

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И МОЛОДЕЖИ  
РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Муниципальное общеобразовательное учреждение города Джанкоя  
Республики Крым лицей «Многоуровневый образовательный комплекс № 2  
имени Героя Советского Союза М.К. Байды»

**Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды  
им. Б.В. Всесвятского**

Номинация: Юные исследователи

**РАЗВЕДЕНИЕ МУХИ ВИДА ЧЕРНАЯ ЛЬВИНКА ДЛЯ  
ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ  
И В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА БЕЛКА И  
ЖИРА ДЛЯ КОРМОВЫХ ЦЕЛЕЙ**

Работу выполнил:  
Столяров Александр Николаевич  
ученик 6-А класса  
Муниципального  
общеобразовательного учреждения  
города Джанкоя Республики Крым  
лицей «Многоуровневый  
образовательный комплекс № 2  
имени Героя Советского Союза  
Марии Карповны Байды»

Научный руководитель:  
Билялова Зарема Нуриевна  
учитель биологии  
Муниципального  
общеобразовательного учреждения  
города Джанкоя Республики Крым  
лицей «Многоуровневый  
образовательный комплекс № 2  
имени Героя Советского Союза  
Марии Карповны Байды»

г. Джанкой - 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ РАЗДЕЛ 1 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	5
1.1 Место и сроки проведения исследования.....	5
1.2 Описание исследуемого объекта .....	5
1.3 Методы исследования.....	5
РАЗДЕЛ 2 ТРОПИЧЕСКАЯ МУХА ЧЕРНАЯ ЛЬВИНКА <i>HERMETIA</i> <i>ILLUCENS</i> .....	6
2.1 Строение тела мухи вида черная львинка: .....	6
2.2 Строение тела личинки черной львинки: .....	6
2.3 Жизненный цикл черной львинки: .....	7
2.4. Использование человеком.....	9
2.5 Распространение и среда обитания .....	10
РАЗДЕЛ 3 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	11
3.1 Анкетирование.....	11
3.2 Исследование «Разведение мухи вида черная львинка ( <i>Hermetia Illucens</i> ) в домашних условиях с целью получения потомства и запуска полного процесса производства» .....	11
3.3 Исследование «Социальное поведение мухи вида черная львинка» .....	14
3.4 Исследование «Какие органические продукты предпочитает черная львинка?» .....	15
3.5 Исследование «Эффективность использования личинок черной львинки в рационе кур несушек и перепелов».....	16
3.6 Исследование «Использование личинок черной львинки для оценки прироста биомассы африканских клариевых сомов в системе замкнутого водоснабжения, а также для кормления декоративных карасей-комет» .....	17
3.7 Исследование «Степень эффективность личинок черной львинки в биоконверсии органических отходов».....	18
ВЫВОДЫ.....	20
СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ.....	22
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	24
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	25

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире прогресса и новейших технологий в последнее время особенно остро стоит вопрос экологической ситуации, поэтому поиск высококачественных и безопасных продуктов питания для сельскохозяйственных животных вызывает необходимость изучения возможности применения в кормах насекомых, как источник высокоусвояемого кормового белка и жира с уникальными свойствами. Насекомые играют важную роль в круговороте питательных веществ в природе, составляя наибольшую часть (примерно две трети) всей живой биомассы на Земле. Это и приводит нас к инновациям в производственном процессе – возникновению энтомоиндустрии с использованием *Hermetia illucens* или мухи черной львинки, которая будет способствовать одновременному решению нескольких задач.

Черная львинка – исключительный вид мух, который отличается от привычных нам насекомых не только размерами, но и экологичной безопасностью, и уникальными полезными свойствами, что вызывает большой научный и практический интерес. Личинки этой мухи известны своей способностью эффективно перерабатывать органические отходы и превращать их в ценные продукты, такие как удобрения, при этом наращивая собственную массу и накапливая в своем организме комплекс веществ, необходимых для питания животных и даже человека, а также биоматериалы. Личинки чёрной львинки богаты белком и аминокислотами, что делает вид потенциально ценным источником пищевого протеина. А их жир содержит большое количество лауриновой кислоты и монолаурин, повышающие иммунитет и обладающие антибактериальной, антивирусной и противогрибковой активностями. Немаловажным фактором является и возможность содержания данного насекомого в искусственно созданных условиях.

Таким образом, изучение мухи вида черная львинка имеет высокую значимость в контексте двух ключевых проблем: утилизации органических отходов и поиска новых источников белка, а поэтому особенно актуально.

**Цель исследования:** создать благоприятные условия для роста и развития чёрной львинки, на основе чего исследовать возможность содержания ее в домашних условиях и доказать, что муха данного вида является перспективным объектом для выращивания в промышленных масштабах.

**Задачи исследования:**

- 1) собрать и систематизировать материал по данному вопросу;
- 2) провести анкетирование среди учащихся 6-7 классов;
- 3) вести наблюдение за циклом жизни чёрной львинки;
- 4) выявить факторы, благоприятно влияющие на жизнеспособность мухи и ее личинок;

5) изучить особенности поведения чёрной львинки, определить их вкусовые предпочтения и подобрать оптимальную кормовую базу насекомого;

6) исследовать возможности использования мухи в качестве кормового объекта для домашних животных;

7) оценить потенциал чёрной львинки в качестве биоразлагателя органических отходов;

8) проанализировать полученные результаты и сформулировать выводы о проделанной работе.

**Объект исследования:** мухи вида чёрная львинка (*Hermetia illucens*)

**Предмет исследования:** процесс питания и развития мухи, биоконверсия отходов.

**Гипотеза:** Черная львинка будет эффективно перерабатывать органические отходы и растительные остатки, а также сможет стать ценным источником пищевого протеина для домашних животных.

**Методы исследования:**

- Теоретический (изучение различных источников информации)
- Социологический (проведение опроса и анкетирования)
- Практический (наблюдение, эксперимент, фиксирование результатов)
- Обобщение и систематизация полученных результатов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ  
РАЗДЕЛ 1  
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Место и сроки проведения исследования

Наблюдение проводилось с сентября 2023 года по настоящее время в домашних условиях. Средняя температура воздуха составляла +26-30°C, влажность – 60-80%.

1.2 Описание исследуемого объекта

Объект исследования – муха чёрная львинка (*Hermetia illucens*).

Научная классификация

Царство: Животные

Тип: Членистоногие

Класс: Насекомые

Подкласс: Крылатые насекомые, или птериготы (*Pterygota*)

Отряд: Двукрылые *Diptera*

Семейство: Львинки *Stratiomyidae*

Род: *Hermetia*

Вид: Чёрная львинка *Hermetia illucens*

1.3 Методы исследования

1. Наблюдение. Исследование проводили с сентября 2023 года по настоящее время. Наблюдение вели днем и ночью, чтобы определить режим дня, оптимальные условия содержания и размножения, выявить особенности поведения мухи вида черная львинка.

2. Теоретический. Изучив научную литературу, определили и создали специальные условия содержания мухи в неволе: оптимальный температурный режим и влажность, а также выявили необходимую кормовую базу.

3. Поисковый. Используя полученные знания, фиксировали активность наших мух, их взаимодействие друг с другом и окружающей средой, выяснили предпочтения в еде, отношение к воде, реакцию на различные стимулы, такие как изменение освещения, температуры и влажности воздуха.

## РАЗДЕЛ 2

### ТРОПИЧЕСКАЯ МУХА ЧЕРНАЯ ЛЬВИНКА *HERMETIA ILLUCENS*

Муха чёрная львинка (лат. *Hermetia illucens*) или муха чёрный солдат (лат. *Black Soldier Fly*) – один из немногих наземных представителей семейства *Stratiomyidae*, который является наземным на протяжении всего жизненного цикла, в то время как 99% представителей семейства являются полужемными, начиная свою жизнь в воде.

Древнейшей львинкой считается *Montsecia martinezdelclosi* из нижнемеловых отложений Испании.

#### 2.1 Строение тела мухи вида черная львинка:

Тело мухи вытянутое уплощенное, имеет чёрный цвет с металлическим отблеском, от чего и происходит ее название. Оно состоит из трёх основных сегментов: головы, груди и брюшка.

Голова короткая и широкая, затылок вогнутый. На голове располагаются сложные глаза, состоящие из множества фасеток, а также своеобразные усики, длина которых вдвое превышает длину головы. Усики состоят из восьми члеников, последний из них удлинён и утолщён. Они играют важную роль в навигации и обнаружении пищи. (Приложение А)

Грудь мухи содержит шесть черных ног, что характерно для насекомых, голени и лапки белые. Также на груди располагаются две пары дымчатых перепончатых крыльев, очень плотных по структуре и покрытых мембранами, которые в состоянии покоя сложены горизонтально на брюшке внахлест [6].

Брюшко удлиненное, состоит из пяти видимых сегментов и обычно имеет мягкую текстуру.

Взрослая особь имеет размеры от 15 до 20 мм в длину, с размахом крыльев около 10-15 мм, в зависимости от среды обитания, условий содержания и питания личинок.

Черная львинка – мимикрирующая муха, очень близкая по размеру, цвету и внешнему виду к осе вида *Trypoxylon politum*. Имитация этого конкретного вида ос особенно усиливается тем, что у мухи такие же удлиненные усики и бледные задние лапки [7].

#### 2.2 Строение тела личинки черной львинки:

Личинки черной львинки тусклые, белого цвета с золотисто-желтыми волосками, в длину могут достигать до 27 мм. Имеют маленькую узкую желтовато-коричневую голову с ротовым аппаратом. На боковой стороне головы расположены светло-желтые глазные протуберанцы, в то время как усики расположены очень низко. Головная капсула выступающая, но может быть втянута в грудной отдел. Грудь состоит из трех сегментов. Спинные сегменты густоволосистые с несколькими рядами мелких волосков, которые хорошо развиты в передних сегментах II и III. Брюшной отдел состоит из 8 сегментов, образованных пластинками прямоугольной формы, которые

покрыты многочисленными мелкими щетинками. Сегменты с 1 до 7 характеризуются наличием дыхальца с обеих сторон. Восьмой брюшной сегмент – последний, округлой формы [6]. (Приложение Б)

Покровы личинок пропитаны углекислым кальцием и служат хорошей защитой как для личинки, так и для куколки, которая образуется внутри личиночной шкурки. В дополнение к этому черная львинка разработала сложный набор ферментов и антимикробных веществ, которые способны подавлять или убивать большинство бактерий при столкновении с ними, процветая в этой неблагоприятной среде.

### 2.3 Жизненный цикл черной львинки:

В течение своего жизненного цикла муха проходит через полный метаморфоз – пять стадий: яйцо, личинка, предкуколка, куколка и взрослая особь [6]. Этот процесс занимает от нескольких недель до месяцев в зависимости от условий, так как на продолжительность и характеристики каждой стадии могут влиять факторы окружающей среды, такие как температура и влажность. (Приложение В)

Стадии развития мухи:

#### 1. Стадия яйца

Продолжительность: около 4 дней. Яйца небольшие, около 1 мм в длину, вес одного яйца от 0,000019 до 0,000028 грамм. В 3х граммах яйца 100 000 тысяч потенциальных личинок.

#### 2. Личиночная стадия

Продолжительность: примерно 2-3 недели, в зависимости от температуры и наличия пищи. Личинки быстро растут: к концу стадии способны достигать 25-27 мм длины и 6 мм в ширину. Эта стадия характеризуется шестью возрастами (подстадиями), которые личинки проходят по мере роста, во время которых они линяют (сбрасывают свой экзоскелет), чтобы приспособиться к своему увеличивающемуся размеру.

- Первый возраст наступает после вылупления личинки из яиц и длится обычно 24-48 часов. На этом этапе размер составляет всего 1-2 мм в длину.

- Во втором возрасте личинки продолжают расти, достигая длины около 2-4 мм. Они становятся более активными в потреблении органических отходов, а цвет их тела становится непрозрачным. Длится около 48 часов.

- К третьему возрасту, длится примерно 48 часов, личинки вырастают примерно до 4-6 мм в длину, еще больше увеличивая свои размеры и вес.

- В четвертом возрасте личинки достигают длины около 6-9 мм, а масса их тела значительно увеличивается. Продолжительность: обычно 72 часа.

- В пятом возрасте личинки достигают примерно 9-12 мм в длину, сохраняя высокую скорость конверсии, еще больше увеличивая свой размер и вес. Эта стадия длится около 72 часов.

- В шестом и последнем возрасте личинки достигают своего максимального размера – 12-20 мм в длину и могут весить от 0,1-0,2 г. На

этом этапе их интенсивность питания начинает снижаться, поскольку они готовятся к предкуколочной стадии. Длится около 72 часов.

### 3. Стадия предкуколки

Продолжительность: 7-8 дней. После завершения шестого возраста личинки переходят в предкуколочную стадию, во время которой прекращают питание и начинают искать подходящее место для окукливания. Цвет их тела меняется на более темный.

### 4. Стадия куколки

Продолжительность: примерно 1-2 недели. Куколки похожи по размеру на личинок поздних стадий и предкуколок, около 20-27 мм, весят примерно 0,1-0,2 г. На этой стадии личинки претерпевают метаморфоз, превращаясь во взрослых мух внутри куколки.

### 5. Взрослая стадия

Продолжительность: примерно 5-10 дней. Имаго достигают 12-20 мм в длину, обычно весит около 0,05-0,08 г [9].

- Размножение

Для черной львинки характерно наличие черт полового диморфизма. Самки, как правило, по размеру больше самцов и отличаются большим числом белесых волосков на голове, в основном сосредоточенных в нижней части «лица». У самцов эти волоски более разреженные и меньшего количества. (Приложение Г)

Есть еще различие по цвету верхней части брюшка: у самки она немного красноватая, а у самца – бронзовая. Гениталии мух, находящиеся на конце брюшка у самки похожи на вилку с двумя зубцами, мужской же репродуктивный орган больше напоминает клешню. При спаривании, похожая на клешню часть самца захватывает и всасывает заостренную часть самки, затем перемещая немного соков из груди вниз, чтобы произошло оплодотворение [12].

Взрослая самка одновременно откладывает от 200 до 600 и более яиц. Яйца обычно откладываются в расщелинах или рядом с разлагающимися веществами, такими как навоз или компост [7].

- Питание

Имаго имеют слабовыраженный, лижущий ротовой аппарат, предназначенный только для питья, поэтому живут 8-10 дней если им предоставляется вода. Жиры, которые хранились на личиночной стадии, в дальнейшем поддерживают жизнедеятельность взрослой особи [4]. В дикой природе питаются нектаром, являясь эффективными опылителями растений, внося свой вклад в сельское хозяйство.

Личинки питаются при помощи клювообразного отростка и двух подвижных зазубренных органов, напоминающих щеточки, который находится на головной капсуле. Клювовидный отросток выполняет еще и другую функцию: им особь цепляется за неровности, что дает ей возможность перемещаться.

Личинки черной львинки – полифаги, способные к высокоэффективной биоконверсии широкого спектра органических материалов, включая:

- пищевые отходы
- растительные отходы
- животные отходы
- навоз, помет, детрит (когда развиваются в почве).

#### 2.4. Использование человеком

Самые первые современные исследования по выращиванию мух и личинок черной львинки (*Hermetia Illucens*) были проведены тремя исследователями Фурманом, Янгом и Кэттсом в 1959 году. Они отмечали, что эффективность производства личинок черной львинки естественным образом зависит от размера популяции самих мух [5]. Черная львинка относится к числу немногих насекомых, которые способны круглогодично развиваться в лабораторных условиях в чистой культуре, что обуславливает высокий интерес к ее разведению [3].

Личинки и взрослые особи не считаются вредителями. Биомасса личинок содержит полезные органические соединения, имеющие огромную промышленную ценность, так как используются для получения белкового продукта для кормопроизводства. К числу таких элементов относятся: 42,1% – сырой протеин и жиры – 40%; 34,8% – липиды; 7,0% – сырая клетчатка; 1,4% – свободный экстракт азота. В составе жирных кислот 50% приходится на лауриновую кислоту, 5,0% – кальций, 1,5% – фосфор и железо [6]. Личинка является рекорсменом по содержанию меланина, пигмента, оказывающего противоопухолевое, иммуномодулирующее и противомикробное воздействие. Меланин у львинки находится в устойчивом комплексе с хитином, усиливающим его биологическую эффективность [10].

Кроме протеина из личинок мухи получают другие полезные продукты: жир и хитин, которые можно применять в медицине и косметике. Хитин представляет собой волокнистое вещество, которое можно преобразовать в хитозан, обладающий биоразлагаемыми и антимикробными свойствами, чтобы дальше использовать в таких областях, как биоремедиация, производство аккумуляторов и другое.

Собранные куколки и предкуколки поедаются домашней птицей, рыбой, свиньями, ящерицами, лягушками, черепаками и даже некоторыми млекопитающими (котами и собаками), что делает львинку важным звеном в пищевой цепи. Черная львинка является одним из немногих видов насекомых, одобренных для использования в качестве корма в аквакультуре [11]. Личинки могут быть переработаны в богатую белком муку и масло, для дальнейшего использования в качестве традиционного кормового ингредиента.

Личинки черной львинки играют важную роль в разложении органического материала, который может накапливаться в природной среде или антропогенной. Они активно перерабатывают органические субстраты,

ускоряя процесс биологического разложения и возвращая питательные вещества обратно в почву, поэтому очень востребованы для компостирования бытовых пищевых и сельскохозяйственных отходов [8]. Зоогумус (фрасс), который является продуктом жизнедеятельности черной львинки, возможно использовать как органическое удобрение или для улучшения почвы [2]. Он богат питательными веществами, такими как азот, фосфор и калий, а также необходимыми микроэлементами, поэтому является еще и основой для приготовления органических средств защиты растений и стимуляторов роста. Личинок черной львинки также применяют для стабилизации проблемных отходов, включая навоз свиней и птицы, а также органические порции твердых биологических составляющих и осадки сточных вод. Это позволяет уменьшить объемы отходов и сократить выбросы парниковых газов, что делает данный вид важным элементом в борьбе с изменением климата и способствует поддержанию природного баланса в экосистемах [5]. Максимальная скорость биоконверсии не менее 0.9 кг/день/м<sup>2</sup>, удельная производительность не менее 25 мг субстрата/личинка/сутки при плотности посадки 5 особей на см<sup>2</sup> [6].

### 2.5 Распространение и среда обитания

Муха вида черная львинка имеет широкое географическое распространение и встречается в различных регионах мира. Родиной является тропические области Южной Америки [11]. Её естественный ареал распространения охватывает тёплые и умеренные климатические зоны:

- тропические и субтропические регионы, где климат тёплый и влажный. Может быть найдена в джунглях, саваннах, лесных массивах и других экосистемах тропического пояса;

- умеренные широты, где климат менее жаркий, но достаточно тёплый для её выживания. Может обитать в лесах, полях, сельскохозяйственных угодьях, а также в городах и поселениях;

- антропогенные среды, такие как свалки, мусорные контейнеры, компостные кучи и другие места, где накапливаются органические отходы. Способность к быстрому размножению и переработке органического материала делает её частым обитателем таких мест.

В целом, насекомое адаптировано к разнообразным условиям среды обитания и может встречаться в различных экосистемах и биомах. Однако в нашем климате черную львинку можно выращивать только на специальных «фермах» в производственных масштабах или у себя дома.

## РАЗДЕЛ 3 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 3.1 Анкетирование

Для выявления базовых знаний о мухах, в частности о виде черная львинка, нами было проведено анкетирование среди учеников 6-7 классов.

Результаты анкетирования показали, что большинство опрошенных (76%) считают, что мухи абсолютно не важны не только человеку, но и в природе, так как являются переносчиками болезнетворных бактерий. И только 24% уверены в том, что муха – неотъемлемый элемент биосферы, который занимает особое место в природной цепи питания. Значительное большинство опрошенных (93%) хорошо знают, чем питаются мухи, но никогда не слышали о львинке (89%) или их знания достаточно скудны (11%), при этом многие (81%) хотели бы получить исчерпывающую информацию о роли черной львинки в экосистеме. К сожалению, никто из участников анкетирования не занимался разведением мух, потому что не считали это интересным и полезным для себя и общества. Мнения по поводу предложения заняться разведением полезных мух разделились, 60% категорично отказались, однако 40% заинтересовались данной темой, в связи с возможностью попробовать себя в малом бизнесе. (Приложение Д)

Чтобы доказать нашу гипотезу, выявить и раскрыть правильные условия содержания и питания черной львинки, были приобретены личинки этого вида, изготовлен инсектарий и проведены несколько исследований.

### 3.2 Исследование «Разведение мухи вида черная львинка (*Hermetia Illucens*) в домашних условиях с целью получения потомства и запуска полного процесса производства»

Эксперимент №1 Мы приобрели личинку черной львинки в количестве 500 г и изготовили инсектарий, представляющий собой помещение (3мШ. х 4мВ.) изготовленное из фанеры. Пространство представляет собой территорию, на которой недавно вылупившаяся из яйца личинка может развиваться с до своей взрослой стадии. Для обеспечения потребности в свете часть стен была сделана из прозрачного пластика и установлены 10 светодиодных ламп мощностью 25Вт, 4000К (свет таких ламп более приближен к натуральному естественному свету). Ящиками для личинки служили пластиковые контейнеры: 5 штук размером 60смД. х 40смШ. х 10смВ. и 9 штук размером 40смД. х 30смШ. х 20смВ. Для содержания взрослых особей нами были использованы 5 сеток-клеток (1,2мШ. х 0,5мГ. х 1,1мВ.). В течение всего года в помещении поддерживалась температура на уровне 26–30 °С. Длина светового дня составляла 12-14 часов благодаря светодиодным лампами, установленным по 2 штуки над сетками и двум дополнительным боковым светильникам. (Приложение Е)

Личинки черной львинки были размещены в заранее подготовленный субстрат, состоящий из: пищевых отходов – 60%, пшеничных отрубей –20%, а также куриного и перепелиного помета –20%. Количество отрубей может

варьироваться в зависимости от влажности пищевых отходов, так как кормовая масса должна иметь консистенцию густой сметаны или пластилина. Оптимальная влажность субстрата должна составлять 75-80%. В излишне влажном субстрате (более 80%) личинкам сложнее передвигаться, а значит они будут снижать свою активность, плохо питаться и расти, потому что не получают достаточное количество кислорода, при этом они стремятся покинуть излишне увлажненное место. В сухом же грунте особи не смогут всасывать корм, что тоже повлияет на их дальнейшее развитие. Количество личинок, весом 0,03-0,04 г, на 1 ящик у нас составило: около 1600 особей на большие и 900 – на контейнеры поменьше.

Наши личинки достигли шестого возраста личиночной стадии примерно через 10 дней. Их длина составляла 21-25 мм, ширина – около 6 мм, вес – 0,29-0,32 г, были и рекордсмены, достигавшие 0,44 и 0,45 г и длины 27 мм. (Приложение Ж)

На этом этапе особи становятся менее активными, линяют в последний раз, приобретая темно-коричневую, почти черную окраску взамен своего тускло-белого цвета. Их покров становится плотным и жестким, перестают питаться и опустошают свой пищеварительный тракт. Затем предкуколки мигрируют в поисках сухого и защищенного места, подходящего для окукливания. (Приложение З)

Для сбора предкуколки нами был использован улавливающий желоб из канализационной пластиковой трубы диаметром 110 мм. Данный желоб соединяется с контейнером, в котором находятся личинки с предкуколками. В контейнер мы поместили корм-приманку. Предкуколки старались от нее уйти подальше, устремляясь в желоб, в то время как остальные личинки ползли целенаправленно к еде. Собрав предкуколок мы поместили их в пластиковые контейнеры (23смД. х 16смШ. х 12смВ) с сухим субстратом, в толщу которого они закапывались. (Приложение И)

Предкуколки содержались при температуре 18-20 °С, при которой они замирали, чтобы окуклиться. Если температура будет выше, а субстрат влажным, особи будут продолжать ползать в поисках прохладного сухого места, не окукливаясь. Вес предкуколок составлял 0,31-0,32 г, длина 21-25мм. В это время можно наблюдать как куколка поднимает и заворачивает последний брюшной сегмент, так называемый «хвостик». (Приложение К)

Переход всех особей к следующей стадии куколки произошел примерно в течение 5-7 дней. Методом отсева с помощью сита куколки были отделены от субстрата. Они были темно-коричневого и черного цветов, имели вытянутую форму тела. В это время они неподвижны и не потребляют никакой пищи. Вес одной куколки составил от 0,175 до 0,26 г. В качестве мест для содержания куколок использовались прямоугольные лотки (25смД. х 15смШ. х 5смВ.) Далее все емкости помещались в специальную камеру, так называемый «черный куб», – каркас из труб, обтянутый темной непрозрачной тканью (50смД. х 50смШ. х 150смВ), чтобы особь могла

созревать до взрослой стадии в темном и сухом месте, а затем вылететь через специальный рукав в клетку. (Приложение Л)

Когда насекомое в стадии имаго собирается выходить из стадии куколки, происходит вскрытие пупария (ложнококона). Оно проходит точно по границе между сегментами оболочки личинки (экзувия). Далее от экзувия отделяется верхняя часть («крышечка») и происходит вылет взрослой особи черной львинки. У нас это произошло примерно через неделю. Вес имаго составлял 0,06-0,08 г, длина – 18-20 мм. (Приложение М)

В каждой сетке-клетке у нас находилось примерно 2500–3000 мух. Там же была установлена поилка для имаго, которая представляет собой вискозную губку или хлопчатобумажное полотенце, пропитанные водой, так как ее наличие существенно увеличивает продолжительность жизни насекомого. В нашем случае она составила в среднем от 7 до 10 дней, так как самцы погибали вскорости после спаривания, самки – после откладки яиц.

Было замечено, что температурный режим содержания куколок оказывает прямое влияние на пол имаго: при 18-20 °С выходит больше самок, а при 30-31 °С – самцов. Поэтому оптимальная температура воздуха для выведения равного количества самцов и самок должна быть около 26-27 °С, влажность воздуха – до 70%.

Самцы и самки начали спариваться уже через 2 суток после выхода из куколки. Начало «брачного танца» происходит у них в полете: самец хватается за самку. Затем они спариваются, находясь в неподвижном состоянии на какой-нибудь поверхности. После спаривания самки начинали искать подходящее место для откладывания яиц. Самки черной львинки могут спариваться с несколькими самцами, если им хватает жизненной энергии и запасенных питательных веществ. Кладки яиц тоже могут быть отложены несколько раз, однако первая кладка всегда будет отличаться большим количеством. Виду *Hermetia illucens* нужны так называемые аттрактанты, привлекающие как субстрат для откладки яиц. Поэтому для получения кладок черной львинки в инсектарии была подготовлена емкость со смесью из овощей, фруктов и мяса с резким запахом гниения, расположенная в непосредственной близости от специальных пластин для сбора кладок яиц. Мы использовали пластины из дерева и пластика размером 25см x 5см x 0,8см в количестве 5 или 6 штук установленных одна на одну таким образом, чтобы между ними имелись щели размером около 3 мм, позволяющие самкам откладывать яйца. Такие «ловушки» для яиц вместе с аттрактантами были подвешены на крючки в сетках непосредственно под лампами. (Приложение Н)

В это время важно постоянно следить, чтобы в инсектарии не собиралось много погибших мух, периодически их убирая, иначе самки могут начать откладывать яйца именно в этих мух, что затрудняет последующее инкубирование.

Для размножения и кладки яиц оптимальное значение температуры должно поддерживаться на уровне 28-30 °С с относительной влажностью окружающей среды около 60-70%. При таких условиях мы можем наблюдать

выводимость яиц более 80%. Обычно самки откладывают яйца группами. На количество отложенных яиц могут влиять также общее состояние здоровья мухи и наличие подходящих мест для яйцекладки рядом с подходящими органическими отходами, которыми могут питаться личинки.

Через 3 дня с одной сетки мы получили первые кладки яиц массой 9,79г и 10,6 г, они имели беловатый и кремово-желтый цвет. Работать с яйцами черной львинки желательно в перчатках, чтобы исключить попадание яиц в ранки или под ногти, так как личинки могут вызвать герпетиоз. Случаи достаточно редки, однако следует соблюдать элементарную осторожность.

Собранные кладки помещались на мелкоячеистую сетку над заранее подготовленным питательным субстратом в пластиковой емкости. Субстрат представлял собой пищевые отходы в таком соотношении: пищевые отходы (молочные продукты и мясо) – 60%, растительные отходы (фруктово-овощная смесь) – 30% и пшеничные отруби, разведенные в воде – 10%. Такое сбалансированное питание необходимо для быстрого роста и развития личинок. (Приложение П)

Яйца черной львинки инкубировались при температуре 28-30 °С и влажности воздуха 70-80%, поэтому продолжительность развития яиц составила четверо суток. Вылупились белые полупрозрачные личинки и сразу ушли в субстрат, оставив за собой видимые ходы. На 6-7 день после вылупления субстрат с личинками помещали в контейнеры, где особи уже перерабатывали практически любые органические отходы, адаптируясь к рациону с различным содержанием питательных веществ. В среднем развитие личинок из яйца до стадии предкуколки продолжается 10-18 дней.

Эксперимент показывает, что в процессе выращивания черной львинки на протяжении всего жизненного цикла очень важно следить за температурой и влажностью воздуха, хорошей аэрацией, температурой в контейнерах, составом и количеством отходов, влажностью субстрата, так как эти факторы влияют на выживаемость и набор массы личинками. Более высокие температуры могут ускорить развитие, в то время как более низкие температуры, избыточная влажность или недостаток пищи могут замедлить рост или даже привести к гибели, особенно на личиночной стадии. Оптимальная температура для развития особей варьируется от 26 до 30 °С, относительная влажность должна составлять 60-80%, влажность субстрата – 75-80%, продолжительность светового дня – 12-14 часов.

### 3.3 Исследование «Социальное поведение мухи вида черная львинка»

В течение всего времени нашего исследования мы наблюдали за поведением мухи вида черная львинка и пришли к таким выводам, что они взаимодействуют между собой на разных стадиях их жизненного цикла.

Взаимодействие между особями начинается с процесса размножения, когда самцы и самки собираются в специфических местах для спаривания. Самцы часто соревнуются за возможность спаривания с самками, собираясь вокруг наиболее ярко освещенного места (у нас это лампы или стенка

инсектария, на которую попадает больше всего солнечного света). Источник света им нужен, чтобы разогреть свое тело перед «брачным ритуалом», а также увидеть сигнал от самки, что она готова к размножению (вытягивание гениталий). Самки стараются откладывать яйца в подходящих местах, где личинки смогут найти достаточно пищи для своего развития. В этом процессе они могут конкурировать за доступные ресурсы или выбирать оптимальные условия для откладывания яиц из имеющихся. Более быстрые и сильные самки занимали висящие ловушки, считающиеся самым удобным и безопасным местом, менее резвым особям приходилось откладывать яйца в мертвых собратьев или даже в сетку клетки.

Личинки черной львинки могут конкурировать за доступ к пище и пространству для развития в условиях ограниченности пищевых ресурсов. Так как более сильные и адаптированные особи имеют преимущество перед слабыми, это приводит к агрессивному поведению и борьбе за выживание. Однако в случае опасности или охлаждения личинки стараются сбиваться в большие группы. Взрослые особи могут проявлять агрегационное поведение, собираясь в большие группы для защиты от хищников, для облегчения поиска воды или подходящих условий для размножения. (Приложение Р)

Таким образом, взаимодействие между особями мухи вида черная львинка может проявляться как в форме соревнования и конкуренции, так и в форме сотрудничества и социального сближения на различных стадиях их жизненного цикла.

#### 3.4 Исследование «Какие органические продукты предпочитает черная львинка?»

Эксперимент №2. За все время наблюдения за личинками черной львинки, мы предлагали им различную пищу, чтобы узнать, что для них наиболее привлекательно. Мы поочередно выкладывали в ящики с личинками различные продукты и наблюдали за их реакцией. Сначала мы решили не измельчать еду непосредственно перед подачей, однако впоследствии поняли, что это неверно. Измельчение продуктов способствует лучшему усвоению пищи, а также быстрому росту черной львинки. Если личинки сами дробят еду, то тратят на это много энергии, а значит, на собственное развитие «сил» у них уже не остается.

В ходе эксперимента было выяснено, что личинки черной львинки очень активно и с большим удовольствием поглощали любой продукт, оказавшийся в их контейнере. Еще было замечено, что они не могут переработать целлюлозу (кору и ветки деревьев), кожуру овощей и фруктов, кости животных, так как все это оставалось в контейнерах. А листья корнеплодов или ботву, а также стебли злаковых культур необходимо давать измельченными в пюре или предварительно сгнившими. (Приложение С)

Также мы замеряли температуру в ящиках с личинками во время того, как они поглощали пищу. Было замечено, что в тех контейнерах, где еду только положили, то есть личинки были еще голодными, температура была

всего 30-34 °С, там же, где уже всюду шла конверсия корма, температура доходила до отметки 52 °С. Используя эту особенность есть возможность определять голодные личинки или нет, достаточно просто дотронуться рукой до субстрата: холодный – пора кормить, теплый, даже горячий – у них еще хватает пищи. Еще можно отметить большое скопление особей на поверхности отходов, когда они их измельчают, если личинок не видно сверху субстрата, значит они ушли на дно ящика, следовательно нужно срочно кормить их. Также мы выяснили, что чем выше плотность личинок в ящиках, тем лучше популяция поддерживает постоянную повышенную температуру, понижая тем самым потребность в энергии во время конверсии, а значит больше накапливая её в форме собственной массы. Пониженная плотность личинок способствует повышению смертности особей из-за недостатка питательных веществ, связанных с расходом энергии на поддержание постоянной температуры в субстрате.

Тем не менее, можно с уверенностью сказать, что данный вид одинаково положительно относится к пищевым и растительным отходам, причем как свежим, так и испорченным, а также помету домашних птиц (кур и перепелов), а значит в еде черная львинка абсолютно неприхотлива. Главное, чтобы субстрат был питательным и разнообразным, без плесени и пестицидов, обязательно содержащий белок и легкодоступные углеводы, чтобы обеспечить личинкам хороший и быстрый рост.

### 3.5 Исследование «Эффективность использования личинок черной львинки в рационе кур несушек и перепелов»

Личинки черной львинки являются хорошим источником не только кальция и белка. Их жир содержит большое количество лауриновой кислоты, известной своими бактерицидными свойствами, антимикробные пептиды, а также монолаурин, обладающий антибактериальной, антивирусной и противогрибковой активностями.

Эксперимент №3. Чтобы восполнить необходимый минимум белка и кальция для здорового роста и развития птицы, укрепить иммунитет, улучшить оперение и снизить интенсивность расклева, мы в течение года постоянно добавляли личинки черной львинки в рацион наших кур-несушек и перепелов. Для проведения опыта в основном использовали личинку в стадии перехода предкукольной фазы. Личинки применялись в живом виде, как отдельное «блюдо», и сушеном, в составе специальных смесей. Мы использовали также кормовой белок, полученный путем переработки насекомых, представляющий собой муку (шрот) из взрослых особей и их личинок в качестве компонента комбикорма.

По итогу данного эксперимента мы выявили, что использование черной львинки в качестве основной пищи и кормовой добавки существенно увеличило яйценоскость наших кур несушек и перепелов. Даже во время сезонной линьки, осенью и весной, изменений в количестве яиц не наблюдалось, а сами птицы имели здоровый вид. Было замечено улучшение

вкусовых качеств продукта. При этом яйца стали больше по размеру, соответственно отмечается увеличение массы желтка и белка, желток приобрел более яркий цвет, а скорлупа стала еще прочнее. (Приложение Т)

Мы считаем, что данная добавка не просто полезна, а особенно необходима в периоды зимнего и межсезонного кормления домашней птицы, из-за наибольшего дефицита витаминов и питательных веществ в это время. Биологически активные компоненты личинок составляют мощный комплекс, оздоравливающий и укрепляющий организм домашней птицы, которая его потребляет, повышают иммунный статус и улучшают качество получаемой продукции, в нашем случае, повышение яйценоскости.

3.6 Исследование «Использование личинок черной львинки для оценки прироста биомассы африканских клариевых сомов в системе замкнутого водоснабжения, а также для кормления декоративных карасей-комет»

Эксперимент №4. Из научных источников нам известно, что личинки черной львинки содержат 35-40% белка, который характеризуется сбалансированным полным набором аминокислот, что практически полностью соответствует составу аминокислот рыбной муки. Исходя из данной информации мы решили провести эксперимент с клариевыми сомами, чтобы выяснить можно ли полностью заменить специальный комбикорм, имеющий в своем составе рыбную муку, личинками черной львинки, выращенными в домашних условиях. Этот вид сомов был выбран объектом исследования из-за высокого темпа роста, неприхотливости, его относительной всеядности, а также высокой плотности посадки в водоеме (он значительно меньше, чем другие рыбы подвержен популяционному стрессу).

Для содержания рыб были выбраны каркасные бассейны цилиндрической формы диаметром 1,4 м и объемом 1 куб. с постоянной проточностью и аэрацией. Также использовали дополнительный нагрев воды с помощью терморегуляторов, чтобы температура в бассейнах с сомами поддерживалась на уровне 25-28 °С.

В нашем эксперименте было использовано два вида корма соответственно для двух групп сомом. Первой группе давали традиционный корм, а во второй привычная еда была полностью заменена на личинки черной львинки во второй стадии в размерах от 12 до 18 мм, предварительно промытых с помощью пластикового мелкочаеистого сита. Для достижения максимально хорошего качества личинки как кормового продукта мы содержали на растительных и пищевых отходах с добавлением отрубей.

Опыт показал, что наличие личинки, как самостоятельного корма способствовало наибольшему приросту массы сомов второй группы и была на 20% выше, чем у сомов, которым давали комбикорм. Различия стали заметными уже в конце второго месяца с начала эксперимента. По окончании четвертого месяца разница была уже колоссальная. Сомы первой группы едва достигали 1 кг, тогда как во второй группе рыбы весили от 1,5 кг до 2 кг. Были и рекордсмены, достигавшие 2,5-2,8 кг. Также было замечено

улучшение микрофлоры в бассейне со второй группой, что заключалось в большей прозрачности воды и отсутствии активного размножения одноклеточных водорослей (то есть цветение воды). (Приложение У)

Эксперимент №5. Был проведен также аналогичный опыт с декоративными карасями-кометами, которые содержатся в нашем садовом пруду. В течение 6 месяцев мы стабильно кормили наших питомцев живыми и высушенными личинками и вели наблюдение за их состоянием.

По истечении данного периода были замечены только положительные результаты. Взрослые караси имели здоровый вид, более яркий окрас, были очень энергичные и активно размножались. Также фиксировалась высокая выживаемость потомства. Мальки быстро росли и хорошо прибавляли в весе. Микрофлора нашего водоема тоже заметно улучшилась, что связано с тем, что тело черной львинки покрыто слоем жировых выделений, которые, как щит, защищают ее от патогенных бактерий, а значит и препятствуют их возникновению в воде.

Таким образом, выбор личинок черной львинки в качестве основного корма для рыб, в нашем случае для клариевых сомов и декоративных карасей, дает хороший результат по приросту биомассы животных, улучшает качество воды, в которой они содержатся, а главное - позволяет сэкономить на сырье, используемом для создания комбикорма, так как Вы сами будете выращивать корм. Протеин личинок мух можно производить в практически неограниченном количестве, так как в качестве субстрата для выращивания используются различные биологические отходы, в избытке образующиеся при сельскохозяйственном производстве различных видов продукции, а также в пищевой промышленности.

Мы считаем, что можно самостоятельно влиять на содержание питательных веществ в личинках. Кормление особей рыбными и мясными отходами приведет к более высокому содержанию белка в личинках, а если необходимо увеличить количество жиров, то нужно предоставить им молочные продукты или растительные масла. Черная львинка – идеальная замена рыбной муке и другим кормам, так как содержит большую дозу протеина и все необходимые элементы для роста и здоровья рыбы.

### 3.7 Исследование «Степень эффективность личинок черной львинки в биоконверсии органических отходов»

Способ переработки отходов личинками черной львинки не похож на любой другой метод утилизации. Как мы уже знаем, для хорошей и быстрой конверсии органические остатки желательно подвергать первичному механическому измельчению, чтобы личинки в процессе поедания и переваривания не тратили много энергии на дробление продуктов на мелкие частицы. Измельченный субстрат подавался нашим личинкам в количестве по 4 кг на 1 большой контейнер и 2,2 кг на 1 поменьше в сутки. Субстрат мы давали частями, чтобы оптимально контролировать рост личинок и переработку отходов. В среднем в сутки для прокорма требовалось около

40 кг органического материала: 20 кг на большие ящики и 19,8 кг на ящик поменьше. Иногда этого не хватало и приходилось добавлять порции. Личинки являются очень прожорливыми потребителями отходов, употребляя в день количество еды почти в два раза больше собственной массы тела.

Биоконверсией считается процент переработки личинками черной львинки субстрата до зоогуруса. Наивысший процент переработки субстрата наблюдался у пищевых и растительных остатков: после извлечения из массы органики всех необходимых питательных веществ объем уменьшался примерно на 80-90%. При утилизации помета кур масса отходов уменьшалась на 50%, а помета перепелов – на 60-70%, снижая концентрацию азота, загрязняющего почву. Кроме того, быстрое поедание личинками пищевых и сельскохозяйственных отходов позволяет исключить появление неприятных запахов при разложении органики, а также предотвратить образование газа метана, отравляющего атмосферу. (Приложение Ф)

Экологически чистый зоогурус мы закладывали в почву, разводили для полива сада и огорода, использовали для выращивания рассады огурцов, томатов и кабачков, для подкормки различных растений (перцев, капусты, ростков пшеницы, петунии, портулака) и даже комнатных цветов (декоративной пальмы, бегонии, кислицы треугольной). Такое биоудобрение питает почву необходимыми макро- и микроэлементами, придает водоудерживающую способность, повышает рыхлость, нормализует уровень рН и улучшает структуру грунта, обеспечивая аэрацию, стимулирует прорастание семян и развитие саженцев, при этом содержит полезные сапрофитные бактерии и грибки, которые помогают бороться с болезнями и вредителями растений благодаря выделяемым ими хитиноразлагающим ферментам.

Следует учитывать, что на конверсию черной львинки большое влияние оказывает оптимальный температурный режим от 26 до 30° С. В слишком жарких условиях личинки будут отползать от еды в поисках более прохладного места, а излишний холод замедлит их обменные процессы: меньше едят и медленнее растут. Также необходимо соблюдать умеренную освещенность ящиков с личинками, чтобы источник пищи не подвергался воздействию света, иначе особи будут продвигаться глубже в слой субстрата, чтобы этого избежать.

Данное исследование показало, что черная львинка очень эффективна в биоконверсии. Личинки преобразовывают органические отходы в необходимую и полезную биомассу, снижая содержание вредных бактерий в этих отходах, при этом уменьшая их вес и объем, одновременно помогают свести к минимуму воздействие утилизации отходов на окружающую среду.

## ВЫВОДЫ

Мы доказали, что целенаправленное разведение мухи вида черная львинка (*Hermetia illucens*) в домашних условиях возможно, так как этот вид не требователен к внешним факторам. Опытным путем мы выяснили, что личинки полезны в качестве альтернативного источника белка и жира в кормовых целях для кур и перепелов для улучшения их яйценоскости, а также рыб (сомов и декоративных карасей) для ускорения роста и набора массы. Так как при высоком содержании протеина и кальция они имеют низкое количество калорий, это делает данный пищевой продукт более диетическим, чем мучные черви и зофобы. Главное преимущество личинок черной львинки заключается в высокой скорости роста и набора биомассы.

Также насекомое прекрасно подходит для компостирования бытовых пищевых и сельскохозяйственных отходов, ускоряя процесс биологического разложения и образуя высокоценное удобрение путём возвращения в почву питательных веществ. За счет способности к экологически безопасной биоутилизации черную львинку можно использовать для улучшения состояния окружающей среды.

Следует подчеркнуть, что оба процесса, биоконверсия отходов и применение личинок в качестве корма для сельскохозяйственных животных и в аквакультуре, обусловлены наличием двойной пользы и полностью дополняют друг друга, что позволяет использовать черную львинку в биотехнологических целях.

Важным является и тот факт, что черная львинка не может быть переносчиком паразитов и инфекций, представляющих угрозу для человека. Так как мухи не имеют функционирующего ротового аппарата, следовательно, насекомое не кусается и не жалит.

Мы считаем, что наша гипотеза подтвердилась, муха вида черная львинка действительно эффективно перерабатывает органические отходы и растительные остатки, а биопродукт из личинок и предкулолок стал ценным и незаменимым липидно-белковым компонентом корма для домашних животных.

Таким образом, разведение черной львинки в домашних условиях можно назвать «циклической биорециркуляцией». Этот термин отражает замкнутую цепь, в которой при одновременном выращивании личинок, рыбы и домашней птицы вы можете утилизировать отходы жизнедеятельности этой птицы (помет) и неиспользуемые части рыбы, отдавая на корм личинкам, с последующим скармливанием этих личинок тем же животным, от которых исходят отходы; компостировать остатки растениеводства и пищевые остатки посредством питания и развития личинки, получая на выходе питательный зоогумус для удобрения почвы в вашем дворе.

Такая система минимизирует потери ресурсов, эффективно замыкая кормовой цикл и снижая зависимость от внешних источников корма, способствует повышению устойчивости производства, снижению количества отходов и улучшению экологических характеристик вашего хозяйства.

В дальнейшем нам бы хотелось продолжить изучение данного вопроса, потому как муха вида черная львинка – это уникальное насекомое с огромным потенциалом для использования в экологических и сельскохозяйственных целях. В будущем её роль будет только расти, способствуя решению проблем экологического характера и обеспечению продовольственной безопасности.

Мы планируем заняться исследованием скорости потребления личинками субстратов из смеси различных пищевых отходов, более подробно изучить влияние состава субстрата на темп развития и набора личинками биомассы, а также улучшить качественный состав питательных веществ в личинках, подобрав оптимальный набор продуктов для этой цели.

## СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ

**Агрегация особей** — это тенденция к сближению, концентрации с образованием определённых социальных структур. Она способствует выживанию популяции, но усиливает антагонизм между особями (например, конкуренция).

**Апикальным (верхушечный)** — самый последний сегмент усика насекомого, расположенный на конце.

**Аттрактанты** (от лат. *attraho* — притягивать, привлекать) — природные или синтетические вещества, а также предметы, звуки, излучения и т. п., привлекающие животных и некоторые другие организмы.

**Аэрация** — это естественное проветривание, насыщение воздухом, кислородом (организованный естественный воздухообмен).

**Базальный** (идуший от основания) — сегмент усика насекомого, который отходит от головы и непосредственно с нею соединен.

**Биоконверсия (биотрансформация)** — это раздел биотехнологии, наука по изучению превращения одних органических соединений биологического сырья в другие под действием ферментных систем растительного, микробного и животного происхождения.

**Биоремедиация** — комплекс методов очистки от загрязнений вод, грунтов и атмосферы с использованием метаболического потенциала биологических объектов — растений, грибов, насекомых, червей и других организмов.

**Биотехнология** — дисциплина, изучающая возможности использования живых организмов, их систем или продуктов их жизнедеятельности для решения технологических задач.

**Герметиоз** — паразитарное заболевание из группы энтомозов, вызываемых личинками мух *Hermetia illucens*, попавших в ткани и полости организма человека и животных.

**Детрит** — это мёртвое органическое вещество, временно исключённое из биологического круговорота элементов питания. Состоит из останков различных организмов и продуктов их выделения вместе с содержащимися в них бактериями.

**Детритофаги** (от лат. *detritus* — истертый и греч. *phagos* — пожирающий) — разнообразные организмы, питающиеся разлагающимся органическим веществом — детритом. Являются важным звеном в круговороте веществ в живой природе, в экосистемах выполняют роль консументов.

**Зоогумус (биогу́мус, ф́расс)** — вид органических удобрений, богатый питательными веществами. Получают его при переработке органогенных отходов личинками детритофагов (их твердые остаточные выделения).

**Зофобас** — личинки жуков вида *Zophobas morio* из семейства чернотелки.

**Имаго** — взрослая стадия индивидуального развития насекомых и некоторых других членистоногих животных со сложным жизненным циклом.

**Метаморфоз насекомых** — это глубокая перестройка внутреннего и внешнего строения организма на протяжении его жизни.

**Микрофлора** — совокупность разных типов микроорганизмов, населяющих какую-либо среду обитания. (Микрофлора водоёмов, воздуха, горных пород, почвы и др.)

**Мимикрия** — это подражательное сходство некоторых животных, но главным образом насекомых, с другими видами, обеспечивающее защиту от врагов.

**Полифаги** — это животные, которые используют разнообразную животную и растительную пищу (полифагия).

**Пупарий (ложнокóкон)** — у круглошовных мух — личинная шкурка (экзувий) взрослой личинки, заключающая в себе куколку. Помимо круглошовных двукрылых, пупарий характерен также семейства львинок.

**Скапус (рукоятка)** — первая часть или основной членик усика у насекомого, с помощью которого происходит заглубление антенны в усиковой ямке на лбу между глаз. К скапусу прикрепляются двигательные мышцы, благодаря чему усики шевелятся.

**Циклическая биорециркуляция** — это процесс переработки органических отходов с помощью биологических агентов, которые затем используются в качестве кормового ресурса для животных, производящих эти отходы.

**Экзоскелет** — это скелет, который находится снаружи некоторых беспозвоночных животных в виде закаленного кожного покрова, который поддерживает форму тела и защищает внутренние органы, а также является механическим барьером, служащим первым этапом защиты от инфекции.

**Экзúвий** — оставшийся после линьки экзоскелет и связанных с ним структур, которые остаются после линьки экдизозоидов (включая насекомых, ракообразных и паукообразных).

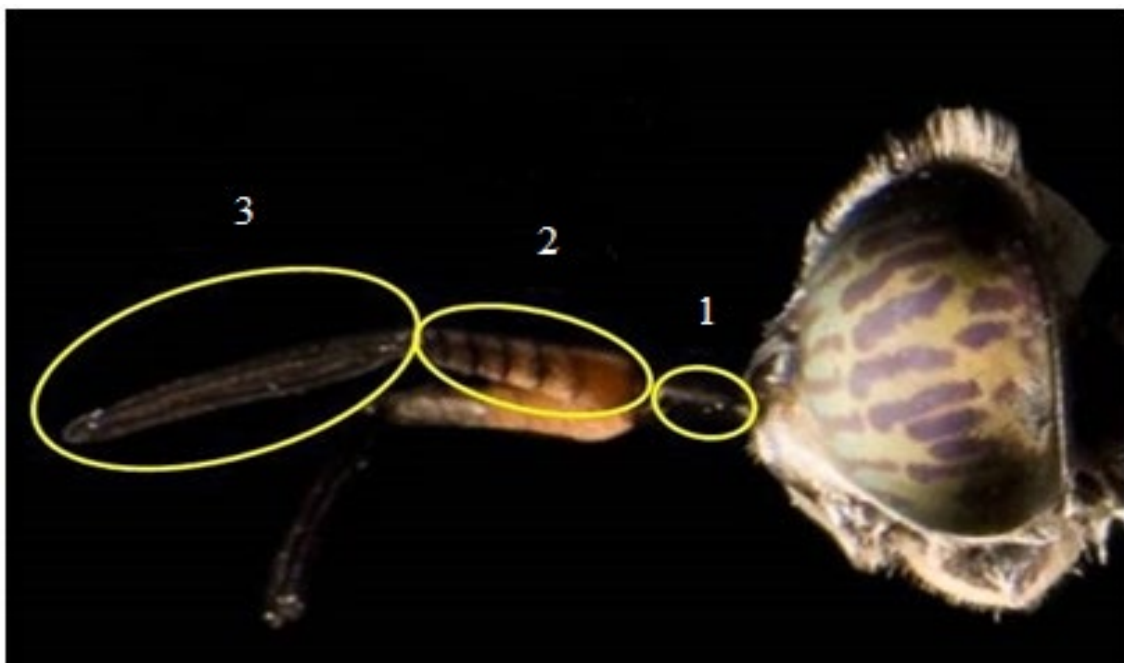
**Энтомоиндустрия** — сектор агропромышленного комплекса по выращиванию насекомых для различных целей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бастраков А. И., Загоринский А. А., Козлова А. А., Ушакова Н. А. Высокоэффективная биоконверсия органических субстратов личинками Черной львинки (*Hermetia illucens*) // Биотехнология и качество жизни: Международная научно-практическая конференция. Москва, 18–20 марта 2014 г. М., 2014. С. 418–419.
2. Марцев, А. А. Перспективы разведения мухи *Hermetia illucens* в России для утилизации органических отходов сельскохозяйственных предприятий / А. А. Марцев, А. А. Подолец. – Текст: непосредственный // Владимирский земледелец, 2017 – № 4 (82). – С. 36–38
3. Ушакова, Н. А. Перспективы использования насекомых в кормлении сельскохозяйственных животных / Н.А. Ушакова, Р.В. Некрасов // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы VIII Московского международного конгресса, Москва, 17 – 20 марта 2015 г. / РХТУ им. Д. И. Менделеева. ЗАО «Экспо-биохим-технологии». – М., 2015. – С. 147–149.
4. Цой М.В. Культивирование черной львинки *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae) / М.В. Цой // Научно-агрономический журнал. – 2019. – № 3. С. 46 – 48.
5. <https://agrobook.ru>/Переработка пищевых и сельскохозяйственных отходов личинками черной львинки. Получение кормового белка, удобрений и хитина
6. <https://ecopri.ru/journal/> Антонов А. М., Lutovinovas Е., Иванов Г. А., Пастухова Н. О. Адаптация и перспективы разведения мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе // Принципы экологии. 2017. № 3. С. 4–19.
7. [https://en.wikipedia.org/wiki/Hermetia\\_illucens](https://en.wikipedia.org/wiki/Hermetia_illucens)
8. <https://feedipedia.org/node/16388> Личинки черной солдатской мухи (*Hermetia illucens*)
9. <https://fishmuss.ru/white-book-rus/> Черная львинка «White book»
10. <https://hermetia.ru/chernaya-lvinka-ratsion-akvakultury>
11. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Чёрная\\_львинка](https://ru.wikipedia.org/wiki/Чёрная_львинка)
12. <https://zenyrgarden.com/tag/black-soldier-fly/> Все о *Hermetia illucens*

ПРИЛОЖЕНИЯ  
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Строение усиков черной львинки



1 – скапус (основание усика)

2 – базальная часть флагеллума (часть ближайшая к телу)

3 – апикальная часть флагеллума (оконечная часть усика)

Крыло черной львинки с

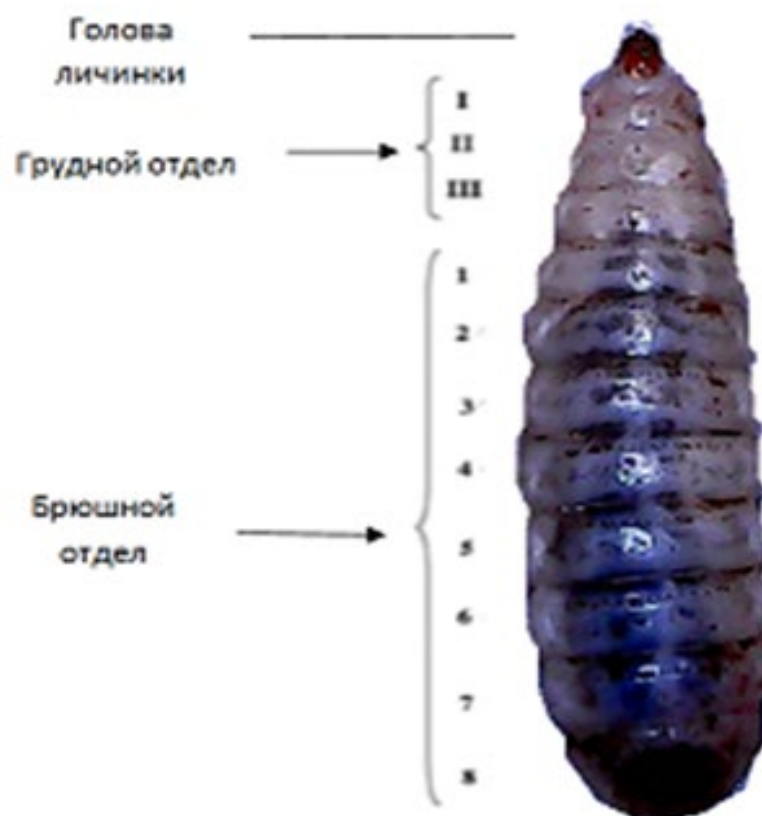


## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

## Строение тела мухи и личинки черной львинки

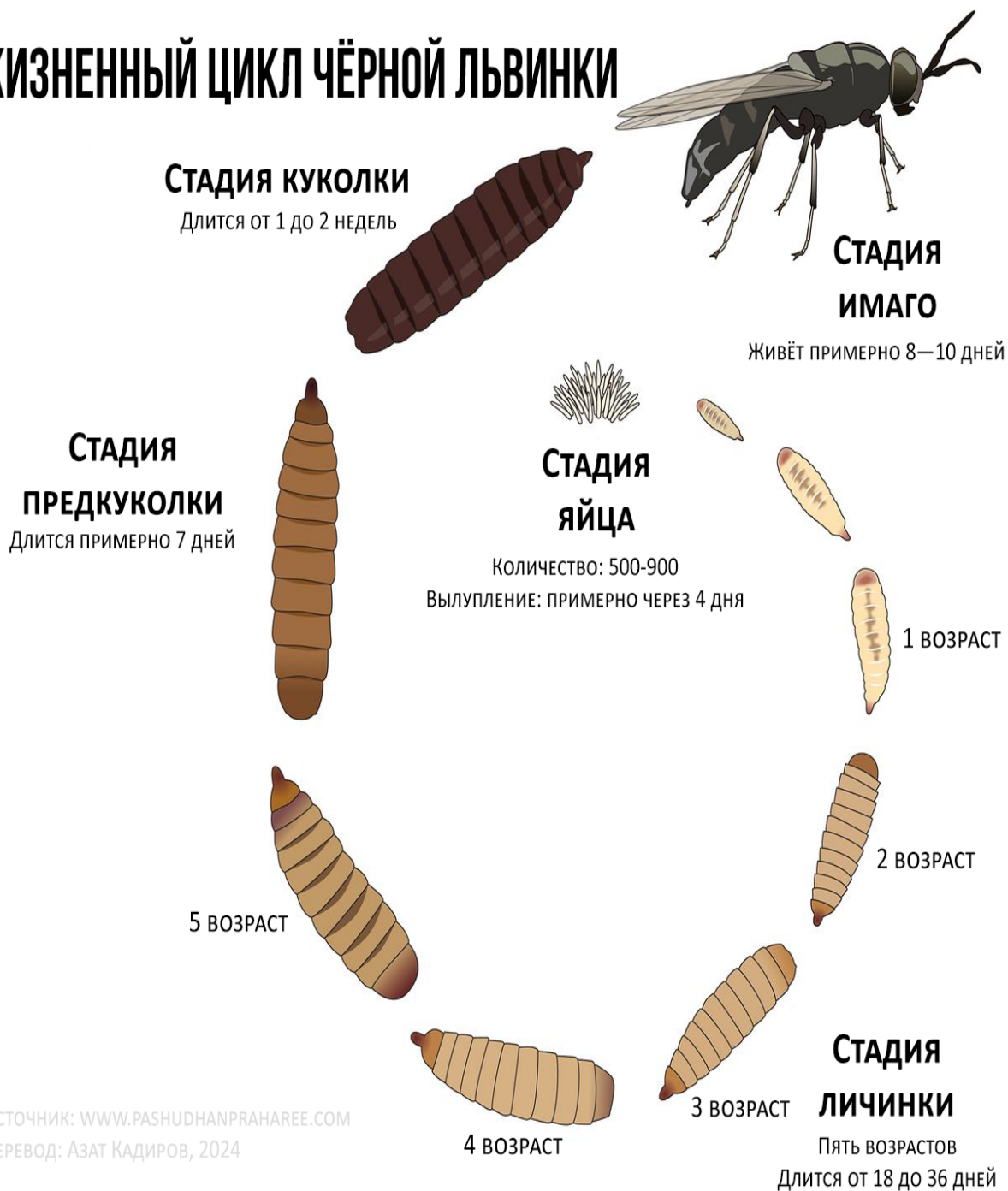


## Строение тела личинки черной львинки



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

## ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ЧЁРНОЙ ЛЬВИНКИ



## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

## Половой диморфизм черной львинки

Самка черной львинки



Самец черной львинки



## Различия мух по гениталиям

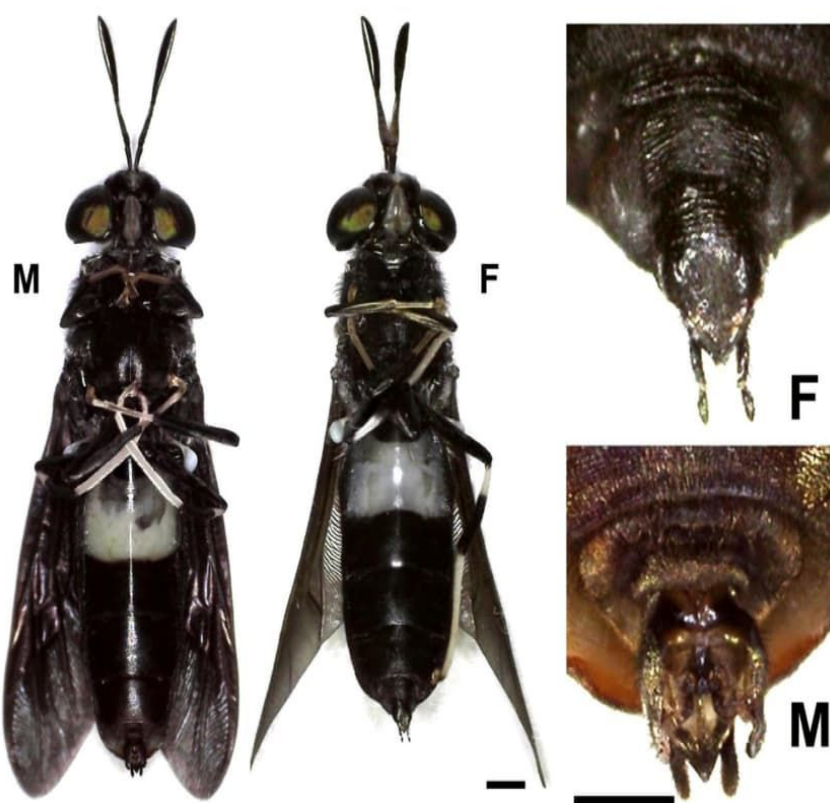
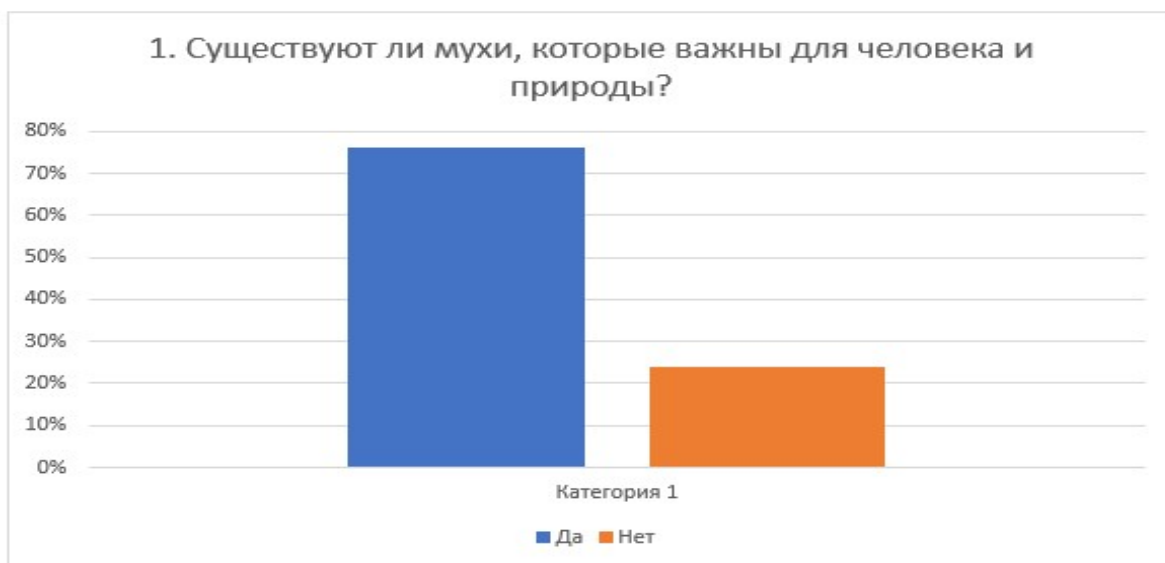
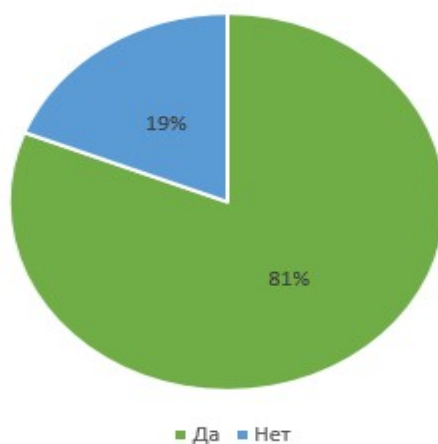


Fig. 1. Left, adult female (F) and male (M) black soldier flies (*Hermetia illucens*); right, magnified genitals. Scale bars, 1 mm.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д Анкетирование



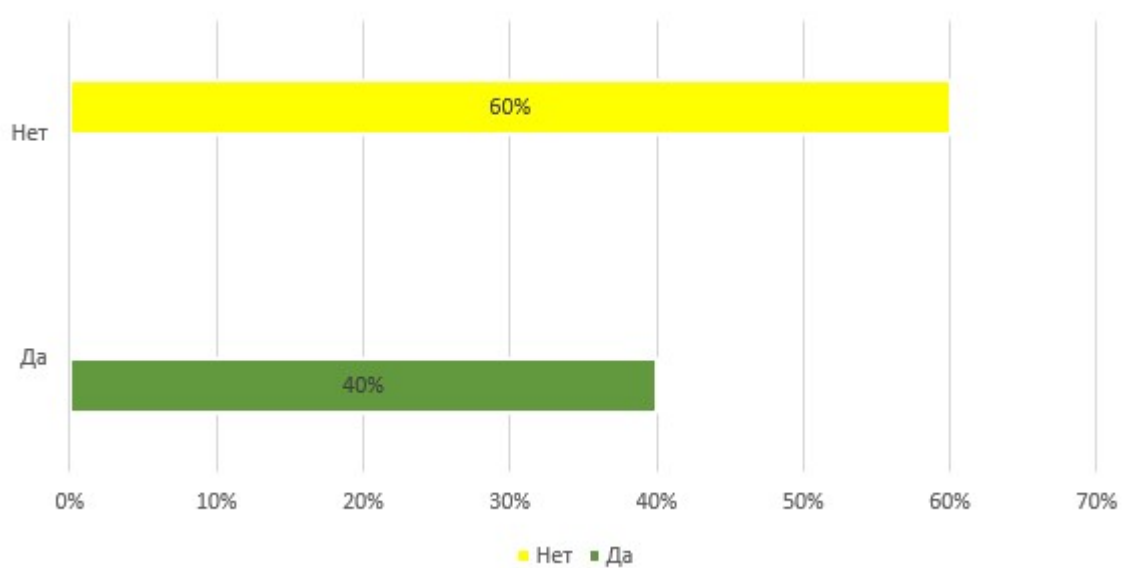
4. Хотели бы Вы узнать, какую роль в экосистеме играет черная львинка?



5. Занимались ли Вы разведением мух?



6. Хотели бы Вы заняться разведением полезных мух?



## ПРИЛОЖЕНИЕ Е Инсектарий



Контейнеры для личинки



## Сетки-клетки для содержания взрослых особей



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж  
Личиночная стадия

Второй возраст



Шестой возраст



Шестой возраст

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

## Последняя линька - переход в предкуколочную стадию



Экзувий

ПРИЛОЖЕНИЕ И  
Улавливающий желоб для сбора предкуколки



Предкуколки закапываются в сухой субстрат



ПРИЛОЖЕНИЕ К  
Стадия предкуколки  
Предкуколка загибает «хвостик»



Сравнение личинки шестого возраста и предкуколки

ПРИЛОЖЕНИЕ Л  
«Черный куб»



Емкость с куколками

ПРИЛОЖЕНИЕ М  
Стадия куколки



Пупарий (ложнококкон)



Голова куколки под микроскопом



Место выхода имаго

## Вылет имаго



## ПРИЛОЖЕНИЕ Н

## Размножение мухи вида черная львинка



## Инструкция по приготовлению аттрактанта:

1. Измельчите фрукты и овощи, чтобы они начали разлагаться быстрее. Мелкие кусочки легче привлекут мух своим запахом.
2. Смешайте фрукты и овощи с отрубями (или мукой) для создания пастообразной массы.
3. Добавьте корм для животных, который усилит привлечение за счет протеинов, способных заинтересовать муху для кладки яиц.
4. Влейте воду для поддержания влажности смеси. Важно не сделать смесь слишком жидкой – она должна быть похожа на густое тесто.
5. (Опционально) Добавьте дрожжи, чтобы ускорить ферментацию смеси. Это усилит запах и сделает аттрактант более привлекательным.
6. Оставьте смесь на 3-5 дней, чтобы начался процесс ферментации. Это повысит эффективность аттрактанта.

### Как использовать:

- Разместите аттрактант в емкости с сетчатым укрытием, чтобы защитить от других насекомых, но позволить мухам добраться до него.
- Установите емкость в затененном месте, где черная львинка предпочитает откладывать яйца.
- Регулярно обновляйте смесь каждые 5-7 дней, чтобы сохранить эффективность.

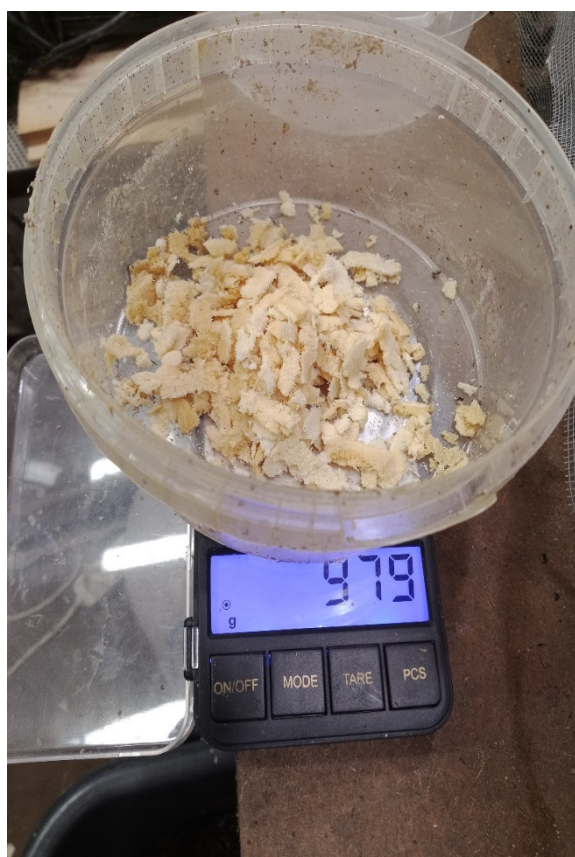
### **Дополнительные рекомендации:**

- ✓ Для повышения эффективности можно добавить белковые отходы (например, мясные остатки или яйца), но это может привлечь также других насекомых.
- ✓ Следите за уровнем влажности – смесь не должна пересыхать.

Этот аттрактант эффективно привлекает самок черной львинки благодаря насыщенному ферментированному запаху, который имитирует естественные условия для кладки яиц.

## ПРИЛОЖЕНИЕ П

### Сбор и инкубация яиц





## ПРИЛОЖЕНИЕ Р

Социальное поведение мухи вида черная львинка  
Скопление самцов вокруг ярко освещенного места перед спариванием



Более слабые самки откладывают яйца в сетку и в мертвых собратьев из-за конкуренции



Группа мух вокруг поилки с водой

## ПРИЛОЖЕНИЕ С

## Какие органические продукты предпочитает черная львинка

Органические материалы	Степень поедания
Суп	высокая
Борщ	высокая
Ботва свеклы и моркови	средняя, если не измельчать
Пшеничные отруби, разбавленные водой	высокая
Каша гречневая	высокая
Каша рисовая	высокая
Каша овсяная	высокая
Сырая рыба/жареная рыба	хорошая, но остаются кости
Вареное мясо/сырое мясо	хорошая, но остаются кости
Сгнившие листья и стебли злаковых культур	хорошая, остается незначительная часть стебля
Помидоры	хорошая, но остается кожура
Размоченный хлеб	высокая
Свежие яблоки	хорошая, но остается кожура
Бананы	хорошая, остается незначительная часть шкурки
Помет перепелов	хорошая, остается 30-40%
Помет кур	средняя, остается 50%
Гнилые фрукты и овощи	высокая
Огурцы свежие	хорошая, остается кожура
Капуста белокочанная/пекинская	хорошая, остается незначительная часть стебля
Картофель отварной/сырой	высокая
Кору и ветки деревьев	не переработали



непереработанные остатки

ПРИЛОЖЕНИЕ Т  
Использования личинок черной львинки в рационе кур  
несушек и перепелов





ПРИЛОЖЕНИЕ У  
Использования личинок черной львинки в рационе  
клариевых сомов и декоративных карасей-комет





## Наш рекордсмен



## Караси-кометы



ПРИЛОЖЕНИЕ Ф  
Биоконверсия отходов

