

КОРМЛЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ СОДЕРЖАНИЯ ЖИВОТНЫХ



Научная статья

УДК 636.034:338.4 (477.61)

<https://doi.org/10.23947/1682-5616-2023-22-2-19-25>**Биологические особенности личинок *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* в качестве источника кормового белка для животных**А.Ю. Медведев¹ , Н.В. Волгина² , В.Г. Сметанкина¹ , А.А. Матковская² , А.П. Зеленков³ ✉, Г.А. Зеленкова³ ¹ Луганский государственный аграрный университет, г. Луганск, Российская Федерация² Луганский государственный педагогический университет, г. Луганск, Российская Федерация³ Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация✉ zelenkovalex@rambler.ru**Аннотация**

Введение. В связи с увеличением населения планеты возрастает потребность в продуктах питания. Решить этот вопрос можно только с помощью развития животноводства, птицеводства, рыбоводства, которые остро нуждаются в белковых кормовых средствах. Химический состав личинок жуков большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor*), зофобаса (*Zophobas morio*), а также мухи черная львинка (*Hermetia illucens*) позволяет эффективно использовать их в комбикормовой промышленности. Поэтому цель наших исследований — изучение в сравнительном аспекте биологических особенностей указанных выше насекомых и их личинок в контексте усовершенствования технологии производства новых видов кормового белка.

Материалы и методы. Исследования проводили путем сравнения биологических особенностей насекомых *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* и *Hermetia illucens*.

Результаты исследования. Выявили особенности температурных условий в нативных ареалах изучаемых видов насекомых, что может быть использовано при усовершенствовании технологии искусственного выращивания личинок. Определили аспекты влияния природной кормовой базы на формирование питательных сред личинок при их выращивании для получения кормового белка. Провели сравнение интенсивности роста личинок насекомых данных видов.

Обсуждение и заключение. Изучение биологических особенностей *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* позволило сделать вывод о целесообразности использования их личинок в производстве комбикормов в качестве кормового белка. Исходя из особенностей химического состава, можно рекомендовать применение этих личинок в кормлении рыб ценных видов, сельскохозяйственной птицы, свиней и мелких домашних животных как в естественном виде, так и в виде белковой кормовой муки.

Ключевые слова: *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Hermetia illucens*, биологические особенности, личинки, абитические факторы, питательная среда, кормовой белок

Для цитирования. Медведев А.Ю., Волгина Н.В., Сметанкина В.Г. и др. Биологические особенности личинок *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* в качестве источника кормового белка для животных. Ветеринарная патология. 2023;22(2):19–25 <https://doi.org/10.23947/1682-5616-2023-22-2-19-25>

Biological Features of *Tenebrio Molitor*, *Zophobas Morio* and *Hermetia Illucens* Larvae as the Source of Feed Protein for Animals

Andrei Y Medvedev¹ , Natal'ya V Volgina² , Valentina G Smetankina¹ , Anastasiya A Matkovskaya² ,
Aleksii P Zelenkov³ ✉, Galina A Zelenkova³ 

¹ Lugansk State Agricultural University, Lugansk, Russian Federation

² Lugansk State Pedagogical University, Lugansk, Russian Federation

³ Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ zelenkovalex@rambler.ru

Abstract

Introduction. Due to the world's population growth, the need for food products increases. The only way to solve the problem is to develop the animal husbandry, poultry and fish farming, which are currently facing the acute deficit of protein feedstuff. Due to the chemical composition, the larvae of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) beetle, zofobas (*Zophobas morio*) beetle and the black soldier fly (*Hermetia illucens*) could be efficiently used in the compound feed production. Therefore, our research aims at the comparative study of the biological features of the above insects and their larvae in the context of improving the technology of the new types of feed protein production.

Materials and Methods. The research was conducted by comparing the biological features of the following insects: *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* and *Hermetia illucens*.

Results. The specific temperature conditions in the native ranges of the studied insect species were revealed. That could benefit the larvae artificial rearing technology. The aspects of the natural fodder base influence on the formation of the larvae nutrient medium upon their rearing for feed protein production were determined. The larvae growth intensity of the studied insect species was compared.

Discussion and Conclusion. The study of *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* and *Hermetia illucens* biological features brought us to the conclusion that using their larvae as feed protein in production of the compound feed is expedient. Based on the chemical composition features of the above larvae, both in their natural and protein feed flour form, they can be recommended for feeding the valuable fish species, poultry, pigs and small domestic animals.

Keywords: *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Hermetia illucens*, biological features, larvae, abiotic factors, nutrient medium, feed protein

For citation. Medvedev AY, Volgina NV, Smetankina VG, et al. Biological Features of *Tenebrio Molitor*, *Zophobas Morio* and *Hermetia Illucens* Larvae as the Source of Feed Protein for Animals. *Veterinary Pathology*. 2023;22(2):19–25 <https://doi.org/10.23947/1682-5616-2023-22-2-19-25>

Введение. По утверждению ученых, население планеты Земля к 2030 году увеличится до 8,5 млрд. человек. В результате потребности человечества в продуктах питания возрастут на 30–35 %, в питьевой воде — на 40 %, в энергии — на 50 % [1]. В данном случае одной из первых должна решаться проблема увеличения объемов производства продукции животноводства, в том числе и в Российской Федерации.

Развитие этой отрасли неразрывно связано в будущем с прогрессом в производстве комбикормов, основным и наиболее дорогим компонентом которых являются белковые составляющие (жмыхи, шроты, мясокостная, мясная, кровяная, рыбная мука и прочие). Их стоимость постоянно увеличивается, а дефицит — возрастает, что и обуславливает актуальность поиска новых источников качественного белка для введения в состав комбикормов [2]. В такой роли в ближайшей перспективе будет выступать кормовой белок насекомых.

Данная проблема в мире рассматривается сравнительно недавно, но преимущества кормового белка насекомых настолько очевидны, что уже не подвергаются сомнению. Этот довод констатируют и публикации зарубежных ученых [3–5], свидетельствующие о том, что интерес к корму для животных из личинок насекомых в последнее десятилетие увеличился практически на всех континентах.

В этом контексте имеет большое значение изучение биологических особенностей тех видов насекомых, личинки которых могут быть эффективно использованы в рецептурах комбикормов, что и подтверждает актуальность темы исследований.

Из этого следует цель — изучить в сравнительном аспекте биологические особенности имаго и личинок большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor*), зофобаса (*Zophobas morio*) и черной львинки (*Hermetia illucens*) в контексте усовершенствования технологии производства кормового белка.

Материалы и методы. Исследования проводили, сравнивая биологические особенности *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* и *Hermetia illucens*. Среди параметров сравнительного анализа выделяли:

- особенности жизненного цикла насекомых;
- особенности питания насекомых;
- основную кормовую базу личинок в природных условиях;
- интенсивность роста насекомых на стадии личинки;
- влияние абиотических факторов на развитие личинок (температура, состав воздуха, освещенность и т.д.).

Делали вывод о целесообразности использования личинок *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* для получения качественного кормового белка, уточняя особенности технологии их интенсивного выращивания (микроклимат и особенности питания).

Результаты исследования. На фоне проблем с обеспечением кормовой базы для животноводства в России и за рубежом личинки насекомых являются перспективной альтернативой традиционным источникам ценного белка. Научными исследованиями выявлено, что по химическому составу мука из личинок *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor* и *Hermetia illucens* вполне сравнима с мясокостной мукой (таблица 1) [6–7].

Например, содержание сырого протеина в мясокостной муке, широко применяемой в комбикормовой промышленности, составляет от 30 до 50 %, сырого жира — от 19,5 до 10 %, золы — от 34 до 19,5 %. В то же время в муке из личинок изучаемых насекомых сырой протеин достигает в среднем 43,9 %, жир — 28,1 %, зола — 31,2 %.

Особенности жизненного цикла насекомых

В природе жизненный цикл *Tenebrio molitor* длится 80–130 дней: откладка яиц происходит в июле–августе и продуцируется одно поколение в год. В благоприятных условиях *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* размножаются в течение всего года. Самка зофобас откладывает до 200 яиц, черной львинки — до 500 и более. Последние проявляют тенденцию к воспроизведению трех поколений за сезон. Все виды исследуемых насекомых развиваются с полным превращением [8, 9].

По длине и массе несомненное преимущество имеют личинки зофобас (в несколько раз превосходят мучного хрущача и черную львинку). Значительно быстрее развивается *Hermetia illucens* по сравнению с *Tenebrio molitor* и *Zophobas morio* (таблица 2).

Таблица 1

Химический состав кормов животного происхождения

Показатель	Мясокостная мука	Мука из личинок		
		<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Zophobas morio</i>	<i>Hermetia illucens</i>
Сухое вещество, %	91,0	92,0	91,5	91,0
Сырой протеин, %	42,0	46,1	42,1	43,6
Сырой жир, %	14,5	33,6	33,6	17,1
Углеводы, %	11,7	8,9	12,9	14,2
Переваримая клетчатка, %	–	2,5	4,9	7,7
Зола, %	23,4	30,0	29,4	34,1

Таблица 2

Сравнительная фенология развития насекомых

Признак	Вид		
	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Zophobas morio</i>	<i>Hermetia illucens</i>
Продолжительность жизненного цикла (дней)	80–130	386–411	76–127
Количество отложенных яиц (шт.)	280–570	150–200	206–639
Длина личинки (мм)	25–30	50–60	≈ 25
Масса личинки (мг)	110–130	>300	110–220
Стадия яйца (дней)	10–14	8–12	≈ 4
Стадия личинки (дней)	56–60	120–150	18–36
Количество линек личинки (раз)	9–20	≈ 15	≈ 6
Стадия куколки (дней)	6–47	14–21	7–14
Стадия имаго (дней)	80–130	90–180	47–73

Стадия яйца у *Hermetia illucens* длится меньше на 6–10 и 4–8 дней, чем у других сравниваемых видов. Личинка проходит всего 6 линек, в то время как личинки других видов линяют в 2–3 раза чаще. Продолжительность стадии личинки *Hermetia illucens* короче на 24–38 и на 102–114 дней, чем у *Tenebrio molitor* и *Zophobas morio* соответственно [10].

Особенности питания насекомых

Ротовой аппарат грызущего типа у имаго и личинок *Tenebrio molitor* и *Zophobas morio* приспособлен к питанию в основном сухими кормами: мукой, зерном, отрубями, сухарями, сухофруктами, сушеным мясом (таблица 3). Помимо сухих кормов, имаго зофобаса потребляют растительную и животную пищу.

Имаго *Hermetia illucens* отличается ротовым аппаратом лижущего типа с коротким хоботком для питания нектаром растений. Источниками жизни для личинок черной львинки также служат мясо или навоз различного происхождения. Несмотря на способность питаться любой органикой, личинки *Hermetia illucens* трудно переваривают целлюлозу, что необходимо учитывать при формировании питательной среды для их выращивания [11].

Способность исследуемых видов насекомых к перевариванию некондиционной органики может быть использована при производстве кормового белка с параллельной переработкой пищевых отходов.

Таблица 3

Особенности питания насекомых

Признак	Вид		
	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Zophobas morio</i>	<i>Hermetia illucens</i>
Тип питания	сапроксилофаги с элементами некрофагии	полифаги	детритофаги с переходом к копрофагии
Потребляемые продукты	эндосперм злаковых, разлагающаяся древесина, сухие трупы млекопитающих и птиц	перегной, падаль, пища растительного и животного происхождения	детрит, птичий и свиной навоз
Особенности пищеварения	способность к перевариванию сложных полимеров		нетерпимость к целлюлозе

Таблица 4

Средние показатели интенсивности роста личинок насекомых

Критерий	Вид		
	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Zophobas morio</i>	<i>Hermetia illucens</i>
Начальная масса личинки, мг	6–8	18–22	10–22
Конечная масса тела личинки, мг	130–160	300–1500	200–220
Начальная длина тела личинки, мм	2	2–2,5	5
Конечная длина тела личинки, мм	до 30	55–60	до 25
Прирост живой массы в неделю, мг	20–32	до 800	26–35

Таблица 5

Оптимальные показатели условий среды для развития личинок насекомых

Параметры	Вид		
	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Zophobas morio</i>	<i>Hermetia illucens</i>
Максимальная температура развития, °C	≈ +29	≈ +32	≈ +35
Оптимальная температура развития, °C	≈ +27	+27–29	+29–31
Минимальная температура развития, °C	≈ +19	+18–21	≈ +20
Максимальная влажность среды, %	70	90	70
Минимальная влажность среды, %	60	60	50
Освещенность, лм/м ²	5–25		40

Интенсивность роста насекомых на стадии личинки

Для личиночной стадии насекомых характерно интенсивное увеличение массы, отличающейся большим содержанием белка и имеющей значительную питательную ценность (таблица 4) [12].

Личинка жука зофобаса имеет способность к существенно большему накоплению массы в течение заметно длительного периода роста, что важно при производстве кормового белка насекомых. Впрочем, личинка черной львинки за сезон может отложить больше на 56–439 яиц (таблица 2), в связи с чем утверждение о преимуществе зофобаса в данном контексте является спорным и требует дальнейшего научного обоснования.

Влияние абиотических факторов на развитие личинок

Оптимальные показатели условий окружающей среды для развития личинок *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* представлены в таблице 5.

При низких температурах (+5–0 °C) личинки большого мучного хрущака способны перезимовать, замедляя срок развития и процесс жизнедеятельности, а при температуре ниже 0 °C эти личинки погибают в течение 80 дней. Личинки зофобаса являются более теплолюбивыми. При температуре +18–21 °C период их развития продлевается до одного года, а ниже +16 °C цикл развития таких личинок вообще прекращается [13].

В научной литературе [9] отмечают, что в процессе выращивания личинок черной львинки с увеличением плотности в субстрате повышается температура среды (нередко до +45 °C), приводящая к гибели насекомых. Развитие личинок жуков *Tenebrio molitor* и *Zophobas morio* лучше проходит при слабом (ночном) освещении, а мухи *Hermetia illucens* — в условиях комнатного (солнечного).

Таким образом, с целью обеспечения интенсивной динамики роста личинок в технологии их выращивания для производства кормового белка необходимо учитывать приведенные выше биологические особенности.

Обсуждение и заключение

1. *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* могут быть использованы в качестве перспективных источников кормового белка, потому что по химическому составу мука из их личинок не уступает традиционным кормам животного происхождения. При этом биологические особенности данных видов необходимо учитывать в процессе разработки эффективной технологии производства белка насекомых для комбикормовой промышленности.

2. Среди рассматриваемых насекомых по массе личинки преимущество имеет *Zophobas morio* (до 1500 мг), что в 9,4 и 6,8 раза больше, чем у *Tenebrio molitor* и *Hermetia illucens*. В то же время стадия яйца у черной львинки (≈ 4 дней) меньше на 6–10 и 4–8 дней, а стадия роста личинки (18–36 дней) — короче на 24–38 и 102–114 дней соответственно, чем у большего мучного хрущака и зофобаса. В результате по уровню биологической способности к продукции кормового белка *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* примерно одинаковы, а *Tenebrio molitor* им заметно уступает.

3. Ротовой аппарат грызущего типа личинок и имаго *Tenebrio molitor* и *Zophobas morio* приспособлен к питанию в основном сухими кормами: мукой, зерном, отрубями, сухарями, сухофруктами, сушеным мясом. Источниками питания для личинок *Hermetia illucens* служат также мясо и навоз различного происхождения. В естественных условиях *Tenebrio molitor* и *Zophobas morio* предпочитают органику растительного происхождения, а *Hermetia illucens* — животного. Эти данные позволяют эффективнее определить компоненты питательных сред при интенсивном выращивании личинок.

4. Развитие личинок *Tenebrio molitor* и *Zophobas morio* лучше проходит при слабом (ночном) освещении, а *Hermetia illucens* — в условиях комнатного (солнечного). Личинки *Tenebrio molitor* меньше зависят от температуры окружающей среды, а личинки *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* — более теплолюбивые. С увеличением их плотности в субстрате повышается температура, приводящая к гибели насекомых, что необходимо учитывать при создании микроклимата для интенсивного выращивания личинок.

Список литературы

1. Медведев А.Ю., Волгина Н.В., Тресницкий С.Н. *Технологические и биологические аспекты выращивания рыб в установках замкнутого водоснабжения*. Москва: МОРКНИГА; 2023. 159 с.
2. Пономаренко Ю.А., Фисинин В.И., Егоров И.А. *Комбикорма, корма, кормовые добавки, биологически активные вещества, рационы, качество, безопасность*. Монография. Минск – Москва: Белстан; 2020. 764 с.
3. Jinsu Hong, Taehee Han, Yoo Yong Kim. Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an Alternative Protein Source for Monogastric Animal. *Review. Animals*. 2020;10(11):2068. <https://doi.org/10.3390/ani10112068>
4. Xiao Yu, Qiang He, Dun Wang. Dynamic Analysis of Major Components in the Different Developmental Stages of *Tenebrio Molitor*. *Frontiers in Nutrition*. 2021;8:1–8. <http://doi.org/10.3389/fnut.2021.689746>
5. Jajić I., Popović A., Urošević M.I., Krstović S., Petrović M., Guljaš D., Samardžić M. Fatty and Amino Acid Profile of Mealworm Larvae (*Tenebrio molitor*). *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2020;36(2):167–180. <http://doi.org/10.2298/BAH2002167J>
6. Rumbos C.I., Athanassiou C.G. The Superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae): A «Sleeping Giant» in Nutrient Sources. *Journal of Insect Science*. 2021;21(2):1–11. <http://doi.org/10.1093/jisesa/icab014>
7. Nekrasov R.V., Pashkova L.A., Pravdin I.V., et al. Biochemical characteristics of *Hermetia illucens*: a base for perspective use of larval biomass in young pig food. *Journal of Nature Science and Sustainable Technology*. 2015;9(2):287–300.
8. Компанцева Т.В. Особенности разведения чернотелок *Tenebrio molitor* и *Zophobas morio* (Coleoptera, Tenebrionidae) в качестве биокорма. Беспозвоночные животные в коллекциях зоопарков. В: Материалы Первого Международного семинара. Москва. 2002. С. 90–98.
9. Бахраков А.И., Ушакова Н.А. Свойства личинок мухи *Hermetia illucens* при искусственном разведении. Евразийский союз ученых. 2014;8:105–107.
10. Pazmiño-Palomino A., Reyes-Puig C., Del Hierro A.G. How Could Climate Change Influence the Distribution of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera, Stratiomyidae)? *Biodiversity Data Journal*. 2022;10:1–21. <https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e90146>
11. Антонов А.М., Лутовинов Э., Иванов Г.А., Пастухова Н.О. Адаптация и перспективы разведения мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе *Принципы экологии*. 2017;3(24):4–19.
12. Бутовский Р.О. Насекомые как пищевой ресурс «зеленой» экономики. В: Сборник трудов Всероссийского научно-исследовательского института охраны окружающей среды. 2019. С. 519–534.
13. Кривошеина Н.П., Зайцев А.И. *Филогенез и эволюционная экология двукрылых насекомых*. В: Т. 9 Итоги науки и техники. Энтомология. Москва: ВИНТИ; 1989. 164 с.

References

1. Medvedev AY, Volgina NV, Tresnitskii SN. *Tekhnologicheskie i biologicheskie aspekty vyrashchivaniya ryb v ustanovkakh zamknutogo vodosnabzheniya*. Moscow: Morkniga Publ.; 2023. 159 p. (In Russ.).
2. Ponomarenko YA, Fisinin VI, Egorov IA. *Kombikorma, korma, kormovye dobavki, biologicheski aktivnye veshchestva, ratsiony, kachestvo, bezopasnost'*. Monografiya – Monograph. Minsk – Moscow: Belstan Publ.; 2020. 764 p. (In Russ.).
3. Jinsu Hong, Taehee Han, Yoo Yong Kim. Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an Alternative Protein Source for Monogastric Animal. *Review. Animals*. 2020;10(11):2068. <https://doi.org/10.3390/ani10112068>
4. Xiao Yu, Qiang He, Dun Wang. Dynamic Analysis of Major Components in the Different Developmental Stages of *Tenebrio Molitor*. *Frontiers in Nutrition*. 2021;8:1–8. <http://doi.org/10.3389/fnut.2021.689746>

5. Jajić I, Popović A, Urošević MI, Krstović S, Petrović M, Guljaš D, Samardžić M. Fatty and Amino Acid Profile of Mealworm Larvae (*Tenebrio molitor*). *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2020;36(2):167–180 <http://doi.org/10.2298/BAH2002167J>
6. Rumbos CI, Athanassiou CG. The Superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae): A «Sleeping Giant» in Nutrient Sources. *Journal of Insect Science*. 2021;21(2):1–11. <http://doi.org/10.1093/jisesa/ieab014>
7. Nekrasov RV, Pashkova LA, Pravdin IV, et al. Biochemical Characteristics of *Hermetia illucens*: a Base for Perspective Use of Larval Biomass in Young Pig Food. *Journal of Nature Science and Sustainable Technology*. 2015;9(2):287–300.
8. Kompantseva TV. *Osobennosti razvedeniya chernotelok Tenebrio molitor i Zophobas morio (Coleoptera, Tenebrionidae) v kachestve biokorma*. Invertebrates in Zoos Collections. In: Materials of the First International Workshop. Moscow. 2002. P. 90–98. (In Russ.).
9. Bastrakov AI, Ushakova NA. Svoistva lichinok mukhi *Hermetia illucens* pri iskusstvennom razvedenii. *Eurasian Union Of Scientists*. 2014;8:105–107. (In Russ.).
10. Pazmiño-Palomino A, Reyes-Puig C, Del Hierro AG. How Could Climate Change Influence the Distribution of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera, Stratiomyidae)? *Biodiversity Data Journal*. 2022;10:1–21. <https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e90146>
11. Antonov AM, Lutovinovs E, Ivanov GA, Pastukhova N.O. Adaptation and Prospects of Breeding Flies Black Lvink (*Hermetia illucens*) in Circumpolar Region. *Principles of the Ecology*. 2017;3(24):4–19. (In Russ.).
12. Butovskii RO. *Insects as a Food Resource in “Green” Economy*. In: Works of the All-Russian Scientific Research Institute of Environmental Protection. 2019. P. 519–534. (In Russ.).
13. Krivosheina NP, Zaitsev AI. Filogenez i ehvolyutsionnaya ehkologiya dvukrylykh nasekomykh. In: Vol. 9 Itogi nauki i tekhniki – Science and Technology Results. Entomology. Moscow: VINITI Publ.; 1989. 164 p. (In Russ.).

Об авторах:

Медведев Андрей Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой технологии производства и переработки продукции животноводства Луганского государственного аграрного университета (291008, Луганская Народная Республика, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1.), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9148-7400), andrej_medvedev_74@inbox.ru

Волгина Наталья Васильевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой биологии Луганского государственного педагогического университета (291008, Луганская Народная Республика, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1.), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9148-7400), volgina_n.v@mail.ru

Сметанкина Валентина Григорьевна, старший преподаватель кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства Луганского государственного аграрного университета, (291008, Луганская Народная Республика, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1.), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9148-7400), smetankina65@mail.ru

Матковская Анастасия Александровна, ассистент кафедры биологии Луганского государственного педагогического университета, (291008, Луганская Народная Республика, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1.), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9148-7400), anastasia.matkovska@mail.ru

Зеленков Алексей Петрович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии и общей патологии Донского государственного технического университета, (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9148-7400), zelenkovalex@rambler.ru

Зеленкова Галина Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биологии и общей патологии Донского государственного технического университета, (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9148-7400), zelenkovalex@rambler.ru

Заявленный вклад соавторов:

А.Ю. Медведев, Г.А. Зеленкова — научное руководство, формирование цели и задач исследований, дизайн исследования.

Н.В. Волгина, А.П. Зеленков — анализ результатов, формирование выводов, подготовка текста.

В.Г. Сметанкина, А.А. Матковская — подготовка образцов для исследования, проведение исследований.

Поступила в редакцию 03.04.2023

Поступила после рецензирования 17.05.2023

Принята к публикации 23.05.2023

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Andrei Y Medvedev, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Livestock Products Production and Processing Technology Department, Lugansk State Agricultural University (1, LNAU, Lugansk, 291008, RF), [ORCID](#), andrej_medvedev_74@inbox.ru

Natal'ya V Volgina, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Biology Department, Lugansk State Pedagogical University (1, LNAU, Lugansk, 291008, RF), [ORCID](#), volgina_n.v@mail.ru

Valentina G Smetankina, Senior Lecturer of the Livestock Products Production and Processing Technology Department, Lugansk State Agricultural University (1, LNAU, Lugansk, 291008, RF), [ORCID](#), smetankina65@mail.ru

Anastasiya A Matkovskaya, Assistant of the Biology Department, Lugansk State Pedagogical University (1, LNAU, Lugansk, 291008, RF), [ORCID](#), anastasia.matkovska@mail.ru

Aleksei P Zelenkov, Dr.Sci (Agriculture), Associate Professor of the Biology and General Pathology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), zelenkovalex@rambler.ru

Galina A Zelenkova, Dr.Sci (Agriculture), Professor of the Biology and General Pathology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), zelenkovalex@rambler.ru

Claimed contributorship:

Medvedev AY, Zelenkova GA: scientific supervision, formulating research aims and objectives, research design.

Volgina NV, Zelenkov AP: research results analysis, formulating conclusions, preparing the text.

Smetankina VG, Matkovskaya AA: research samples preparing, conducting the research.

Received 03.04.2023

Revised 17.05.2023

Accepted 23.05.2023

Conflict of interest statement

The authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.