

**Сведения об авторах**

Туйчиев Камолиддин Собирович — младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт рыбоводства (ул. Чирчикская, 1, 111808, Янгийский район, Ташкентская область, Республика Узбекистан). E-mail: toychiyevkamoliddin4@gmail.com

Елена Николаевна Гинатуллина — кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией рыбоводства в естественных водоемах, Научно-исследовательский институт рыбоводства (ул. Чирчикская, 1, 111808, Янгийский район, Ташкентская область, Республика Узбекистан). E-mail: ginatullina@yandex.ru

Шахбоз Алишерович Хужамов — ассистент кафедры биологии и географии, Узбекско-Финляндский педагогический институт (ул. Спитамен, 163, 140102, Самарканд, Узбекистан). E-mail: xujamovshaxboz479@gmail.com

Information about authors

Kamoliddin S. Tuychiyev — Junior Researcher, Scientific Research Institute of Fishery (1, Chirchik Str., 111808, Yangiul district, Tashkent region, Republic of Uzbekistan). E-mail: toychiyevkamoliddin4@gmail.com

Yelena N. Ginatullina — PhD (Biological), Associate Professor, Head of the Laboratory of Fishery in natural lakes, Scientific Research Institute of Fishery (1, Chirchik Str., 111808, Yangiul district, Tashkent region, Republic of Uzbekistan). E-mail: ginatullina@yandex.ru

Shakhboz A. Xujamov — Assistant at the Department of Biology and Geography, Uzbek-Finland Pedagogical Institute (Spitamen Str., 163, 140102, Samarkand, Uzbekistan). E-mail: xujamovshaxboz479@gmail.com

УДК 639.3.03

Поступила в редакцию 16.09.2024

Received 16.09.2024

К. С. Туйчиев, Е. Н. Гинатуллина

Научно-исследовательский институт рыбоводства при Государственном комитете ветеринарии и развития животноводства Республики Узбекистан, Ташкентская область, Янгийский район, ССГ Кукаламзор, Республика Узбекистан

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОРМЛЕНИЯ ЛИЧИНКИ
HERMETIA ILLUCENS ОТРУБЬЯМИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального исследования по выращиванию на пшеничных и рисовых отрубях 7-дневных личинок черной львинки *Hermetia Illucens* (Diptera: Stratiomyidae) до стадии предкуколки. Рационы кормления личинок в экспериментах готовили каждые четыре дня в следу-



ющих количествах: 45, 90 и 120 мг/личинку/сут. Для каждой экспериментальной группы (100 личинок, $n=3$) рассчитывали индексы роста, смертности и эффективности кормления. В общем, результаты исследования показали тенденцию к тому, что большее количество пшеничных и рисовых отрубей способствует более высокой биомассе и быстрому росту личинок *H. Illucens*. Однако рацион 90 мг/лич/сут пшеничных отрубей был оптимальным и удовлетворял потребности личинки в питательных веществах для набора биомассы, а также обеспечивал высокую степень деградации субстрата. Полученное содержание протеина (36–43 %) в экспериментах с отрубями подтверждает возможность применения сухой предкукольной муки в комбикормовой промышленности.

Ключевые слова: рисовые и пшеничные отруби, рацион кормления, биоконверсия корма, деструкции кормового субстрата, аквакультура

Kamoliddin S. Tuychiyev, Yelena N. Ginatullina

*Scientific Research Institute of Fishery, Yangiyul district,
Tashkent region, Republic of Uzbekistan*

EFFICIENCY OF THE CEREAL BRANS FED TO HERMETIA ILLUCENS LARVAES

Abstract. In the paper is presented the result of one experimental study on the growing of the black soldier fly *Hermetia Illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on wheat and rice brans (from 7 days old to the prepupal stage of larvae). Feeding ration was given for larvae every four days in the following amounts: 45, 90 and 120 mg/larvae/day. For each experimental group (100 larvae, $n=3$) was calculated the indices related to its growth, mortality and feeding efficiency of wheat and rice brans. In general, the results of study showed a trend, in which larger ration of wheat and rice brans contributed to higher biomass and faster growth of the *H. Illucens* larvae. However, for wheat bran feed the diet 90 mg/l/d was the optimal and met both conditions: the nutrient requirement to gain of a big larvae biomass and provide a high degree of fed substrate degradation. The protein content of the prepupals in this experimental study was consisted from 36–43 % and confirmed the opportunity to usage of dry prepupa meal in the aquaculture feed industry.

Keywords: rice and wheat bran, feeding ration, feed bioconversion, feed substrate degradation, aquaculture

Введение. По данным ФАО [17], в настоящее время около 31 % от общего объема поставок животного белка в Азиатском регионе приходится на рыбный белок. Рыбная мука и рыбий жир являются



основными источниками пищи для приготовления кормов во многих странах с низким и средним уровнем дохода. Быстрое распространение аквакультуры приводит не только к увеличению спроса на рыбную муку, полученную из диких рыбных запасов, оказывая давление на естественные популяции рыб, но и к росту цен на этот кормовой источник. Скармливание рыбы рыбе не-эффективно для экономики и пагубно для природы. Так, для производства 1 кг выращенной рыбы требуется более 6 кг дикой рыбы, что особенно касается культуры плотоядных рыб [11]. В связи с этим альтернативные источники белка, в идеале животного происхождения, могут оказаться весьма привлекательной альтернативой для фермеров, продукт которых в настоящее время зависит от рыбной муки. Результаты исследований показывают, что насекомые представляют собой полноценный заменитель рыбной муки, рыбьего жира и протеиновых смесей [5]. У двукрылых насекомых белковый профиль схож с профилем рыбной муки, и он содержит большое количество незаменимых аминокислот [10]. Интересно, что жирнокислотный состав насекомых можно изменять, модулируя содержание кормового субстрата и корректировать таким образом соответствие кормовым предпочтениям видов рыб [7].

Черная львинка — двукрылое насекомое *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), в больших количествах культивируемое в странах Юго-Восточной Азии, Индонезии, Нидерландах, Китае и США. Имеются примеры использования черной львинки для декомпозиции мусорных отходов [1]. Личинки черной львинки потенциально способны преобразовывать большое количество органических отходов в богатую белком биомассу. Это двукрылое насекомое имеет ряд преимуществ перед другими насекомыми для культивирования: высокая скорость переработки остатков любого растительного сырья, в том числе продуктов жизнедеятельности птиц и свиней (навоз), высокое содержание в личинках белка и незаменимых аминокислот, таких как метионин и лаурин. Кроме того, конечный продукт культивирования черной львинки — зоогумус — широко используется как натуральное органическое удобрение [15].

Таким образом, *H. illucens* можно рассматривать как рациональную альтернативу традиционным высокобелковым кормам, удовлетворяющую пищевые потребности интенсивно растущего молодняка птиц и рыб [13]. Замена рыбной муки живыми или сухими личинками *H. illucens* способствует лучшему использова-



нию и депонированию азота и, как следствие, более высокому приросту массы тела у домашних животных [14].

Наиболее предпочтительными субстратами для выращивания личиночной биомассы львинки в мире считаются зерновые и зерноплодово-овощные смеси. По нашим данным, наиболее доступным и дешевым пищевым субстратом для личинок *H. Illucens* в Узбекистане являются пшеничные отруби, которые доступны, питательны и легко готовятся в качестве корма [16]. В качестве альтернативы пшеничным мы в эксперименте также использовали рисовые отруби.

Целью исследования было сравнение показателей роста и времени развития, прироста биомассы черной львинки при разных количествах 2-х видов отрубей. В процессе эксперимента мы хотели получить ответы на следующие вопросы: какое оптимальное количество пшеничных и рисовых отрубей нужно ежедневно для хорошего усвоения корма и для достижения максимальной сухой массы личинок, в кратчайшие сроки развития; какая наибольшая общая скорость разложения пищевых субстратов по отношению ко времени развития личинок.

Методика исследований. Взрослых особей (мух) *H. illucens* выращивали при 14-часовом световом и 10-часовом темном фотопериоде. После вылупления из яиц, личинок содержали на минимальной питательной среде (45 мг/личинку/сут, далее в тексте — мг/л/д) до 7 дней, а потом начинали эксперименты на разных рационах питания.

В каждом эксперименте ($n=3$, три повторности) использовали по 100 шт. 7-дневных личинок. В начале эксперимента их помещали в пластиковые ящики, накрывали черной тканью и кормили пшеничными/рисовыми отрубями, рассчитанными на 1 сут на одну личинку: 45, 90 и 120 мг. Суточная норма пшеничных/рисовых отрубей рассчитывалась соответственно рациону и подавалась личинкам каждые четыре дня.

Кормление личинок отрубями продолжалось до тех пор, пока более 50 % личинок в ящике не преодолевали стадию предкуколки (личинки последнего возраста, узнаваемые по темному цвету).

Оставшийся после эксперимента корм использовали в расчетах как остаток, взвешивали и сушили в шкафу при температуре $+60^{\circ}\text{C}$ в течение 6 ч. Личинок в конце эксперимента, взвешивали (сырая биомасса) и затем высушили в сушильном шкафу при $+60^{\circ}\text{C}$ в течение 18 ч для определения сухой биомассы. Состав личинок



(предкулоков) и пшеничных/рисовых отрубей были проанализированы с помощью анализатора кормов (производство Китай).

Анализ данных. Рост личинок рассчитывали по приросту биомассы и выражали в скорости роста (GR) в соответствии с приведенным ниже уравнением:

$$GR(\%) = \frac{\text{Конечный вес} - \text{Начальный вес}}{\text{Время}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где «время» указывало количество дней, необходимое 50 % личинок, чтобы достигнуть фазы предкулоков.

Более высокий GR означает более быстрый рост личинок.

Коэффициент выживаемости (SR) определяли по приведенному ниже уравнению:

$$SR(\%) = \frac{\text{Количество выживших личинок}}{\text{Начальное количество личинок}} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Способность личинок преобразовывать корм в свою биомассу (ECD) измеряли с помощью следующих показателей по приведенным ниже уравнениям [12]:

$$ECD(\%) = \frac{ECI}{AD} \cdot 100\%; \quad (3)$$

$$ECI(\%) = \frac{B}{(T - R)} \cdot 100\%; \quad (4)$$

$$AD(\%) = \frac{(T - R)}{R} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где ECI – эффективность переваривания кормового субстрата; AD – ориентировочная усвояемость; B – конечная биомасса (сухая), мг; T – общее количество заданного корма, мг; R – сухой остаток корма, мг.

Чтобы учесть время, необходимое личинкам для уменьшения количества кормового субстрата, использовали индекс разложения субстрата (WRI) [S. Diener et al, 2009]:

$$WRI = \frac{(T - R) / T}{t} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где $D = (T - R) / T$; t – количество дней, в течение которых личинки питались субстратом.



Статистический анализ. Данные каждого эксперимента ($n=3$) были статистически проанализированы с помощью one-way ANOVA с последующим апостериорным Tuckey тестом. Был проведен статистический анализ для определения разницы между каждыми экспериментальными группами (отдельно для рационов из пшеничных отрубей и отдельно для рационов из рисовых отрубей) во времени развития (дней), GR, SR, ECD и WRI ($p<0,05$). Весь анализ был выполнен с помощью компьютерной программы Statistica.

Результаты исследований и их обсуждение. Пищевая ценность пшеничных/рисовых отрубей и рост личинок. Анализ содержания питательных веществ в пищевом субстрате необходим, поскольку они влияют на рост и выживание личинок *H. illucens* [4]. Белки и углеводы требуются личинкам для их роста (производство биомассы), но избыточное количество углеводов в корме снизит эффективность его преобразования личинками. Избыточное количество углеводов не превращается в белок личинок *H. illucens*, а превращается в липиды, который используется черной львинкой как пищевой резерв на следующей фазе развития (от предкуколичной до взрослой стадии) [2].

Пищевая ценность пшеничных и рисовых отрубей, использованных в эксперименте, показана в табл. 1.

Таблица 1. Пищевая ценность пшеничных и рисовых отрубей
Table 1. Nutritional value of wheat and rice bran

Состав	Пшеничные отруби	Рисовые отруби
Содержание влаги	6,22	4,62
Белок	14,83	12,35
Жир	6,75	15,85
Зола	4,15	9,67
Фосфор	0,92	1,72
Кальций	1,35	1,90
Соли	0,26	0,75

Примечание. Анализ проводился на основе сухой массы отрубей.

Из приведенного анализа видно, что пшеничные и рисовые отруби имеют примерно одинаковое содержание белка (от 12–15 %) и разное содержание жира (в рисовых отрубях больше в 2,5 раза).



Баланс питательных веществ в пище и содержание компонентов пищи, таких как сырой белок и липиды, влияет на скорость роста личинок. Белок необходим как основное вещество для роста личинок. Липиды необходимы для развития и запаса пищи для взрослой жизни *H. illucens*. Сбалансированное питание при кормлении личинок позволяет им удовлетворять свои потребности в питательных веществах для вступления в следующую предкукольную фазу за более короткий период времени. Более высокая порция пищи положительно влияет на рост личинок черной львинки [8].

Показатели скорости роста личинок черной львинки, выращенной на пшеничных и рисовых отрубях, и их выживаемость даны в табл. 2.

Таблица 2. Время развития (от яйца до предкуколки), скорость роста личинок (GR) и коэффициент выживаемости (SR)

Table 2. Development time (from egg to prepupa), larval growth rate (GR) and survival rate (SR)

Пищевой рацион (мг/личинки/день)	Время развития, дней	Скорость роста GR (мг/сутки)	SR (%)
45 пшеничные	19,7±1,30a	0,3±0,07a	98,68±1,53a
90 пшеничные	16,9±1,20ab	0,47±0,11ab	98,67±2,31a
120 пшеничные	15,7±1,50b	0,6±0,06b	97,72±1,55a
45 рисовые	56,0±3,20a	0,09±0,01a	86,00±1,00a
90 рисовые	42,0±2,50 b	0,12± 0,01a	90,00±1,00b
120 рисовые	28,0±1,20c	0,37±0,07b	99,00±1,70c

Примечание. Отличающиеся буквы, которые следуют за средними значениями, означают достоверные различия в экспериментальных группах ($p < 0,05$).

Рацион из пшеничных и рисовых отрубей, даваемых с более высоким рационом за день, имеет в своем составе более сбалансированный состав по сравнению с кормом с низкой концентрацией. В экспериментах количество отрубей оказывало влияние на рост, время развития личинок и их предкукольный вес (табл. 2, рис. 1).

Личинки, которых ежедневно кормили 120 мг/л/д пшеничных и рисовых отрубей показали самое быстрое время развития – 15,7±1,5 и 28±1,0 дней, самую высокую скорость роста – 0,6±0,06 и 0,37±0,07 мг/сут и самую высокую предкукольную сухую мас-



су — $6,92 \pm 0,6$ и $5,73 \pm 0,7$ г соответственно. Личинки, которых кормили ежедневно 90 мг отрубей имели предкулочный вес $6,0 \pm 0,3$ и $3,72 \pm 0,17$ г, время развития — $16,9 \pm 1,2$ и $42 \pm 2,5$ дней соответственно для пшеничных и рисовых отрубей (табл. 2, рис. 1). Рацион в дозе 45 мг/л/д пшеничных и рисовых отрубей привел к уменьшению сухой массы предкулоков до $4,6 \pm 0,4$ и $3,88 \pm 0,5$ мг, и увеличению времени развития — $19,7 \pm 1,3$ и $56 \pm 3,2$ дней соответственно. Во всех рационах кормления пшеничными отрубями (45, 90, 120 мг/л/д) личинки закончили период развития и достигли предкулочной фазы и имели низкую смертность 1,7–2,3 % (табл. 2). В экспериментах с рисовыми отрубями все личинки закончили период развития и достигли предкулочной фазы, но низкую смертность 1–2 %, сравнимую с личинками из групп на пшеничных отрубях, имели только личинки с рационом 120 мг/личинка/сут; личинки, которых кормили 45 и 90 мг/личинка/сут имели смертность 10 % и выше.

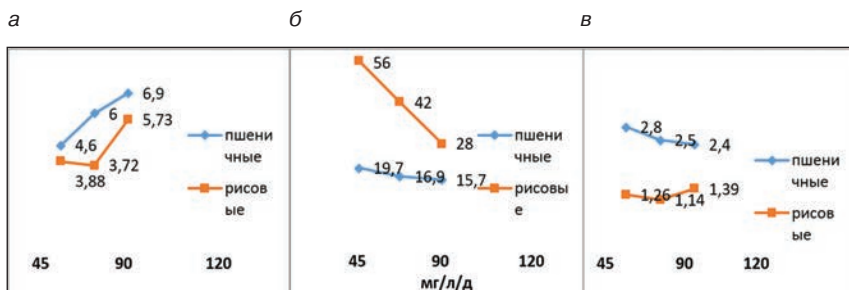


Рис. 1. Сухая биомасса В (а), время развития t (б) и индекс разложения WRI (в) для личинок *H. illucens* с использованием пшеничных и рисовых отрубей 45, 90 и 120 мг/лич/день

Fig. 1. Dry biomass B (a), development time t (б) and degradation index WRI (в) for *H. illucens* larvae using wheat and rice bran at 45, 90 and 120 mg/larva/day

Личинки черной львинки, потребляющие ежедневно отработанную кофейную гущу при максимальном кормовом рационе 200 мг/л/д развивались 25,3 дня; при минимальном рационе кормления кофейной гущей 12,5 мг/л/д уровень смертности личинок был очень высоким — около 80 % [Permana et al, 2018]. Причина этого, как указывают авторы, состояла в том, что испарение в пластиковом стаканчике, куда помещались личинки, про-



исходило быстрее при малом количестве корма. Отмечено, что быстрое испарение влаги из корма приводит к высокой смертности личинок [Gobby et al, 20013]. В нашем эксперименте с рисовыми отрубями (90 и 45 мг/л/д) мы добавляли воду в кормовой субстрат по мере ее испарения, и благодаря этому их смертность составила максимум 10 %.

Эффективность конверсии корма (ECD) и индекс разложения (WRI) субстрата. Индекс ECD определяет способность личинок превращать переваренную пищу в их биомассу. В случае с пшеничными отрубями более высокое значение ECD при меньшем рационе питания (45 мг/л/д) показывает, что количество усваиваемой пищи увеличивается при минимальном рационе. Более низкие значения ECD при максимальном рационе с пшеничными отрубями (табл. 3) показывают, что много корма приводит к увеличению скорости прохождения пищи в кишечнике личинок, а количество ассимилируемой пищи при этом уменьшается.

Таблица 3. Значения индексов ECD и WRI для *H. illucens* при кормлении пшеничными и рисовыми отрубями

Table 3. ECD and WRI index values for *H. illucens* fed with wheat and rice bran

Пищевой рацион (мг/л/д)	Эффективность конверсии корма (ECD)	Индекс разложения WRI
45 пшеничные	43,93±13,27a	2,57±0,20a
90 пшеничные	22,9±9,04ab	2,78±0,40a
120 пшеничные	15,87±4,91b	3,07±0,25a
45 рисовые	8,19±1,15a	1,26±0,07a
90 рисовые	7,22±2,84a	1,41±0,29a
120 рисовые	16,05±1,85b	1,39±0,08a

Примечание. Отличающиеся буквы, которые следуют за средними значениями, означают достоверные различия в экспериментальных группах ($p < 0,05$).

Переваренная личинками пища в этом случае не превращалась в биомассу, а использовалась для метаболизма [6]. В случае с рисовыми отрубями меньший рацион корма не приводил к увеличению индекса усвояемой пищи (ECD), а был ниже для рационов 45 и 90 мг/л/д. В то же время максимальный рацион рисовых отрубей (120 мг/л/д) приводил к большему эффекту от использования корма.



Предыдущие исследования других авторов показали, что куриный комбикорм для черной львинки имеет значение ECD в пределах 24,4–38,0 % [3], а отработанная кофейная гуща – 3,5–5,0 % [9]. В этом исследовании значения ECD при кормлении пшеничными отрубями достигали от 15,9–43,9 %, а при кормлении рисовыми – от 8,2–16,1 %.

Индекс WRI дает описание способности личинок редуцировать органическое вещество. Более высокие значения WRI показывают высокую способность личинок разрушать органический материал. Концентрация корма 45, 90 и 120 мг/л/д приводила к разложению пищи для пшеничных отрубей $2,57 \pm 0,20$; $2,78 \pm 0,40$ и $3,07 \pm 0,25$ % соответственно для трех рационов. Для рисовых отрубей значения составили $1,26 \pm 0,07$, $1,41 \pm 0,29$, $1,39 \pm 0,04$ соответственно для рационов 45, 90 и 120 мг/л/д (табл. 3, рис. 1).

В случае с пшеничными и рисовыми отрубями не наблюдалось статистической значимой разницы в значениях индекса WRI между рационами 45, 90 и 120 мг/л/д.

Согласно исследованиям других авторов, значения WRI для куриного корма и отработанной кофейной гущи, скармливаемой личинкам *H. illucens*, находились в диапазоне 1,1–3,8 [3] и 0,83–4,0 [9] соответственно. В нашем эксперименте значение WRI было больше для личинок, которых кормили пшеничными отрубями (от 2,57–3,07), чем для личинок с рисовым рационом (от 1,26–1,39). В обоих случаях с увеличением дозы рациона увеличивалось значение индекса разложения.

Нутриентный состав личинок и оптимальный рацион кормления.

Личинки *H. illucens* известны своей способностью накапливать белок до 40–50 %, когда они достигают стадии предкуколки. Продолжительность развития личинок черной львинки оказывает существенное влияние на их биохимический состав. В исследованиях [14], сухие предкуколки при выращивании на зерне фуражной пшеницы, показали более высокое содержание белка и более низкое содержание жира в организме по сравнению с личинками более раннего возраста, а именно 42,8 и 31,9 % и 37,6 и 38,3 % соответственно.

В нашем исследовании, хотя пшеничные и рисовые отруби изначально содержат небольшое количество белка, содержание белка в сухой биомассе предкуколок *H. illucens* было высоким (36–43 %), а содержание жира было более низким (11–21 %) (табл. 4) по сравнению с вышеприведенными данными.

Таблица 4. Биохимический состав предкуколок *H. illucens* при разных дозах кормления пшеничными и рисовыми отрубямиTable 4. Biochemical composition of *H. illucens* prepupae at different feeding doses of wheat and rice bran

Компонент	Рацион					
	120 мг/л/д		90 мг/л/д		45 мг/л/д	
	Отруби					
	пшенич- ные	рисовые	пшенич- ные	рисовые	пшенич- ные	рисовые
Влажность	11,6	2,66	10,1	2,78	8,37	1,15
Сырой протеин	41,3	36,25	38,9	36,42	40,9	42,9
Сырой жир	11,43	16,00	11,73	15,6	11,89	21,45
Сырая клетчатка	4,46	3,38	4,73	3,78	4,59	3,31
Сырая зола	22,8	16,92	20,35	15,29	20,38	22,90
Фосфор	1,01	3,80	0,99	3,31	1,07	5,18
Кальций	4,0	5,35	4,24	4,49	4,26	7,80
Натрий	0,38	0,41	0,32	0,47	0,37	0,55

При кормлении пшеничными отрубями было показано, что личинки *H. illucens* хорошо трансформировали белок из пшеничных отрубей и накапливали белковую биомассу почти в 2,5, а из рисовых в 3,5 раза больше, чем было в самих кормовых субстратах.

Закключение. Ежедневное количество пищи влияло на рост и развитие *H. illucens* от личиночной стадии до предкуколки. Результаты исследования показали тенденцию к тому, что большее количество пшеничных и рисовых отрубей способствует более высокому и быстрому росту личинок *H. Illucens*. Для личинок, выращенных на пшеничных отрубях, такая величина, как эффективность ECD, была самой высокой в группе с рационом 45 мг/л/д, но она статистически не отличалась от результата для группы с рационом 90 мг/л/д. Индекс ECD был статистически выше при рационе 90, чем при рационе 120 мг/лич/д. В то же время сухая биомасса предкуколок составила 6 и 6,9 г и период развития личинки до стадии предкуколки 16,9 и 15,7 дней для рационов 90 и 120 мг/л/д, соответственно. Учитывая, что указанные показатели сильно не отличались в обеих группах, а индекс разложения кормового субстрата WRI был одинаковым, мы предположили, что рацион 90 мг пшеничных отрубей на личинку в сутки был эффективнее, чем рацион 120 мг/л/д. Таким образом,



рацион 90 мг/л/д пшеничных отрубей удовлетворял как потребности личинки в питательных веществах, так и обеспечивал высокую степень деградации субстрата. При рационе 45 мг/л/д пшеничных отрубей, который мы использовали для кормления львинки до экспериментов, прирост биомассы оказался меньше по сравнению с другими рационами.

Для рисовых отрубей, исходя из параметров времени развития, значения индексов ECD и WRI, сухой биомассы предкуколки, более эффективным был рацион кормления 120 мг/л/д, а рацион 90 и тем более 45 мг/л/д был недостаточным. Сухая биомасса при максимальном рационе с рисовыми отрубями в 1,5 раза превышала биомассу, полученную для других рационов 5,73 г против 3,88 и 3,72 г; время развития личинки было короче почти в два раза по сравнению с другими группами – 28 дней против 42 и 52 дней.

Полученное содержание протеина в экспериментах с отрубями подтверждает возможность применения сухой предкуколичной муки в комбикормовой промышленности. Высокое содержание белка (36–43 %) в высушенной предкуколке *H. illucens*, питаемой зерновыми отрубями, усиливает ее потенциал в качестве муки при производстве кормов для животных.

Список использованных источников

1. Permana, A. D. Growth of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae fed on spent coffee ground / A. D. Permana, J. E. Putra // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 187, iss. 1. – Art. № 012070.
2. Alvarez, L. The role of black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) in sustainable waste management in northern climates: diss. ... for the degree of Dr. of Philosophy / L. Alvarez; Univ. of Windsor. – Windsor, 2012. – 158 l.
3. Cohen, A. C. Insect diets: science and technology / A. C. Cohen. – 2nd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2015. – 473 p. – URL: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b18562/insect-diets-allen-carson-cohen> (date of access: 25.11.2024).
4. Diener, S. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates / S. Diener, C. Zurbügg, K. Tockner // Waste Management and Research. – 2009. – Vol. 27. – P. 603–610.
5. Gobby, P. The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) / P. Gobby,



- A. Martinez-Sanchez, S. Rojo // *European Journal of Entomology*. – 2013. – Vol. 110, iss. 3. – P. 461–468.
6. Kusumah M. S. Pengembangbikan Black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) sebagai sumber pakan ikan: skripsi sarjana pertanian ITB / M. S. Kusumah ; 2016.
7. Review of the use insect in the diet of farmer fish / M. Henry, L. Gasco, G. Piccalo, E. Fountoulaki // *Animal Feed Science Tehnology*. – 2015. – Vol. 203. – P. 1–22.
8. Development of black soldier fly (Diptera) larvae fed dairy manure / H. M. Myers, J. K. Tomberlin, B. D. Lambert, D. Kattest // *Environmental Entomology*. – 2008. – Vol. 37, iss. 1. – P. 11–15.
9. State of the art on use of insects as animal feed / P. S. Makkar, G. Tram, V. Heuse, P. Ankers // *Animal Feed Science Tehnology*. – 2014. – Vol. 197. – P. 1–33.
10. *Bukkens*, S. G. F. The nutritional value of edible insects / S. G. F. *Bukkens* // *Ecology of Food and Nutrition*. – 1997. – Vol. 36. – P. 287–319.
11. Schipp, G. Is the use of fish meal and fish oil in aquaculture diets sustainable? / G. Schipp // *Northern Territory Government*. – 2008. – № 124. – P. 1–15.
12. Scriber, J. M. The nutritional ecology of immature insects / J. M. Scriber, F. Slansky // *Annual Review of Entomology*. – 1981. – Vol. 26, iss. 1. – P. 183–211.
13. Меланиновая белково-энергетическая добавка из личинок *Hermetia illucens* в питании телят / Р. В. Некрасов, А. А. Зеленченкова, М. Т. Чабаев, Н. А. Ушакова // *Сельскохозяйственная биология*. – 2018. – Т. 58, № 2. – С. 374–384.
14. Пендюрин, Е. А. Использование зоокомпоста Черной львинки в качестве органического удобрения / Е. А. Пендюрин, С. Ю. Рыбина, Л. М. Смоленская // *Аграрная наука*. – 2020. – № 7/8. – С. 106–110.
15. Fly prepupae as a feedstuff for Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* / S. St-Hilaire, C. Shepperd, J. Tombenein [et al.] // *Journal of the World Aquaculture Society*. – 2007. – Vol. 38. – P. 59–67.
16. Туйчиев, К. С. Выращивание личинок чёрной львинки (*Hermetia illucens* Linnaeus) на пшеничных отрубях и показатели их продуктивности / К. С. Туйчиев // *Universum: химия и биология: электрон. науч. журн.* – 2023. – № 6-1. – С. 40–42. – URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/15592> (дата обращения: 25.11.2024).
17. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры: достижение целей устойчивого развития / Прод. и с.-х. орг. Объед. Наций. – Рим: ФАО, 2018. – 209 с. – URL: <http://aquacultura.org/upload/files/pdf> (дата обращения: 25.11.2024).

**Reference**

1. Permana A. D., Putra J. E. Growth of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae fed on spent coffee ground. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, vol. 187, iss. 1, art. 012070.
2. Alvarez L. *The role of black soldier fly, Hermetia illucens (L.) (Diptera: Stratiomyidae) in sustainable waste management in northern climates: diss. ... for the degree of Dr. of Philosophy*. Windsor, 2012. 158 l.
3. Cohen A. C. *Insect diets: science and technology*. 2nd ed. Boca Raton, CRC Press, 2015. 473 p. Available at: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b18562/insect-diets-allen-carson-cohen> (accessed: 25.11.2024).
4. Diener S., Zurbrugg C., Tockner K. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management and Research*, 2009, vol. 27, pp. 603–610.
5. Gobby P., Martinez-Sanchez A., Rojo S. 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, iss. 3, pp. 461–468.
6. Kusumah M. S. *Pengembangbikan Black soldier fly, Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae) sebagai sumber pakan ikan : skripsi sarjana pertanian ITB* [Breeding Black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) as a source of fish food: ITB agriculture undergraduate thesis].
7. Henry M., Gasco L., Piccalo G., Fountoulaki E. Review of the use insect in the diet of farmer fish. *Animal Feed Science Tehnology*, 2015, vol. 203, pp. 1–22.
8. Myers H. M., Tomberlin J. K., Lambert B. D., Kattest D. Development of Black soldier fly (Diptera) larvae fed dairy manure. *Environmental Entomology*, 2008, vol. 37, iss. 1, pp. 11–15.
9. Makkar P. S., Tram G., Heuse V., Ankers P. State of the art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science Tehnology*, 2014, vol. 197, pp. 1–33.
10. Bukkens S. G. F. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, 1997, vol. 36, pp. 287–319.
11. Schipp G. Is the use of fish meal and fish oil in aquaculture diets sustainable? *Northern Territory Government*, 2008, no. 124, pp. 1–15.
12. Scriber J. M., Slansky F. The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology*, 1981, vol. 26, iss. 1, pp. 183–211.
13. Nekrasov R. V., Zelenchenkova A. A., Chabaev M. T., Ushakova N. A. Melanin protein-energy additive from *Hermetia illucens* larvae in the nutrition of calves. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2018, vol. 58, no. 2, pp. 374–384 (in Russian).
14. Pendyurin E. A., Rybina S. Yu., Smolenskaya L. M. Using black soldier's compost as an organic fertilizer. *Agrarnaya nauka* [Agricultural Science], 2020, no. № 7/8, pp. 106–110 (in Russian).



15. St-Hilaire S., Sheppard C., Tombenein J., Irving S., Newton L., McGuire M. A., Mosley E. E., Hardy R. W., Sealey W. M. Fly prepupae as a feedstuff for Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2007, vol. 38, pp. 59–67.
16. Tuichiev K. S. Growing black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* Linnaeus) on wheat bran and their productivity indicators. *Universum: khimiya i biologiya: electron. nauch. zhurn.* [Universum: Chemistry and Biology: electronic sci. j.], 2023, no. 6-1, pp. 40–42. Available at: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/15592> (accessed: 25.11.2024) (in Russian).
17. Sostoyanie mirovogo rybolovstva i akvakultury: dostizhenie tselei ustoiчивого razvitiya [The state of World fisheries and aquaculture: Meeting the sustainable development goals]. Rim, FAO, 2018. 209 p. Available at: <http://aquacultura.org/upload/files/pdf> (accessed: 25.11.2024) (in Russian).

Сведения об авторах

Туйчиев Камолиддин Собирович — младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт рыбоводства (ул. Чирчикская, 1, 111808, Янгийский район, Ташкентская область, Республика Узбекистан). E-mail: toychiyevekamoliddin4@gmail.com

Елена Николаевна Гинатуллина — кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией рыбоводства в естественных водоемах, Научно-исследовательский институт рыбоводства (ул. Чирчикская, 1, 111808, Янгийский район, Ташкентская область, Республика Узбекистан). E-mail: ginatullina@yandex.ru

Information about authors

Kamoliddin S. Tuychiyev — Junior Researcher, Scientific Research Institute of Fishery (1, Chirchik Str., 111808, Yangiyul district, Tashkent region, Republic of Uzbekistan). E-mail: toychiyevekamoliddin4@gmail.com

Yelena N. Ginatullina — PhD (Biological), Associate Professor, Head of the Laboratory of Fishery in natural lakes, Scientific Research Institute of Fishery (1, Chirchik Str., 111808, Yangiyul district, Tashkent region, Republic of Uzbekistan). E-mail: ginatullina@yandex.ru