (ТР101) и влагомеров (AQUA-LAB AQ-M40U2). Для определения массы личинок использовали весы лабораторные (ВЛТЭ-1100Т-В и МН-300) (рис. 1). Измерение длины насекомых происходило с помощью линейки. Взвешивание корма для насекомых в больших объемах проводилось при помощи весов грузовых (ВП-40-60).



Рис. 1. Проведение метрических исследований – измерение массы пробы

Отсеивание личинок осуществлялось с помощью промышленного отсеивателя ГИЛ-13 с предприятия, на котором проводился эксперимент. Принцип отделения насекомых от субстрата заключался в механическом вибрационном воздействии нескольких наложенных друг на друга металлических сеток с разными размерами ячеек, которые отделяли разные элементы сыпучей смеси.

Итоговые морфофизиологические показатели личинок были проверены на нормальность критерием Лиллиефорса (L) и их сравнили с помощью параметрических критериев Стьюдента (t) и Фишера (F).

Результаты. В ходе опыта с использованием рациона из регламента было отмечено, что большое количество корма в первые дни после пересадки личинки не успевали проедать, из-за чего тот высыхал и в дальнейшем мог слипаться и формировать непроедаемые комки. Это приводило к снижению потребляемого корма, поэтому ежедневное количество добавляемого субстрата было изменено в соответствии с итоговым рационом, где количество пищи постепенно увеличивается.

Состояние пищевого субстрата во время переработки личинками сильно изменялось. Было выявлено, что при проедании и постепенном высыхании у корма происходило слипание частиц ближе к поверхности (рис. 2). Особенно это отмечалось у субстрата со смесью овощей с отрубями, у которого при сильном иссушении происходило образование пласта. Добавление опилок позволяло улучшить поддержание рассыпчатости в отличие от корма только с пшеничной добавкой за счет механического разделения частиц смеси. Таким образом уменьшалось формирование мелких комков и улучшалась аэрация.



Рис. 2. Комки, образовавшиеся в результате понижения влажности корма

В процессе переработки происходило нагревание субстрата за счет энергии, вырабатываемой в ходе разложения растительных компонентов, а также активного метаболизма личинок и их движения в толще корма, что производило в том числе теплообмен между разными частями смеси. Первое подтверждается тем, что после удаления насекомых из получившегося биогумуса он также вырабатывал тепло. За счет изложенного явления создавался оптимальный диапазон температур для развития насекомых, а также происходило частичное обеззараживание потребляемой растительной массы от микроорганизмов, не переносящих данные условия. Также отмечены скопления личинок в углах ящиков и на дне. Предположительно, таким образом у этих насекомых обеспечивается терморегулирование и избежание перегрева за счёт более активной передачи тепла через стенки ящиков (рис. 3).



Рис. 3. Личинки, скопившиеся у стенки прозрачной емкости

При увеличении толщины корма в процессе развития происходило постепенное ухудшение теплообмена между глубинными слоями субстрата и окружающей средой. Когда высота того достигала 12–15 см ближе к концу цикла культивирования температура преодолевала значение в 45 °С и повышалась вплоть до 51 °С. Это создавало неблагоприятный для развития личинок температурный диапазон корма, из-за чего насекомые перемещались в верхние слои и хуже питались.

Отмечено, что личинки черной львинки способны перемещаться по вертикальным поверхностям при острых неблагоприятных условиях, таких как высокая влажность и температура субстрата, нехватка кислорода и прочих вариантах. Однако для такого у насекомых должен быть доступ к достаточному количеству влаги, так как в случае, когда влажность смеси сильно падала, особи не пытались выбраться из ящика, а наоборот перемещались в нижние слои, где было большее содержание воды. Подобное явление приводит к необходимости точного соблюдения оптимальных условий культивирования или покрытия емкостей содержания сверху проницаемыми для воздуха и света предметами, например, марлей.

К 11 дню культивирования диапазон масс и длин особей составил 80–180 мг и 10–23 мм соответственно (рис. 4). Наблюдается изменение в большую сторону морфофизиологических показателей при повышении содержания отрубей.

Учитывая вышеизложенные данные, заметно, что преимущество имеется у питания личинками на овощной массе с отрубями (контроль) при 80 % влажности. Однако значение выживаемости особей выше у насекомых, которые питались на овощной массе со смесью отрубей и опилок (3:1) (опыт 1) (таблица 2). Это объясняется большим влиянием комкования у субстрата, состоящего только из овощной массы с отрубями. Высыхание на таком типе корма сопровождается ухудшением аэрации. Также комки не поглощаются личинками, что ведет к уменьшению количества поедаемой пищи, а это в свою очередь повышает конкуренцию личинок за нее, негативно сказываясь на общей продуктивности и выживаемости.

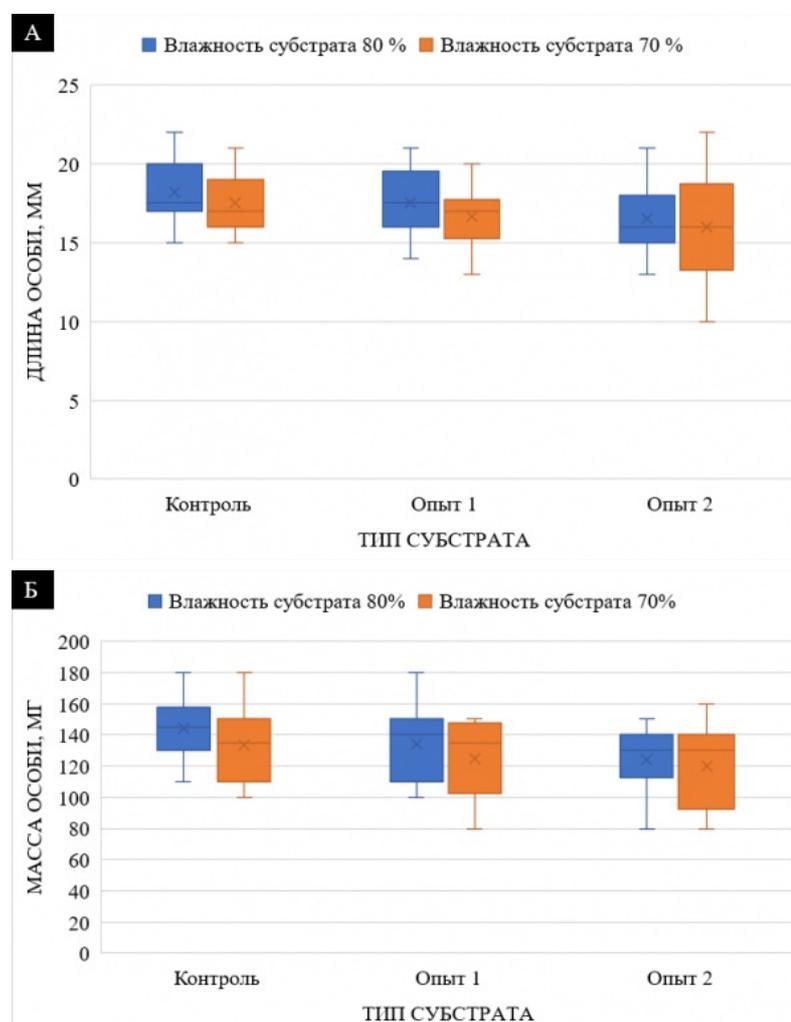


Рис. 4. Диаграмма морфофизиологических показателей личинки при кормлении разными типами субстрата ($p < 0,05$) (А – диапазон средней длины; Б – диапазон средней массы)

Таблица 2

Морфологические данные личинок черной львинки на 11-й день ($p < 0,05$)

Тип корма	Влажность	Длина особи, мм	Масса особи, мг	Выживаемость, %
Контроль	70	17,5±0,6	133,3±6,8	80,0±4,3
	80	18,2±0,6	144,2±5,8	86,1±3,7
Опыт 1	70	16,7±0,5	125,0±7,1	89,6±5,1
	80	17,5±0,6	134,2±7,2	92,4±5,2
Опыт 2	70	16,0±1,0	120,0±7,6	74,4±5,1
	80	16,5±0,6	124,2±5,3	82,7±3,6

Примечание: Контроль – смесь овощной массы с отрубями; Опыт 1 – овощная масса со смесью отрубей и опилок (3:1); Опыт 2 – овощная масса со смесью отрубей и опилок (1:1).

Наиболее низкая продуктивность отмечена у субстрата на основе овощной массы со смесью отрубей и опилок (1:1) (опыт 2). Это объясняется пониженным содержанием поедаемых личинками растительных компонентов, то есть меньшей удельной энергетической ценностью. Поэтому данный корм показал себя неудовлетворительно относительно других вариантов питания.

В ходе переработки личинками черной львинки изначальные кормосмеси светлых желтоватых или бежевых цветов постепенно становились черным или темно-коричневым

сыпучим веществом (рис. 5), являющимся биогумусом. Большую часть получившегося субстрата получалось отсеять от насекомых, однако чем выше была влажность субстрата, тем хуже происходило отделение. Особенно, вызывало проблемы налипание корма на решетки отсеивателя. Решением является понижение содержания влаги в субстрате в последние дни культивирования личинок.



Рис. 5. Пищевой субстрат после переработки насекомыми

Заключение. По результатам эксперимента выявлено, что наилучшим вариантом питательного субстрата является кормосмесь, состоящая из овощной массы со смесью отрубей и опилок (3:1) при влажности в 80 %, так как на нем наблюдались наивысшая выживаемость в 92 %, а также имеются достаточные морфофизиологические показатели насекомых (средние длина 17,5 мм и масса 134,2 мг). Такие высокие значения достигаются за счёт того, что опилки препятствуют комкообразованию при высыхании корма и сохраняют его рассыпчатость, благодаря чему аэрация субстрата остаётся на высоком уровне и личинки лучше его перерабатывают. Это в итоге делает второй тип корма наиболее оптимальным в данном исследовании. Также отмечается необходимость следить за толщиной субстрата и важность снижения влажности в конце культивирования для более качественного отделения личинок от субстрата.

Список литературы

Антонов А.М. Адаптация и перспективы разведения мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе / А.М. Антонов, Е. Lutovinovas, Г.А. Иванов, Н.О. Пастухова // Принципы экологии. 2017. № 3. С. 4-19.

Артахов А.Б. Энтомоиндустрия черной львинки // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2021. № 4(18). С. 61-70.

Ильина Г.В. Влияние кормовой добавки энтомологического происхождения на биохимические и продуктивные показатели сельскохозяйственной птицы / Г.В. Ильина, Д.Ю. Ильин, Л.Л. Ошкина, С.А. Сашенкова, А.В. Остапчук // Нива Поволжья. 2021. № 2(59). С. 106-114.

Кривонос П.Н. Культивирование личинок черной львинки (*Hermetia illucens*) на нескольких вариантах кормосмеси при различных влажностях / П.Н. Кривонос, И.Р. Таэль // Молодые ученые – экономике региона: материалы XXIII Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Вологда, 7 декабря 2023 г. Вологда: ВолНЦ РАН, 2024. С. 268-276.

Кузнецова О.И. Пищевые отходы в составе кормовой смеси для выращивания личинок *Hermetia illucens* / О.И. Кузнецова, М.И. Василенко // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнологии: Сб. докл. Междунар. научно-техн. конференции, Алушта – Белгород, 01–05 июня 2020 года. Алушта; Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. С. 393-397.

Ляцев А.А. Переработка куриного помета личинками черной львинки (*Hermetia illucens* L.) в условиях Северного Зауралья / А.А. Ляцев, И.А. Прок, Е.В. Коваль, Н.А. Валов, Л.В. Ляцева // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 11(125). 5 с. DOI 10.23670/IRJ.2022.125.118.

Матросова С.В. Оценка эффективности кормления радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) диетой на основе личинки черной львинки / С.В. Матросова, С.Н. Лябина, В.В. Горбач, Ю.Н. Ильмаст // Известия КГТУ. 2023. № 71. С. 11-23. DOI 10.46845/1997-3071-2023-71-11-23.

Патент № 2680691 С1 Российская Федерация, МПК С08В 37/08. Способ получения хитина из личинок черной львинки *Hermetia illucens*: № 2018117669: заявл. 14.05.2018: опубл. 25.02.2019 / С.А. Лопатин, А.Ш. Хайрова, В.П. Варламов, И.В. Соколов; заявитель Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр "Фундаментальные основы биотехнологии" Российской академии наук», ООО «Биогенезис».

Песцов Г.В. Экологически безопасная утилизация отходов сельского хозяйства с использованием насекомого вида *Hermetia illucens* / Г.В. Песцов, А.В. Третьякова, О.В. Прокудина // Биосфера. 2022. Т. 14, № 4. С. 362-364.

Туйчиев К.С. Выращивание личинок чёрной львинки (*Hermetia illucens* Linnaeus) на пшеничных отрубях и показатели их продуктивности // *Universum: химия и биология*. 2023. № 6-1(108). С. 40-42.

Цой М.В. Культивирование личинок чёрной львинки *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae) // Научно-агрономический журнал. 2019. № 3. С. 46-48.

Шайхиев И.Г. Использование личинок мухи *Hermetia illucens* в рационах кормов для выращивания поросят и взрослых свиней / И.Г. Шайхиев, С.В. Свергузова, Ж.А. Сапронова // *Sciences of Europe*. 2020. № 59-2(59). С. 12-19.

Шайхиев И.Г. Использование пищевых отходов для выращивания личинок мухи *Hermetia illucens* (краткий обзор зарубежной литературы) / И.Г. Шайхиев, С.В. Свергузова, Ж.А. Сапронова, Е.С. Антюфеева // Экономика строительства и природопользования. 2020. № 4(77). С. 17-30. DOI 10.37279/2519-4453-2020-4-17-30.

Шайхиев И.Г. Аналитический обзор подходов к использованию альтернативных кормов в аквакультуре при совершенствовании схем природопользования / И.Г. Шайхиев, С.В. Свергузова, Ж.А. Сапронова // Экономика строительства и природопользования. 2021. № 3(80). С. 24-32. DOI 10.37279/2519-4453-2021-3-24-32.

Шайхиев И.Г. Хитин и хитозан из личинок *Hermetia illucens*: получение, свойства и перспективы использования / И.Г. Шайхиев, С.В. Свергузова, Н.А. Ушакова, Ж.А. Сапронова, Ю.С. Воронина // Экономика строительства и природопользования. 2022. № 3(84). С. 138-148.

Booth D.C. Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Eggs, masses, timing, and site characteristics / D.C. Booth, C. Sheppard // *Environmental Entomology*. 1984. Vol. 13, Iss. 2. P. 421–423.

Cammack J.A. The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) / J.A. Cammack, J.K. Tomberlin // *Insects*. 2017. Vol. 8, Iss. 2. 14 p. DOI 10.3390/insects8020056.

Driemeyer H. Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as an alternative protein source in pig creep diets in relation to production, blood and manure microbiology parameters. Stellenbosch: Stellenbosch University, 2016. 99 p. URL: <http://hdl.handle.net/10019.1/100283> (Accessed: 03.12.2024).

Elwert C. A novel protein source: Maggot meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) in broiler feed / C. Elwert, J. Knips, P. Katz // Gierus M., Kluth H., Bulang M. and Kluge H. (Eds.) 11. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, November 23–25, 2010, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Universität Halle- Wittenberg, Lutherstadt Wittenberg, Germany, 2010. P. 140–142.

Ewusie E.A. The black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Trapping and culturing of wild colonies in Ghana / E.A. Ewusie, P.K. Kwapong, G. Ofosu-Budu, C. Sandrock, A.M. Akumah, E.K. Nartey, C. Tetegaga, S.K. Agyakwah // *Scientific African*. 2019. Vol. 5. Sept. DOI:

Gobbi P. The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) / P. Gobbi P., A. Martinez-Sanchez, S. Rojo // *European Journal of Entomology*. 2013. Vol. 110. No. 3. P. 461-468.

Holmes L. Role of abiotic factors on the development and life history of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). Windsor: University of Windsor, 2010. 168 p.

Biological Sciences

Piotr N. KRIVONOSOV

bachelor's degree, Petrozavodsk State University
(Petrozavodsk, Russia),
jetotara@yandex.ru

Iliia R. TAEI

bachelor's degree, Petrozavodsk State University
(Petrozavodsk, Russia),
silin.iliaw@gmail.com

USING MIXED PLANT SUBSTRATES FOR THE CULTIVATION OF BLACK SOLDIER FLY LARVAE

Scientific adviser:

Svetlana N. Lyabzina

Reviewer:

Natalia A. Sidorova

Paper submitted on: 08/02/2024;

Accepted on: 12/14/2024;

Published online on: 12/14/2024.

Abstract. The article addresses the study which cultivated black soldier fly larvae on three types of mixed nutrient substrates consisting of vegetable matter, wheat bran, and sawdust, with moisture levels set at 70 % and 80 %. The experimental results indicated that the optimal average morphophysiological indicators — length (17.5 mm) and mass (134.2 mg) — along with a survival rate of 92 % were achieved using a substrate made from vegetable matter mixed with bran and sawdust in a ratio of 3:1 at an 80 % moisture content. This high performance is attributed to the sawdust's ability to prevent clumping as the nutrient substrate dries, thereby maintaining its friability.

Keywords: biotechnology, insect larvae, black soldier fly, *Hermetia illucens*, food substrate, entomology

For citation: Tael, I. R. Using Mixed Plant Substrates for the Cultivation of Black Soldier Fly Larvae. *StudArctic Forum*. 2024, 9 (4): 55–64.

References

Antonov A.M., Lutovinovas E., et al. Adaptation and prospects of breeding flies black lvink (*Hermetia illucens*) in circumpolar region. *Principles of the Ecology*, 2017, No. 3, pp. 4-19. (In Russ.)

Artakhov A.B. Entomo-industry of *Hermetia illucens*. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*, 2021, No. 4(18), pp. 61-70. (In Russ.)

Ilyina G.V., Ilyin D.Yu., et al. The influence of an entomological feed additive on the biochemical and performans parameters of farm poultry. *Volga Region Farmland*, 2021, No. 2(59), pp. 106-114. (In Russ.)

Krivososov P.N., Tael I.R. Cultivation of black soldier larvae (*Hermetia illucens*) on various feel mixtures and different humidities. *Young scientists – to regional economy: proceedings of the XXIII all-Russian scientific and practical conference with international participation, Vologda, December 7, 2023*. Vologda, VolSC RAS, 2024, pp. 268-276. (In Russ.)

Kuznetsova O.I. Food waste as part of the feed mixture for growing *Hermetia illucens* larvae. *Rational use of natural resources and processing of technogenic raw materials: fundamental problems of science, materials science, chemistry, and biotechnology: Proceedings of the international scientific and technical conference, Alushta - Belgorod, June 1-5, 2020*. Alushta; Belgorod, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2020, pp. 393-397. (In Russ.)

- Lyashchev A.A., Prok I.A., et al. The processing of chicken excrements with black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae in the northern Trans-Urals. *International Research Journal*, 2022, No. 11(125), pp. 1-5. DOI: 10.23670/IRJ.2022.125.118. (In Russ.)
- Matrosova S.V., Lyabzina S.N., et al. Evaluation of the feeding efficiency of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with a diet based on black soldier fly larvae. *KSTU News*, 2023, No. 71, pp. 11-23. DOI: 10.46845/1997-3071-2023-71-11-23. (In Russ.)
- Lopatin S.A., Khairova A.Sh., et al. *Method of obtaining chitin from hermetia illucens black soldier fly larvae* (Russian Patent No. 2680691 C1, MPK SO8V 37/08, filed on 14.05.2018, issued 25.02.2019). URL: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002680691_20190225_C1_RU/ (Accessed: 03.12.2024) (In Russ.)
- Pestsov G.V., Tretyakova A.V., et al. Environmentally safe disposal of agricultural waste using the insect species *Hermetia illucens*. *Biosfera*, 2022, No. 4, pp. 362-364. (In Russ.)
- Tuychiev K.C. Cultivation of black soldier fly larvae in wheat bran and indicators of their productivity. *Universum: Chemistry and Biology*, 2023, No. 6-1(108), pp. 40-42. (In Russ.)
- Tsoi M.V. Cultivation of a black soldier fly *Hermetia illucens*, 1758 Linnaeus (Diptera: Stratiomyidae). *Scientific Agronomy Journal*, 2019, No. 3, pp. 46-48. (In Russ.)
- Shaikhiev I.G., Svergzuzova S.V., et al. Use of fly larvae *Hermetia illucens* in feed diets for growing piglets and adult pigs. *Sciences of Europe*, 2020, No. 59-2(59), pp. 12-19. (In Russ.)
- Shaikhiev I.G., Svergzuzova S.V., et al. Using food waste for the growing of *Hermetia illucens* fly larvae (brief review of foreign literature). *Construction Economic and Environmental Management*, 2020, No. 4(77), pp. 17-30. DOI: 10.37279/2519-4453-2020-4-17-30. (In Russ.)
- Shaikhiev I.G., Svergzuzova S.V., et al. Analytical review of approaches to the use of alternative feeds in aquaculture when improving environmental schemes. *Construction Economic and Environmental Management*, 2021, No. 3(80), pp. 24-32. DOI: 10.37279/2519-4453-2021-3-24-32. (In Russ.)
- Shaykhiev I.G., Svergzuzova S.V., et al. Chitin and chitosan from the larvae of *Hermetia illucens*: obtaining, properties and prospects of use. *Construction economic and environmental management*, 2022, No. 3(84), pp. 138-148. (In Russ.)
- Booth D.C., Sheppard C. Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Eggs, masses, timing, and site characteristics. *Environmental Entomology*, 1984, Vol. 13, Issue 2, pp. 421-423.
- Cammack J.A., Tomberlin J.K. The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Insects*, Vol. 8, Issue 2, 14 p. DOI: 10.3390/insects8020056.
- Driemeyer H. *Evaluation of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae as an alternative protein source in pig creep diets in relation to production, blood and manure microbiology parameters*. Stellenbosch, Stellenbosch University, 2016, 99 p. URL: <http://hdl.handle.net/10019.1/100283> (Accessed: 03.12.2024)
- Elwert C., Knips J., et al. A novel protein source: Maggot meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) in broiler feed. 11. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, November 23–25, 2010. Germany, Martin-Luther-Universität, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, 2010, pp. 140-142.
- Ewusie E. A., Kwapong P. K., et al. The black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Trapping and culturing of wild colonies in Ghana. *Scientific African*, 2019, Vol. 5. DOI: 10.1016/j.sciaf.2019.e00134.
- Gobbi P., Martinez-Sanchez A., et al. The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *European Journal of Entomology*, 2013, Vol. 110, No. 3, pp. 461-468.
- Holmes L. *Role of abiotic factors on the development and life history of the black soldier fly, Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). Windsor, University of Windsor, 2010, 168 p.