

Научная статья/Research Article

УДК 616.003.93: 616.003.725: 638.157

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-174-186

Анастасия Сергеевна Осокина^{1✉}, Дмитрий Константинович Жиров²

^{1,2}Удмуртский ФИЦ УрО РАН, Ижевск, Республика Удмуртия, Россия

¹Anastasia.osokina2017@yandex.ru

²zhirov_dmitriy@mail.ru

РАЗРАБОТКА ПРЕМИКСА ИЗ ЛИЧИНОК *GALLERIA MELLONELLA* L. (*PIRALIDAE*), ВЫРАЩЕННЫХ НА КОРМЕ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ТРАВ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕВЗЕИ САФЛОРОВИДНОЙ)

Цель исследований – изучить морфофизиологические параметры личинок большой восковой моли (*Galleria mellonella* L.) при выращивании на корме с добавлением левзеи сафлоровидной для перспективы использования личинок в качестве подкормки для продуктивных сельскохозяйственных животных. Личинок *G. mellonella* кормили пчелиной сушью с добавлением левзеи сафлоровидной (*Rharrhonicum carthamoides*) в соотношении 90 : 10; 80 : 20; 50 : 50 в качестве источника витаминов и эрдистероидов. Лекарственное растение измельчали в многоступенчатой центробежно-ударной мельнице до различного размера – менее 140 мкм; 40–250; 250–315; 315–500 мкм. Для оценки действия левзеи на жизнеспособность личинок были взяты следующие критерии: масса, длина, ширина головной капсулы (возраст), выживаемость. Проведен биохимический анализ личинок (содержание азота оценивалось по титриметрическому методу определения азота по Кьельдалю, сырой жир – по Сокслету, сырая зола определялась путем прокалывания и взвешиванием полученного остатка). Средняя биомасса личинок в группе с добавкой левзеи на период завершения эксперимента была достоверно выше контрольных значений. Высокие морфометрические показатели отмечались в группе с гранулометрическим размером частиц левзеи менее 140 мкм и соотношением корма и лекарственной травы 50 : 50. Средняя масса личинок данной группы составила 0,17 г ($P \leq 0,05$), длина – 2,24 см, головная капсула – 1,93 мм ($P \leq 0,05$), выживаемость – 83,33 %. Биохимический анализ личинок опытной группы показал, что содержание сырого протеина и сырого жира личинок выше контрольных значений на 42,4 и 25,2 % соответственно. Данный факт можно объяснить получением из лекарственной травы большего количества минеральных компонентов и эрдистероидов для интенсивного роста насекомого.

Ключевые слова: многоступенчатая центробежно-ударная мельница, личинка большой восковой моли, *Galleria mellonella*, лекарственные травы, биохимический состав личинок моли

Для цитирования: Осокина А.С., Жиров Д.К. Разработка премикса из личинок *Galleria mellonella* L. (*Piralidae*), выращенных на корме с добавлением лекарственных трав (на примере левзеи сафлоровидной) // Вестник КрасГАУ. 2025. № 4. С. 174–186. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-174-186.

Благодарности: работа выполнена в соответствии с государственным заданием НИР № 1021032424706-4-4.1.1.

Anastasia Sergeevna Osokina^{1✉}, Dmitry Konstantinovich Zhirov²

^{1,2}Udmurt Federal Research Center Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Republic of Udmurtia, Russia

¹Anastasia.osokina2017@yandex.ru

²zhirov_dmitriy@mail.ru

PREMIX DEVELOPMENT FROM *GALLERIA MELLONELLA* L. (*PIRALIDAE*) LARVAE,
FARMED ON FEED WITH MEDICINAL HERBS ADDITION
(USING THE EXAMPLE OF *LEUZEA* SAFFLOWER)

The aim of research is to study the morphophysiological parameters of the greater wax moth (*Galleria mellonella* L.) larvae grown on feed with the addition of safflower *Leuzea* for the prospective use of the larvae as feed for productive farm animals. *G. mellonella* larvae were fed dried bees with the addition of safflower *Leuzea* (*Rhaponticum carthamoides*) in the ratio of 90 : 10; 80 : 20; 50 : 50 as a source of vitamins and ecdysterones. The medicinal plant was ground in a multi-stage centrifugal impact mill to different sizes – less than 140 μm ; 40–250; 250–315; 315–500 μm . To assess the effect of *Leuzea* on the vital activity of larvae, the following criteria were used: weight, length, width of the head capsule (age), and survival. A biochemical analysis of the larvae was conducted (nitrogen content was assessed using the titrimetric method of determining nitrogen according to Kjeldahl, crude fat – according to Soxhlet, crude ash was determined by calcination and weighing the resulting residue. The average biomass of larvae in the group with the addition of *Leuzea* at the end of the experiment was significantly higher than the control values. High morphometric indices were noted in the group with a granulometric size of *Leuzea* particles less than 140 μm and a feed and medicinal herb ratio of 50 : 50. The average weight of larvae in this group was 0.17 g ($P \leq 0.05$), length – 2.24 cm, head capsule – 1.93 mm ($P \leq 0.05$), survival – 83.33 %. Biochemical analysis of the larvae of the experimental group showed that the content of crude protein and crude fat of the larvae was higher than the control values by 42.4 and 25.2 %, respectively. This fact can be explained by obtaining a greater amount of mineral components and ecdysteroids from the medicinal herb for intensive growth of the insect.

Keywords: multi-stage centrifugal impact mill, wax moth larva, *Galleria mellonella*, medicinal herbs, biochemical composition of wax moth larvae

For citation: Osokina AS, Zhironov DK. Premix development from *Galleria mellonella* L. (*Piralidae*) larvae, farmed on feed with medicinal herbs addition (using the example of *Leuzea* safflower). *Bulletin of KSAU*. 2025;(4):175-187 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-174-186.

Acknowledgments: the work was carried out in accordance with the state research assignment № 1021032424706-4-4.1.1.

Введение. Современные тенденции в сфере биотехнологии, сельского хозяйства указывают на то, что наблюдается повышенный интерес мировой науки к насекомым, особое внимание отводят большой восковой моли [1].

Большая восковая моль (*Galleria mellonella* L., *Piralidae*) – вредитель в пчеловодстве. Насекомое имеет четыре стадии развития: яйцо, личинка, куколка и имаго. Разрушающий эффект от *G. mellonella* приносит личинка. В естественных условиях насекомое обитает в улье, разрушая соты с расплодом, поедая содержимое сот (мед, перга) [2]. Доказано множество эффектов от приема экстракта из личинок со времен И.И. Мечникова. Его применяют от бронхолегочных заболеваний, в гинекологии, педиатрии и др., что подтверждается научными исследованиями и патентами ФГБУН Института биофизики клетки РАН [3, 4]. Кроме того, *G. Mellonella* в виде настойки и в нативной форме ис-

пользуют в сельском хозяйстве для повышения продуктивности животных [5]. Доказано, что продукты жизнедеятельности личинок имеют схожие терапевтические и профилактические эффекты с самой личинкой [6].

Личинка *G. mellonella* является универсальным модельным тест-объектом в ряде научных направлений – иммунология, микробиология, токсикология и др. [7]. Разработаны условия содержания *G. mellonella* в лаборатории с подробным описанием оптимальных абиотических условий, условий кормления и разведения. Исследования по влиянию добавок лекарственных трав в естественную питательную среду личинок *G. mellonella* показывают, что они значительно повышают биологические показатели личинок [8]. Лекарственные растения обладают разнообразными эффектами [9]. Их применяют в фармакологии, пищевой промышленности

[10], а также в сельском хозяйстве в качестве корма для животных и насекомых [11, 12].

Для постановки эксперимента в качестве лекарственной травы были взяты листовые части левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides* Willd.), которая обладает эффектом адаптогенности и биостимулятора [13]. Известно, что у данного растения высокое содержание экдистероидов, обладающих способностью изменять гомеостаз организма, воздействуя на рост и дифференциацию клеток. Доказано, что экдистероиды содержатся в экстрактах из всех органов растения, концентрация их выше в образцах розеточных листьев, собранных в более ранние фазы развития [14]. Для повышения усвояемости личинками и доступности для них лекарственных трав применяют различные технологии их измельчения.

Использование мельниц в разных сферах деятельности человека не ограничивается лишь строительством, металлургией, горной промышленностью [15], их с успехом используют в пищевой промышленности, фармакологии для измельчения лекарственных растений. При измельчении лекарственных растений необходимо обеспечить сохранение их полезных свойств, исключение перегрева образцов, сохранение чистоты конечного продукта (исключить загрязнение продуктами износа рабочих частей мельницы), минимальный расход энергозатрат на единицу готовой продукции.

Среди существующих способов измельчения: резание, раздавливание, распиливание, свободный удар, стесненный удар – наиболее подходящим способом для обеспечения вышеуказанных требований является разрушение свободным ударом за несколько этапов с обеспечением вывода готового продукта из зоны измельчения после каждой стадии измельчения. При таком разрушении образцы будут подвержены минимальным нагрузкам, не будут переизмельчены менее требуемых размеров. Данный способ разрушения определяет высокую чистоту конечного продукта без примесей частиц износа измельчающей установки.

Цель исследований – изучить морфологические параметры личинок большой восковой моли (*Galleria mellonella* L.) при выращивании на корме с добавлением левзеи сафлоровидной для перспективы использования

личинок в качестве подкормки для продуктивных сельскохозяйственных животных.

Задачи: оценить влияние размера частиц измельченной левзеи на морфофизиологические показатели личинок (масса, длина, головная капсула, выживаемость); выявить оптимальное процентное соотношение лекарственного растения в корме по морфологическим показателям личинок; провести сравнительный биохимический анализ личинок *G. mellonella* на сырой протеин, жир, содержание золы.

Объекты и методы. Объект исследований – личинка *G. mellonella*. Исследования проводились в период 2020–2021 гг. на базе Удмуртского НИИСХ – структурного подразделения УдмФИЦ УрО РАН. Первоначально маточная культура *G. mellonella* была взята с пасеки КФХ «Медонос» (Шарканский район Удмуртской Республики). Насекомое содержалось в лабораторных условиях в садках при заданных абиотических условиях – температура (32 ± 10) °С, относительная влажность 60–70 %, абсолютная темнота.

При выполнении работ было использовано оборудование Центра коллективного пользования «Центр физических и физико-химических методов анализа, исследования свойств и характеристик поверхности, наноструктур, материалов и изделий» УдмФИЦ УрО РАН.

Для проведения экспериментальных исследований использовалась многоступенчатая центробежно-ударная мельница производительностью 1 т/ч [16–18], имеющая 3 ступени измельчения с выводом готового продукта после каждой ступени за счет установленных скатных конусов-сит с ячейкой 125 мкм. Для привода мельницы был использован асинхронный электродвигатель АИР 80В2 мощностью 2,2 кВт с номинальной скоростью вращения 2 920 об/мин. Двигатель и ротор мельницы установлены вал в вал, и для расширения диапазона оборотов ротора использован частотный преобразователь Altivar 312 4 кВт. Как показали многочисленные экспериментальные исследования, указанный выше электродвигатель может длительное время работать со скоростью вдвое выше номинальной без каких-либо повреждений. Изменения размера конечного продукта достигали за счет регулирования скорости вращения ротора мельницы. Для эксперимента были выбраны

разгонные диски наружным диаметром 250 мм. Коэффициент трения частиц левзеи по стали приблизительно равен 0,4. Ниже представлена зависимость скорости вылета частиц от скорости вращения ротора (ω - угловая скорость, рад/с) мельницы при коэффициенте трения 0,4 (фор-

мулы (1),(2)) [16]. В соответствии с графиком оптимальный угол наклона лопаток (r_n/R) при $f = 0,4$ равен нулю – радиальные лопатки, поэтому для эксперимента были использованы разгонные диски с радиальными лопатками:

$$S(t) = \frac{\lambda_2(S_0 + S_n - r_n f) - v_0}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{\lambda_1 t} - \frac{\lambda_1(S_0 + S_n - r_n f) - v_0}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{\lambda_2 t} - S_n + r_n f. \quad (1)$$

Продифференцировав уравнение (1), получим

$$V(t) = \lambda_1 \frac{\lambda_2(S_0 + S_n - r_n f) - V_0}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{\lambda_1 t} - \lambda_2 \frac{\lambda_1(S_0 + S_n - r_n f) - V_0}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{\lambda_2 t}. \quad (2)$$

Надземные части (стебель и листья) левзеи измельчали в многоступенчатой центробежно-ударной мельнице до нужного размера частиц и

добавляли к выбракованным сотам (пасечные вытопки) остатки перги, продуктов жизнедеятельности пчел в разном соотношении (табл. 1).

Таблица 1

**Схема исследований
Research scheme**

Группа (n = 30)	Диаметр частиц, мкм	Процентное соотношение, %
Контрольная	–	–
1-я опытная	Меньше 140	10, 20, 50
2-я опытная	140–250	
3-я опытная	250–315	
4-я опытная	315–500	

Для отделения нужной фракции измельченного продукта (левзеи) был использован лабораторный рассев с набором сит: 140; 250; 315; 500 мкм. С целью улучшения консистенции конечной питательной среды подготовленные ингредиенты растирали в ступке в течение 5 мин с добавлением 5–8 мл воды в зависимости от количества лекарственной травы.

Для определения влияния левзеи сафлоровидной в составе питательной среды на процессы жизнедеятельности личинок применяли следующие методы измерения основных морфологических показателей по методикам [19, 20]. Среднюю массу личинок (г) определяли

путем взвешивания каждой личинки на электронных весах VIBRA AJ с точностью до 0,001 г (Япония). Длину личинок (мм) оценивали методом измерения длины тела, головную капсулу (мм) – с применением бинокюляра, по ширине головной капсулы. Оценку возраста личинок производили в соответствии со стандартными критериями путем измерения ширины головной капсулы, используя бинокюлярный микроскоп МБС-10 с калибровочным окуляром-микрометром при $\times 40$. Замеры головной капсулы проводили по максимально широкой точке по методике Н.Г. Дяг (1890) (табл. 2).

Параметры ширины головной капсулы (по Н.Г. Дюар, 1890)
Head capsule width parameters (according to H.G. Dyar, 1890)

Стадия развития (возраст личинки)	Деления шкалы	Размер головной капсулы, мм
I	3–4,5	0,15–0,25
II	5–7	0,3–0,35
III	8–12	0,4–0,6
IV	13–18	0,65–0,85
V	18–30	0,9–1,5
VI	27–37	1,35–1,85
VII	38–46	1,9–2,3

Личинки были взяты с одной маточной культуры, с одной кладки яиц *G. mellonella*, поэтому в дальнейшем первоначальная масса и возраст личинок приняты за равные во всех изучаемых группах. Выживаемость оценивалась по количеству выживших личинок на момент завершения эксперимента. Продолжительность проведения опыта с личинками составляла 15 дней, после чего личинки замораживали в морозильной камере холодильника при температуре не меньше $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ с последующим их измерением по вышеуказанным методикам. Опыт ставился в трехкратной повторности.

Биохимический анализ образцов личинок проводился в лаборатории Агрохимцентра «Удмуртский» (г. Ижевск) по ГОСТ 31640-2012 «Корма. Методы определения содержания сухого вещества»; ГОСТ 13496.4-2019 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина» (фотометрический анализ); ГОСТ 13496.15-2016 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира» (анализ по обезжиренному остатку); ГОСТ 32933-2014 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы содержания сырой золы»; ГОСТ 26573.2-2014 «Статистические методы. Приемочный контроль качества».

Сухое вещество оценивалось методом высушивания, содержание азота – по титриметрическому методу определения азота по Кьельдалю, сырой жир – по Сокслету, сырая зола определялась путем прокаливания и взвешивания полученного остатка. Для оценки каждого показателя бралась средняя навеска личинок из всех опытных групп в трехкратной повторности в равном объеме и определялась средняя для

опытной группы с добавлением лекарственной травы в корм.

Полученные данные подвергались статистической обработке методами вариационной статистики с определением значений средней со среднеквадратичным отклонением ($\bar{X} \pm m$), коэффициент вариации (C_v , %) с проверкой достоверности результатов с помощью критерия Стьюдента и уровня значимости (P). Корреляционный анализ проводился по критерию Пирсона.

Результаты и их обсуждение. Одним из основных количественных показателей получения качественного биосырья является масса личинок. Эксперимент показал, что средние значения массы личинок, выращенных на естественном корме без добавления левзеи, равны 0,11 г ($0,11 \pm 0,01$). Отмечено, что экспоненциальная линия тренда средних значений масс личинок большой восковой моли, выращенных с добавлением левзеи разного гранулометрического состава, варьируется от минимального помола до максимального при разных соотношениях корм : левзея (табл. 3).

Выявлено, что максимальные значения масс личинок, выращенных с добавлением левзеи помолем менее 140 мкм в соотношении 80 : 20 и 50 : 50, – 0,12 и 0,17 г соответственно. Вероятно, тонкий помол менее 140 мкм личинки легче захватывают и поедают вместе с кормом. Отмечена закономерность, что при повышении процентного соотношения левзеи в корме увеличивается масса личинок. Из данных таблицы 3 видно, что при помоле левзеи 315–500 мкм достоверно масса личинок при разных соотношениях ниже контроля на 36,4; 45,5 и 18,1 % соответственно.

**Средняя масса личинок, выращенных на корме
с добавлением левзеи различного гранулометрического состава, г**
**The average weight of larvae grown on feed with the addition
of Leucea of various granulometric composition, g**

Группа	Статистические значения	Процентное соотношение корм : лекарственная трава			Средние значения
		90 : 10	80 : 20	50 : 50	
Контрольная	X±m	0,11 ± 0,01 (n = 50)			0,11
	Cv, %	34,78			
	lim	0,048–0,158			
Менее 140 мкм	X±m	0,08 ± 0,01** (n = 47)	0,12 ± 0,01* (n = 50)	0,17 ± 0,01*** (n = 43)	0,12
	Cv, %	32,34	33,84	32,15	
	lim	0,03–0,17	0,05–0,18	0,07–0,24	
140–250 мкм	X±m	0,07±0,01*** (n = 46)	0,05±0,01*** (n = 36)	0,11±0,01 (n = 42)	0,08
	Cv, %	29,81	31,28	44,44	
	lim	0,01–0,13	0,02–0,08	0,05–0,21	
250–315 мкм	X±m	0,09±0,01* (n = 38)	0,09±0,01* (n = 40)	0,10±0,01 (n = 39)	0,10
	Cv, %	24,89	40,09	17,19	
	lim		0,04–0,17	0,05–0,13	
315–500 мкм	X±m	0,07±0,01*** (n = 44)	0,06±0,01*** (n = 40)	0,09±0,01* (n = 43)	0,07
	Cv, %	34,16	39,86	35,58	
	lim	0,03–0,11	0,02–0,10	0,04–0,16	
Средние значения		0,077	0,080	0,117	

Здесь и далее: *P ≤ 0,05, **P ≤ 0,01, ***P ≤ 0,001 при разнице с контрольной группой.

Длина личинок – показатель, отражающий процессы жизнедеятельности, является второстепенной величиной. Результаты исследований показали, что длина личинок в контрольной

группе составила 19,4 мм. В экспериментальных группах значения длины ниже контрольных (табл. 4).

Таблица 4

**Средняя длина личинок большой восковой моли, выращенных на корме
с добавлением левзеи различного гранулометрического состава, см**
**The average length of larvae of the large wax moth, grown on feed with the addition
of leucea of various granulometric composition, cm**

Группа	Статистические значения	Процентное соотношение корм : лекарственная трава			Средние значения
		90 : 10	80 : 20	50 : 50	
1	2	3	4	5	6
Контрольная	X±m	1,94±0,06 (n = 50)			1,94
	Cv, %	20,42			
	lim	1,2–2,7			

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6
Менее 140 мкм	$X \pm m$	1,70±0,06** (n = 47)	1,93±0,03 (n = 50)	2,24±0,04*** (n = 43)	1,96
	Cv, %	22,95	11,58	12,71	
	lim	0,09-2,3	1,5-2,3	1,8-2,6	
140–250 мкм	$X \pm m$	1,57±0,05* (n = 46)	1,75±0,05* (n = 36)	1,88±0,04 (n = 42)	1,73
	Cv, %	22,71	19,62	12,64	
	lim	0,7-2,3	1,3-2,4	1,6-2,4	
250–315 мкм	$X \pm m$	1,68±0,09* (n = 38)	1,75±0,05* (n = 40)	1,9±0,04*** (n = 39)	1,57
	Cv, %	28,68	19,62	20,96	
	lim	0,80-2,40	1,3-2,4	1,0-1,7	
315–500 мкм	$X \pm m$	1,35±0,07*** (n = 44)	1,45±0,06*** (n = 40)	1,87±0,05 (n = 43)	1,56
	Cv, %	29,12	29,56	19,12	
	lim	0,5–2,0	0,7–2,3	1,3–3,6	
Средние значения		1,575	1,720	1,820	

Проанализировав данные таблицы 4, можно увидеть, что существует тенденция варьирования значений длины по экспоненте в зависимости от размера частиц левзеи. Выявлено, что соотношение 50 : 50 во всех опытных группах наиболее оптимально и близко к контролю, на 4,1 % ниже контроля. Соотношение 90 : 10 и 80 : 20 ниже контроля на 18,5 и 14,4 % соответственно. Максимальная длина личинок при помолу менее 140 мкм в соотношении корм : трава 50 : 50 – 2,24 см (при $P \leq 0,001$), минимальная при помолу 315–500 мкм в соотношении 90 : 10 – 1,35 см (при $P \leq 0,001$).

Результаты по длине личинок также подтверждают результаты, полученные по массам – оптимальное соотношение корма и травы 50 : 50 при размере частиц левзеи менее 140 мкм. Выявлена тенденция снижения длины по мере увеличения помола.

Головная капсула (возраст) – показатель стадии развития личинки. Головная капсула состоит из хитина, которая по мере роста личинок также растет до определенного возраста. После чего личинка линяет и меняет хитиновую капсулу на новую. В контроле головная капсула сос-

тавила 1,72 мм, что соответствует VI стадии развития (табл. 5). Из полученных результатов видно, что аналогично результатам по длине и массе ширина головной капсулы незначительно уменьшается при увеличении помола лекарственной травы. Максимальная ширина головной капсулы у личинок, выращенных с добавлением левзеи в соотношении 50 : 50. Минимальные значения при гранулометрическом составе 250–315 и 315–500 мкм. В остальных группах значения близки к контролю.

При оценке возраста личинок *G. mellonella* выявилось, что вне зависимости от гранулометрического состава и процентного соотношения левзеи возраст личинок относится к VI стадии развития, за исключением личинок в опытной группе помола левзеи менее 140 мкм, 50 : 50, которые относятся к VII стадии. Таким образом, можно заключить, что на возраст добавка из левзеи повлияла незначительно на возраст личинки.

Показатель выживаемости личинок в опытной группе варьируется от 63,33 до 83,33 % (табл. 6).

Средняя ширина головной капсулы личинок *G.mellonella*, выращенных на корме с добавлением левзеи различного гранулометрического состава, мм
The average width of the head capsule of *G.mellonella* larvae grown on feed with the addition of leucea of various granulometric composition, mm

Группа	Статистические значения	Процентное соотношение корм : лекарственная трава			Среднее значение
		90 : 10	80 : 20	50 : 50	
Контрольная	X±m	1,77±0,03 (VI) (n = 50)			1,77 (VI)
	Cv, %	13,63			
	lim	1,3-2,1			
Менее 140 мкм	X±m	1,60±0,04** (VI) (n = 47)	1,79±0,04 (VI) (n = 43)	1,93±0,04* (VII) (n = 50)	1,77 (VI)
	Cv, %	16,28	14,28	17,73	
	lim	1,1-2,0	1,2-2,1	1,4-3,0	
140-250 мкм	X±m	1,66±0,04** (VI) (n = 46)	1,58±0,05* (VI) (n = 36)	1,84±0,02 (VI) (n = 42)	1,69 (VI)
	Cv, %	21,83	21,96	10,11	
	lim	1,0-2,2	0,9-2,1	1,5-2,1	
250-315 мкм	X±m	1,55±0,06** (VI) (n = 38)	1,67±0,02* (VI) (n = 40)	1,72±0,03*** (VI) (n = 39)	1,53 (VI)
	Cv, %	21,74	10,52	13,48	
	lim	0,8-2,0	1,3-1,9	1,1-1,6	
315-500 мкм	X±m	1,27±0,06*** (V) (n = 44)	1,43±0,05*** (VI) (n = 40)	1,95±0,01*** (VI) (n = 43)	1,55 (VI)
	Cv, %	31,76	24,64	5,61	
	lim	0,09-1,8	0,08-2,0	1,8-2,1	
Среднее значение		1,52 (VI)	1,65 (VI)	1,74 (VI)	

Таблица 6

Оценка выживаемости личинок, выращенных на корме с добавлением левзеи различного гранулометрического состава, %
Assessment of the survival rate of larvae grown on feed with the addition of Leucea of various granulometric composition, %

Группа	Процентное соотношение корм : лекарственная трава			Среднее значение
	90 : 10	80 : 20	50 : 50	
Контрольная группа	83,33			
Менее 140	78,33	78,33	83,33	80,00
140-250	76,67	60,00	70,00	68,89
250-315	63,33	66,67	65	65,00
315-500	73,33	66,67	71,67	70,56
Среднее значение	79,91	67,92	72,50	

Выживаемость личинок в группе гранулометрического состава менее 140 мкм в среднем на 4 % ниже контроля. Самое низкое значение выживаемости в группе 250–315 мкм в соотношении корм : лекарственное растение 90 : 10 – 63,33 %. Значение, близкое к контролю, в группе корм : левзея 50 : 50 и состав менее 140 мкм – 83,33 %.

Корреляционный анализ (табл. 7) демонстрирует сильную зависимость изучаемых показателей в разных группах гранулометрического состава.

Отмечается слабая зависимость показателей в группе 250–315 мкм при соотношении 50 : 50 % массы с головной капсулой и длиной. В остальных группах связь сильная и указывает на прямую зависимость между показателями. Сильная прямая корреляционная зависимость по всем показателям отмечается в опытных группах процентным соотношением левзеи 10 и 20 %.

Проведенный биохимический анализ личинок, выращенных на левзее, показал сухого вещества на 42,4 % больше, чем в контрольных личинках (табл. 8). На данный показатель влияет состав пищи.

Таблица 7

Корреляционный анализ морфофизиологических показателей личинок в зависимости от гранулометрического состава и процентного соотношения корма и лекарственной травы
Correlation analysis of morphophysiological parameters of larvae depending on the granulometric composition and percentage ratio of feed and medicinal herb

Процентное соотношение лекарственной травы в корме	Меньше 140 мкм			140–250 мкм			250–315 мкм			315–500 мкм		
	Масса и длина, г/см	Масса и головная Капсула, г/мм	Длина и головная Капсула, см/мм	Масса и длина, г/см	Масса и головная Капсула, г/мм	Длина и головная Капсула, см/мм	Масса и длина, г/см	Масса и головная Капсула, г/мм	Длина и головная Капсула, см/мм	Масса и длина, г/см	Масса и головная Капсула, г/мм	Длина и головная Капсула, см/мм
Левзея 10 %	0,82	0,42	0,66	0,93	0,84	0,84	0,92	0,93	0,94	0,94	0,82	0,87
Левзея 20 %	0,89	0,59	0,72	0,96	0,63	0,70	0,98	0,43	0,5	0,83	0,86	0,8
Левзея 50 %	0,97	0,72	0,73	0,95	0,74	0,59	0,17	–0,4	0,63	–0,45	0,92	0,92

Таблица 8

Сравнительный биохимический анализ личинок, выращенных на корме с добавлением *R. Carthamoides*, %
Comparative biochemical analysis of larvae grown on feed with the addition of *R. Carthamoides*, %

Показатель	Контрольная группа (естественный корм) (M. Bednařova, M. Borkovcova, V. Fišer, 2012 [21])	Естественный корм + <i>R. carthamoides</i>
	x±m	
Массовая доля сухого вещества	34,53	49,20±2,0
Процент к контролю	100	142,4
Массовая доля сырого протеина (в сухом веществе)	43,47	54,44±1,58
Процент к контролю	100	125,2
Массовая доля сырого жира	22,30	20,70±2,91
Процент к контролю	100	92,8
Массовая доля сырой золы	4,2	4,6±0,2
Процент к контролю	100	109

Содержание сырого протеина и сырого жира личинок опытной группы выше контрольных значений на 42,4 и 25,2 % соответственно. Данный факт можно объяснить получением из лекарственной травы большего количества минеральных компонентов.

По массе выявлено, что 10 % добавления травы положительно влияет на прирост биомассы личинок. Так, в опытных группах менее 140 и 315–500 мкм прирост массы составил в среднем 45 %. По показателю длины значения ближе или выше контрольных при добавлении 50 % добавки травы. На головную капсулу оказало также влияние 50 %-я добавка левзеи.

Расчет экономической эффективности применения подкормки личинками указывает, что прирост биомассы личинок большой восковой моли в опытной группе составляет 45 %, что демонстрирует окупаемость затрат на приобретение лекарственной травы. При рыночной стоимости левзеи 1 кг в 5 000 руб. рентабельность составит 145 %.

Заключение. Кормление левзеей, измельченной в многоступенчатой центробежно-ударной мельнице положительно повлияло на процессы жизнедеятельности личинок *G. Mellonella*. Выявлено, что оптимальным по всем изу-

чаемым показателям при гранулометрическом составе левзеи является размер частиц менее 140 мкм без существенного изменения ее биологических параметров. Масса личинок в данной группе 0,17 г, длина личинки – 2,24 см, размер головной капсулы – 1,93 мм, выживаемость – 83,33 %.

Оптимальное процентное соотношение корм : лекарственное растение 50 : 50, при котором морфометрические значения приближаются к контрольным.

Биохимический анализ демонстрирует, что содержание протеина в личинках *Galleria mellonella* опытной группы существенно выше (на 42,4 %), чем в контроле, как и сырого жира.

Таким образом, поскольку опыт исследователей в данном направлении указывает на положительную тенденцию применения лекарственных трав в качестве добавки для повышения массы личинок, то для воспроизводства высокопродуктивных сельскохозяйственных животных, в т. ч. птицы, и получения экологически чистой продукции применение насекомых в качестве биологически активной подкормки, выращенных с добавлением лекарственных трав, имеет место быть в средних и мелких хозяйствах.

Список источников

1. Соколов В.В., Осокина А.С., Касаткин В.В. Технология механизации сортировки личинок *Galleria mellonella* L. // Вестник государственного аграрного университета. 2020. Т. 15, № 2 (58). С. 120–124. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-120-124. EDN: INUKMG.
2. Коновалова Т.В. Современные средства и методы обеспечения ветеринарного благополучия по инфекционной и протозойной патологии животных, рыб и пчел. В сб.: Методические рекомендации по лабораторному содержанию и разведению большой восковой огневки *Galleria mellonella* L. М.: Агентство творческих технологий, 2011. С. 156–178.
3. Спиридонов Н.А., Рачков А.К., Мухин С.А., и др. Способ получения биологически активного продукта из личинок большой восковой моли. Патент РФ № 2038086 С1. 27.06.1998. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2038086C1/ru>. Ссылка активна на 27.04.2024.
4. Поправко С.А. Применение продуктов пчеловодства в апитерапии. В сб.: Брандорф А.З., Калинин Р.П., Бородачев А.В., и др., ред.; Федеральный научный центр пчеловодства. Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы пчеловодства и апитерапии». Рыбное, 2021. С. 432–437. EDN: ELTGNU.
5. Кондрашова М.Н., Литвинова Е.Г., Акуленко М.А., Тутукина М.Н., Овсепян А.А. Фармакологическая композиция из личинок *Galleria mellonella* и способ ее получения. Патент РФ № 2741801 С2. 28.01.2021. Бюл. № 4. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2741801C2/ru>. Ссылка активна на 27.04.2024.

6. Соломка В.А. Большая восковая моль («Золотая бабочка»). Технологии. Свойства. Киев: Медицина Украины, 2012. 40 с.
7. Wojda I., Staniec B., Suiiek M., et al. The greater wax moth *Galleria mellonella*: biology and use in immune studies // *Pathogens and Disease*. 2020. № 78 (9). ftaa057. DOI: 10.1093/femspd/ftaa057. EDN: STPZHI.
8. Осокина А.С. Ресурсный потенциал применения личинок большой восковой моли (*Galleria mellonella* L.) при выращивании в лабораторных условиях: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2016. 23 с. EDN: ZQBRKF.
9. Кузьменко И.Н., Колясникова Н.П. Лекарственные и ядовитые растения: учебное пособие. Пермь: ПрокростЪ, 2019. С. 103–104. EDN: SANYYN.
10. Щепеткова А.Г., Лойко И.М., Скудная Т.М., и др. Использование экстракта личинок восковой моли для стимуляции обменных процессов и повышения защитных свойств организма телят // *Сельское хозяйство – перспективы и проблемы*. 2017. Т. 36. Ветеринария. С. 238–242. EDN: YOZAUJ.
11. Беляев А.Г., Зуева А.Г. Изучения возможности использования продуктов лекарственных растений – кипрея узколистного и мяты перечной в технологии производства пряничных изделий // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2015. № 3. С. 8–16. DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10056.
12. Дускаев Г.К., Левахин Г.И., Докина Н.Н. Лекарственные растения и их применение в животноводстве // *Животноводство и кормопроизводство*. 2020. Т. 103, № 3. С. 204–214. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-204. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-204. EDN: OHVJYU.
13. Бухарметова Э.В. Левзея сафлоровидная. В сб.: Юго-Западный государственный университет, Межрегиональная просветительская общественная организация «Объединение православных ученых», Орловский госуниверситет имени И.С. Тургенева, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, Московский политехнический университет. 2-я Международная научная конференция перспективных разработок молодых ученых «Школа молодых новаторов». Т. 2. Курск, 2021. С. 211–213. EDN: BQYOAR.
14. Тимофеев Н.П., Чухчин Д.Г. Накопление и состав экстрактивных веществ из надземных и подземных органов левзеи сафлоровидной. В сб.: VIII Международный симпозиум «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». М.: ВНИИССОК, 2009. Т. 3. С. 260–266.
15. Миронов К.Е., Мансуров А.П., Низовцев С.Л. Определение количественных показателей работы измельчителя зерна // *Вестник НГИЭИ*. 2020. № 4 (107). С. 24–33. EDN: ZEJOWY.
16. Жиров Д.К., Королева М.Р. Математическое исследование движения сыпучих материалов в ударно-отражательном измельчителе // *Химическая физика и мезоскопия*. 2016. Т. 18, № 3. С. 361–369. EDN: WWMCP.L.
17. Жиров Д.К. Многоступенчатая центробежно-ударная мельница. Патент РФ № 153992. 10.08.2015. Бюл. № 22. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU153992U1/ru>. Ссылка активна на 23.04.2024.
18. Жиров Д.К. Исследование влияния энергозатрат при механоактивации в центробежной мельнице на характеристики порошков оксида меди // *Химическая физика и мезоскопия*. 2020. Т. 22, № 3. С. 317–22. DOI: 10.15350/17270529.2020.3.31. EDN: DDQXCX.
19. Калашникова М.В., Сидорова К.А., Пашаян С.А., и др. Изучение химического состава организма пчел в условиях пригородных пасек // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 10. С. 1983–1986. EDN: RKPTZD.
20. Еськов Е.К., Еськова М.Д. Неравномерность свинца и кадмия в теле пчелы // *Пчеловодство*. 2012. № 10. С. 7. EDN: PKNFZB.
21. Bednařova M., Borkovcova M., Fišer V. Zakladninutrični profil larev zaviječe voskoveho (*Galleria mellonella*) // *Mendelnet*. 2012. Vol. 1. P. 722–727.

References

1. Sokolov VV, Osokina AS, Kasatkin VV. Galleria Mellonella L. Garbage sorting mechanization technology. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2020;15(2):120-124. (In Russ.). DOI: 10.12737/2073-0462-2020-120-124. EDN: INUKMG.
2. Konovalova TV. Sovremennye sredstva i metody obespecheniya veterinarnogo blagopoluchiya po infekcionnoj i protozoičnoj patologii zhivotnyh, ryb i pchel. V sb.: *Metodicheskie rekomendacii po laboratornomu sodержaniyu i razvedeniyu bol'shoj voskovoј ognеvki Galleria mellonella L.* Moscow: Agentstvo tvorcheskih tekhnologij; 2011. P. 156–178. (In Russ.).
3. Spiridonov NA, Rachkov AK, Muhin SA, et al. *Sposob polucheniya biologicheskii aktivnogo produkta iz lichinok bol'shoj voskovoј moli.* Patent RUS № 2038086. 27.06.1998. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2038086C1/ru>. Accessed: 27.04.2024. (In Russ.).
4. Popravko SA. Primenenie produktov pchelovodstva v apiterapii. V sb.: Brandorf AZ, Kalinin RP, Borodachev AV, et al., editors; Federal'nyj nauchnyj centr pchelovodstva. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya "Sovremennye problemy pchelovodstva i apiterapii"*. Rybnoe; 2021. P. 432–437. DOI: 10.51759/pchel_api_2021_429. (In Russ.). EDN: ELTGNU.
5. Kondrashova MN, Litvinova EG, Akulenko MA, Tutukina MN, Ovsepyan AA. *Farmako-logicheskaya kompoziciya iz lichinok Galleria mellonella i sposob ee polucheniya.* Patent RUS № 2741801. 28.01.2021. Byul. № 4. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2741801C2/ru>. Accessed: 27.04.2024. (In Russ.).
6. Solomka VA. *Bol'shaya voskovaya mol' ("Zolotaya babochka"). Tekhnologii. Svoystva.* Kyiv: Medicina Ukrainy; 2012. 40 p. (In Russ.).
7. Wojda I, Staniec B, Suiek M, et al. The greater wax moth *Galleria mellonella*: biology and use in immune studies. *Pathogens and Disease*. 2020;78(9):ftaa057. DOI: 10.1093/femspd/ftaa057. EDN: STPZHI.
8. Osokina AS. *Resursnyj potencial primeneniya lichinok bol'shoj voskovoј moli (Galleria mellonella L.) pri vyrashchivanii v laboratornyh usloviyah* [abstract dissertation]. Moscow; 2016. 23 p. (In Russ.). EDN: ZQBRKF.
9. Kuz'menko IN, Kolyasnikova NL. *Lekarstvennye i yadovitye rasteniya: uchebnoe posobie.* Perm': Prokrost"; 2019. P. 103–104. (In Russ.). EDN: SANYYN.
10. Shchepetkova AG, Loiko IM, Skydnaya TM. Using of extract of larvae of the wax moth for stimulation of exchange processes and increase in protective properties of the organism of calfs. *Sel'skoe hozyajstvo – problemy i perspektivy*. 2017;36. *Veterinariya*:238-242. (In Russ.). EDN: YOZAUJ.
11. Belyaev AG, Zueva AG. Studying the possibility of using the products of medicinal plants – fireweed of narrow-leaved and peppermint in the technology of production of gingerbread products. *Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*. 2015;(3):8-16. (In Russ.). DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10056.
12. Duskaev GK, Levakhin GI, Dokina NN. Medicinal plants and their use in animal husbandry. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(3):204-214. (In Russ.). DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-204. EDN: OHVJYU.
13. Buharmetova EV. Levzeyа saflorovidnaya. In: Yugo-Zapadnyj gosudarstven-nyj universitet, Mezhhregional'naya prosvetitel'skaya obshchestvennaya organizaciya "Ob`edinenie pravoslavnyh uchenyh", Orlovskij gosuniversitet im. I.S. Turgeneva, Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva, Moskovskij politekhnicheskij universitet. *2-ya Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya perspektivnyh razrabotok molodyh uchenyh "Shkola molodyh novatorov"*. Vol. 2. Kursk, 2021. P. 211–213. (In Russ.). EDN: BQYOAR.
14. Timofeev NP, Chuhchin DG. Nakoplenie i sostav ekstraktivnyh veshchestv iz nadzemnyh i podzemnyh organov levzei saflorovidnoj. In: *VIII Mezhdunarodnyj simpozium "Novye i netradicijnyye rasteniya i perspektivy ih ispol'zovaniya"*. Moscow: VNISSOK, 2009. V. 3. P. 260–266. (In Russ.).

15. Mironov KE, Mansurov AP, Nizovtsev SL. Determination of quantitative indicators of work of the grain grinder. *Bulletin NGII*. 2020;(4):24-33. (In Russ.). EDN: ZEJOWY.
16. Zhirov DK, Koroleva MR. Mathematical investigation of granular material movement at the impact mill. *Himicheskaya fizika i mezoskopiya*. 2016;18(3):361-369. (In Russ.). EDN: WWMCPL.
17. Zhirov DK. *Mnogostupenchataya centrobezchno-udarnaya mel'nica*. Patent RUS № 153992. 10.08.2015. Byul. № 22. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU153992U1/ru>. Accessed: 27.04.2024.
18. Zhirov DK. Study of the effect of energy costs during mechanoactivation in a centrifugal mill on the copper oxide powders characteristics. *Himicheskaya fizika i mezoskopiya*. 2020;22(3):317-22. (In Russ.). DOI: 10.15350/17270529.2020.3.31. EDN: DDQXCX.
19. Kalashnikova MV, Sidorova KA, Pashayan SA, et al. Study of the chemical composition of the body bees in suburban apiareas. *Fundamental research*. 2013;(10):1983-1986. (In Russ.). EDN: RKPTZD.
20. Es'kov EK, Es'kova MD. Neravnomernost' svinca i kadmiya v tele pchely. *Pchelovodstvo*. 2012;(10):7. (In Russ.). EDN: PKNFZB.
21. Bednařova M, Borkovcova M, Fišer V. Zakladnínutrični profil larev zaviječe voskoveho (*Galleria mellonella*). *Mendelnet*. 2012;(1):722-727.

Статья принята к публикации 05.03.2025 / The article accepted for publication 05.03.2025.

Информация об авторах:

Анастасия Сергеевна Осокина¹, старший научный сотрудник управления НИР, кандидат биологических наук

Дмитрий Константинович Жиров², старший научный сотрудник лаборатории информационно-измерительных систем, кандидат технических наук

Information about the authors:

Anastasia Sergeevna Osokina¹, Senior Researcher, Research Department, Candidate of Biological Sciences

Dmitry Konstantinovich Zhirov², Senior Researcher, Laboratory of Information and Measuring Systems, Candidate of Technical Sciences

