
ЗООТЕХНИА, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

Влияние кормовой добавки из личинок *Hermetia illucens* L. на ростовые, гематологические и биохимические показатели бройлеров

**Николай Васильевич Шадрин¹, Александр Васильевич Празукин¹,
Елена Валерьевна Ануфриева¹, Павел Сергеевич Остапчук^{1,2✉},
Татьяна Алексеевна Куевда^{1,2}, Максим Дугарович Дагбаев³,
Василий Кириллович Помазкин³, Борис Кузьмич Бадугев^{3,4}**

¹ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия

²ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»,
Симферополь, Россия

³ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Иркутск, Россия

⁴ООО «Научно-производственное объединение «Инсектопротеин»,
Иркутск, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: pavelos76@mail.ru

Аннотация

Пищевые добавки из личинок черной львинки изучены в птицеводстве недостаточно, в связи с чем основной целью исследований стало изучение влияния добавки «Инпротеин» в трех концентрациях на ростовые, гематологические и биохимические показатели бройлеров кросса Росс 308. Контрольная – первая группа – получала основной рацион (ОР) без добавок; вторая опытная группа получала ОР 99,75% + гранулы «Инпротеин» 0,25%; третья опытная группа получала ОР 99,5% + гранулы «Инпротеин» 0,5%; четвертая опытная группа получала ОР 99,0% + гранулы «Инпротеин» 1,0%. Исследовали динамику живой массы птицы, гематологические показатели крови, биохимические особенности сыворотки крови и основные убойные показатели цыплят. Доза 0,5% дает максимальный прирост массы на 30 и 45 дни (6,30 и 6,72% соответственно). По гематологическим исследованиям установлено, что пониженная доза стимулирует иммунитет (лимфоцитоз); эритропоз улучшает доза 0,5%; доза 1,0% нормализует концентрацию нейтрофилов и тромбоцитов: умеренное повышение эритроцитов на $0,29 \times 10^{12}$ кл/л, гемоглобина на 1,1 г/л концентрацией эритроцитов в крови на 20,23 г/л. По данным биохимических исследований, доза «Инпротеина» 0,5% усиливает белковый обмен, увеличивая общий протеин на 2,9%, и балансирует рост альбумина и глобулина. Повышение убойной массы на 13,3% и убойного выхода на 4,3% выражено при дозе 0,5%. По качественным характеристикам мышечной ткани группа с концентрацией «Инпротеина» 0,5% демонстрирует наиболее выраженные положительные изменения: отмечен максимальный прирост белка на 8,7% и жира на 19,8%; повышается калорийность на 12,3%. С целью максимизации прироста массы у бройлеров кросса Росс 308 целесообразно использовать дозировку кормовой добавки «Инпротеин» в количестве 0,5%. Повышенная доза не дает дополнительного преимущества и, вероятно, является нецелесообразной с экономической точки зрения.

Ключевые слова

личинки *Hermetia illucens* L., кормовая добавка, бройлеры, живая масса, гематология, биохимические показатели сыворотки, убойные показатели, калорийность

Благодарности

Исследования выполнены за счет гранта Российского научного фонда № 24-66-00001 (<https://rscf.ru/project/24-66-00001/>).

Авторы выражают благодарность Ю.К. Фирсову и Р.Л. Удалову за помощь в изготовлении кормовых гранул.

Для цитирования

Шадрин Н.В., Празукин А.В., Ануфриева Е.В., Остапчук П.С. и др. Влияние кормовой добавки из личинок *Hermetia illucens* L. на ростовые, гематологические и биохимические показатели бройлеров // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 4. С. 192-208.

LIVESTOCK BREEDING, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

Effect of a feed additive from *Hermetia illucens* L. larvae on growth, hematological, and biochemical parameters of broilers

Nickolai V. Shadrin¹, Alexandr V. Prazukin¹, Elena V. Anufriieva¹,
Pavel S. Ostapchuk^{1,2,✉}, Tatyana A. Kuevda^{1,2}, Maksim D. Dagbaev³,
Vasiliy K. Pomazkin³, Boris K. Baduev^{3,4}

¹A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS,
Sevastopol, Russian Federation

²Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

³Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

⁴ООО “Scientific and Production Association “Insectoprotein”,
Irkutsk, Russian Federation

✉Corresponding author: pavelos76@mail.ru

Abstract

Feed additives from black soldier fly larvae have been insufficiently studied in poultry farming; therefore, the main objective of the research was to investigate the effect of the “Inprotein” supplement at three concentrations on the growth, hematological, and biochemical parameters of Ross 308 broilers. The control group (Group 1) received the basic diet (SD) without additives. Experimental group 2 received the basic diet (99.75%) + “Inprotein” granules (0.25%). Experimental group 3 received the basic diet (99.5%) + “Inprotein” granules (0.5%). Experimental group 4 received the basic diet (99.0%) + “Inprotein” granules (1.0%). The dynamics of bird live weight, hematological blood parameters, serum biochemical parameters, and main slaughter parameters of chickens were studied. The 0.5% dose provided the maximum weight gain on days 30 and 45 (6.30% and 6.72%, respectively). Hematological studies showed that the lower dose stimulated immunity (lymphocytosis); the 0.5% dose improved erythropoiesis; the 1.0% dose normalized neutrophil and platelet concentrations, with a moderate increase in erythrocytes (by 0.29×10^{12} cells/L) and hemoglobin (by 1.1 g/L) at an erythrocyte concentration of 20.23 g/L. According to biochemical data, the 0.5% “Inprotein” dose enhanced protein metabolism, increasing total protein by 2.9% and balancing albumin and globulin levels. An increase in slaughter weight (13.3%) and slaughter yield (4.3%) was observed at the 0.5% dose. In terms of muscle tissue quality, the group with the 0.5% “Inprotein” concentration showed the most pronounced positive changes: a maximum increase in protein (8.7%) and fat (19.8%), and an increase in caloric content by 12.3%. To maximize weight gain in Ross 308 broilers, it is advisable to use the “Inprotein” feed additive at a dosage of 0.5%. A higher dose does not provide additional benefits and is likely economically unfeasible.

Keywords

Hermetia illucens L. larvae, feed additive, broilers, live weight, hematology, serum biochemical parameters, slaughter parameters, caloric content

Acknowledgments

The research was supported by the Russian Science Foundation, Grant No. 24-66-00001 (<https://rscf.ru/project/24-66-00001/>).

The authors express their gratitude to Yu.K. Firsov and R.L. Udalov for their assistance in producing feed pellets.

For citation

Shadrin N.V., Prazukin A.V., Anufrieva E.V., Ostapchuk P.S. et al. Effect of a feed additive from *Hermetia illucens* L. larvae on growth, hematological, and biochemical parameters of broilers. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(4):193-208.

Введение Introduction

Рост населения и деградация окружающей среды усугубляют важнейшую проблему человечества – продовольственную безопасность. В настоящее время ведущим мировым сектором производства мяса является птицеводство, поскольку птица эффективно конвертирует в свою продукцию вкладываемые в нее ресурсы. Ожидается, что в глобальном масштабе продукция птицеводства будет непрерывно расти в предстоящие 5 лет – ежегодно на 6–7% [1].

Развитие птицеводства как в Российской Федерации, так и в глобальном масштабе, сталкивается с множеством значительных трудностей, среди которых можно выделить истощение привычных источников кормового белка [2], экологические проблемы [3] и повышение стоимости кормов [4]. Производство рыбной муки, важного источника животного белка для кормов, снижается по причине сокращения рыбных ресурсов [5]. Получение соевого шрота требует значительных земельных площадей и больших объемов пресной воды, что также вызывает проблемы [6].

Возникает острая необходимость разработки новых альтернативных источников белка, которые были бы экономичными и экологически устойчивыми. Все больше внимания уделяется возможности использования насекомых в качестве альтернативного источника кормового белка. В частности, исследователи выделяют личинок из отряда *Diptera* – например, черная львинка (*Hermetia illucens* L.), которая является одной из самых перспективных альтернатив для выращивания благодаря своей высокой скорости развития. При температуре 30°C весь жизненный цикл: от яйца до предкуколки – занимает всего 18–25 дней, позволяя осуществлять до 14–20 производственных циклов в год [7].

Индустрия выращивания личинок требует значительно меньшего использования пахотных земель и пресной воды, чем для получения других видов животного белка [8]. *H. illucens* L. является ценным источником кормовых добавок благодаря высокому содержанию белка (38–55% сухого вещества) и хитина (4–6%), а также лауриновой кислоты (22–25% от общего жира) [9]. Выращивание *H. illucens* L. является выгодным благодаря способности питаться на органических отходах и продуктах сельского хозяйства, быстрому размножению, экономному использованию земли и воды, отсутствию конкуренции с продуктами питания для людей, высокому содержанию белка и наличию биологически активных соединений – таких, как хитин, обладающий иммуномодулирующими свойствами [9].

Рынок белков из насекомых в России обладает значительным потенциалом для расширения. Так, за последние 4 года производство *H. illucens* L. возросло на 530% [10]. Это указывает на значительный потенциал для роста и развития данной отрасли в РФ, которая может стать конкурентоспособной заменой традиционным источникам кормового белка в отечественном сельском хозяйстве и аквакультуре.

Проведенные исследования демонстрируют, что замена 10–50% стандартных белковых источников на белковые компоненты, полученные из *H. illucens* L., не оказывает негативного воздействия на продуктивность и здоровье животных [11]. При добавлении их в корм бройлеров в количестве 5–15% наблюдаются улучшение конверсии корма и повышение качества мяса при сохранении нормальных гематологических показателей. Тем не менее увеличение дозы до 20–25% может вызвать изменение состава жирных кислот мяса ввиду высокого содержания лауриновой кислоты в личинках [12].

Несмотря на имеющиеся результаты, влияние пищевых добавок из черной львинки на выращивание бройлеров нельзя считать достаточно изученным для оптимального их использования в птицеводстве. В связи с этим была поставлена задача изучить влияние добавок черной львинки в трех концентрациях на ростовые, гематологические и биохимические показатели бройлеров.

Цель исследований: изучение влияния добавок черной львинки в трех концентрациях на ростовые, гематологические и биохимические показатели бройлеров.

Методика исследований

Research method

Кормовая добавка «Инпротеин» представляет собой частично обезжиренный концентрат из личинок черной львинки (*Hermetia illucens* L., третьей возрастной стадии возраста, от 10 до 14 дней) в виде россыпной формы; была получена в ООО «Научно-производственное объединение Инсектопротеин» (Иркутская область, Российская Федерация). Для подготовки в качестве добавки исходный материал переработан в гранулы диаметром 4 мм на мини-грануляторе ZLSP-120B (КНР). Гранулирование позволило улучшить физические свойства материала и облегчить дозирование при включении в основной рацион.

По данным производителя, основными показателями химического состава гранул «Инпротеин» являются следующие: сырой белок – не менее 30%; сырой жир – от 8 до 12%; сырая клетчатка – от 3 до 5%; зола – от 8 до 10%; влажность массы – в среднем 10%; содержание хитина – от 4 до 6%.

Исследования проведены в условиях научного вивария ФГБУН «НИИСХ Крыма» на цыплятах-бройлерах кросса Росс 308. Птица была разделена случайным образом на 4 экспериментальные группы (по 30 гол. в группе) согласно следующей схеме: группа 1 (контрольная), получавшая основной рацион (ОР) без добавок; группа 2 (опытная): ОР 99,75% + гранулы «Инпротеин» 0,25%; группа 3 (опытная): ОР 99,5% + гранулы «Инпротеин» 0,5%; группа 4 (опытная): ОР 99,0% + гранулы «Инпротеин» 1,0%.

Птица содержалась в боксах с сетчатым полом, оборудованных автоматическими ниппельными поилками и бункерными кормушками, поилками. Поддерживались стандартные параметры микроклимата. Кормление птицы осуществлялось один раз в день *ad libitum* – полнорационными комбикормами, распределялось согласно промышленным нормам содержания птицы на 3 периода: первый (стартовый) – 1–14 дни, комбикорм марки ПК-5-1; второй (ростовой) – 15–28 дни, комбикорм марки ПК-5-2; третий (финишный) – 26–42 дни, комбикорм марки ПК-6;

четвертый – постфиниш (с 43 дня), комбикорм марки ПК-7. Птица наблюдалась до возраста 45 дней. Количество в каждой группе составляло 30 гол. Для взвешивания отбирали по 10 гол. в случайном порядке в возрасте 30 и 45 дней; взвешивали на электронных весах ВэУ-35–5–10-А с точностью до 0,01 кг.

За 3 дня до убоя, утром, натошак, отбирали кровь от 5 гол. в каждой группе из подкрыльцовой вены *cutanea ulnaris*: в пробирку с ЭДТА КЗ – для гематологического исследования, в пробирку с активатором свертывания – для биохимического анализа.

Гематологические исследования включали в себя следующие позиции. Лейкоцитарная формула определена по содержанию лейкоцитов (WBC, $\times 10^9$ кл/л), лимфоцитов (LYM, %; LYM#, $\times 10^9$ кл/л), средних лейкоцитов (MID, %; MID#, $\times 10^9$ кл/л) и нейтрофилов (NEUT, %; NEUT#, $\times 10^9$ кл/л); эритроцитарная характеристика представлена показателями содержания эритроцитов (RBC, $\times 10^{12}$ кл/л), гемоглобина (HGB, г/л), объема эритроцита (MCV, фл), концентрацией (MCHC, г/л) эритроцитов в крови, процентом (RDW-CV, %) распределения эритроцитов в крови; динамика формирования гемостаза изучена по следующим параметрам: содержание тромбоцитов (PLT, $\times 10^9$ кл/л). Для определения элементов крови использовали автоматический гематологический анализатор BioBase BK-6180 (КНР); использовались реагенты фирмы ДиаВетТест (Россия).

Биохимические показатели сыворотки крови были определены на автоматическом биохимическом анализаторе Skyla (Южная Корея) с использованием набора реагентов «Птицы и рептилии» фирмы ДиаВетТест (Россия). Определены следующие показатели: аспаратаминотрансфераза (AST, ед./л), общий протеин (TP, г/л), альбумин (ALB, г/л), гамма-глобулин (GLOB, г/л), альбумин-глобулиновое соотношение, глюкоза (GLU, ммоль/л), натрий (Na, ммоль/л), хлор (Cl, ммоль/л), калий (K, ммоль/л), кальций (Ca, ммоль/л), фосфор (PHOS, ммоль/л).

Контрольный убой проводили по 3 гол. в каждой группе в конце откормочного периода. Изучались предубойная масса, убойная масса и убойный выход.

Отбор проб мяса, определение белка, жира, влаги определяли по общепринятым методикам согласно действующим ГОСТам¹. Средние пробы мышечной ткани были отобраны после убоя с целью изучения калорийности, химического состава: от каждой туши брали три пробы мяса весом не менее 200 г каждая, пробы мышечной ткани были взяты с области бедра – *musculus biceps femoralis*, *caput longum*. Определение химического состава мышечной ткани цыплят-бройлеров осуществлялось на базе сертифицированной агрохимической лаборатории ФГБУН «НИИСХ Крыма». Для определения массовой доли жира в мышечной ткани использовался экстракционный аппарат Сокслета, для определения содержания белка – метод Кьельдаля; была рассчитана калорийность мяса [13].

Все полученные результаты подвергались статистической обработке с использованием стандартных методов в программах Microsoft Excel 2019 и Statistica 10. Рассчитывали среднее значение ($\bar{X}$), стандартную ошибку среднего ($m_{\bar{X}}$), среднее квадратическое отклонение (δ) и коэффициент вариации (C_v). Достоверность различий средних значений между группами определяли с использованием t-критерия Стьюдента для несвязанных выборок. Уровень значимости $p \leq 0,05$ принимался за достоверный,

¹ ГОСТ Р 51447–99. «Мясо и мясные продукты. Методы отбора проб», переизд. 2018.

ГОСТ 23042–2015 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира».

ГОСТ 25011–2017 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка».

ГОСТ 33319–2015 «Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги».

ГОСТ 25011–2017 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка».

$p \leq 0,01$ – очень значимый, $p \leq 0,001$ – высокочисленный. Для парных сравнений контрольной группы с опытными группами при необходимости применялась поправка Бонферони.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В таблице 1 приведена динамика живой массы бройлеров в опыте. Анализ живой массы суточных цыплят дает представление об однородности живой массы выборки для исследований: вариабельность массы незначительна – от 40,7 до 41,0 г. Коэффициенты вариации (C_v 3,90–4,88%) являются невысокими: разброс данных умеренный.

Таблица 1

Динамика живой массы бройлеров кросса Росс 308 в эксперименте при разном уровне добавки черной львинки в рацион (г; n = 10)
(экспериментальные данные авторов)

Table 1

Dynamics of live weight of Ross 308 broilers in the experiment with different levels of black soldier fly additive in the diet (g; n=10)
[authors' experimental data]

Возрастной период	Показатель статистики	Группа 1	Группа 2	Группа 2	Группа 4
		Живая масса, г			
суточный возраст	$X \pm m_x$	41,00 $\pm$ 0,51	41,00 $\pm$ 0,63	40,70 $\pm$ 0,54	41,00 $\pm$ 0,63
	C_v %	3,90	4,88	4,18	4,88
	δ	1,60	2,00	1,70	2,00
возраст 30 дней	$X \pm m_x$	1747,50 $\pm$ 35,89	1800,80 $\pm$ 19,49	1857,50 $\pm$ 39,84*	1809,30 $\pm$ 33,70
	C_v %	6,49	3,42	6,78	5,89
	δ	113,50	61,64	126,00	106,56
возраст 45 дней	$X \pm m_x$	3006,50 $\pm$ 32,73	3139,80 $\pm$ 37,87**	3208,50 $\pm$ 30,42***	3167,00 $\pm$ 33,65***
	C_v %	3,44	3,81	3,00	3,36
	δ	103,50	119,76	96,20	106,40

Примечание. Здесь и далее в таблицах – уровни достоверности: *при $p \leq 0,05$; **при $p \leq 0,01$; ***при $p \leq 0,001$.

В возрасте 30 дней во всех опытных группах происходит опережение по показателю живой массы: вторая группа – на 3,05%; третья – на 6,3%; четвертая – на 3,53%. Наименьший разброс данных отмечен во второй опытной группе ($C_v = 3,42\%$), в то время как в контрольной и опытных третьей и четвертой группах вариабельность выше ($C_v = 5,89–6,78\%$). Таким образом, в данный возрастной период все опытные группы опережают контрольную по живой массе. Максимальный эффект отмечен в опытной третьей группе (рис. 1) (превышение над контрольной на +6,30% при дозе добавки «Инсектпрот» 0,5%), в то время как доза 0,25 и 1,0% дает меньший прирост живой массы (3,0–3,5%). Низкий уровень вариабельности в опытной второй группе указывает на стабильность ответа организма цыплят на малую дозу.

В возрасте 45 дней тенденция увеличения живой массы у опытных групп сохраняется: опытная вторая – больше на 4,43%; опытная третья – на 6,72%; опытная четвертая – на 5,34% выше в сравнении с контролем (рис. 2). Во всех группах коэффициент вариации понижен (3,00–3,81%), что типично для цыплят старшего возраста, а наименьший разброс данных отмечен в третьей опытной группе ($C_v = 3,00\%$; $\delta = 96,20$ г).

Таким образом, в возрасте 1,5 месяца преимущество опытных групп сохраняется; лидируют цыплята третьей опытной группы, в то время как 1%-ная величина добавки «Инпротеина» уступает опытной группе с дозой 0,5%. Отмечена и стабильность роста при дозах «Инпротеина» – 0,25–0,5%.

В таблице 2 приведены данные гематологического анализа цыплят-бройлеров в опыте по введению добавки «Инпротеин» в различных дозировках.

Лейкоциты у опытных групп имеют тенденцию повышения преимущественно за счет лимфоцитов, которые достоверно повышаются у животных второй и третьей групп на 18,07 и 12,8%; у четвертой группы происходит снижение до уровня ниже контроля, исходя из чего, можно заключить предварительно, что дозы «Инпротеина» от 0,25 до 0,5% стимулирует лимфопоэз, а повышение дозы до 1% – угнетает. Однако нейтрофилы существенно снижаются у второй опытной группы, на фоне увеличения вариабельности происходит резкое снижение; у третьей группы происходит незначительное повышение относительно 0,25%-ной дозы с высокой вариабельностью. У опытной четвертой группы происходит возвращение к уровню выше контроля, то есть дозы «Инпротеина» от 0,25 до 0,5% вызывают нейтропению, а доза 1% восстанавливает показатель. По причине высокой вариабельности параметра различия недостоверны между группами, поэтому какой-либо вывод делать сейчас преждевременно.

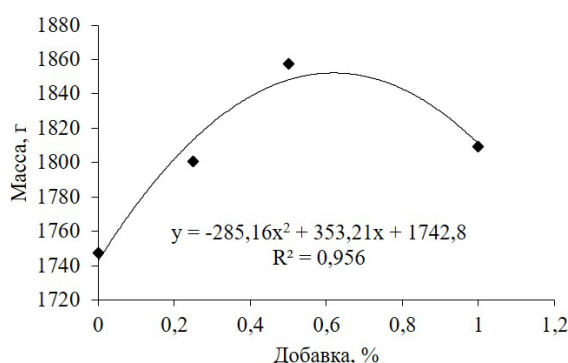


Рис. 1. Зависимость массы тела бройлеров на 30 день опыта от величины добавки черной львинки в рацион (по данным таблицы 1)

Figure 1. Dependence of broiler body weight on day 30 of the experiment on the amount of black soldier fly additive in the diet [based on data from Table 1]

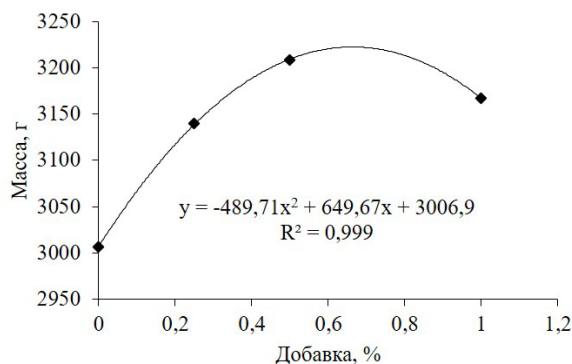


Рис. 2. Зависимость массы тела бройлеров на 45 день опыта от величины добавки черной львинки в рацион (по данным таблицы 1)

Figure 2. Dependence of broiler body weight on day 45 of the experiment on the amount of black soldier fly additive in the diet [based on data from Table 1]

Таблица 2

Показатели гематологии бройлеров в эксперименте при разном уровне добавки черной львинки в рацион (экспериментальные данные авторов)

Table 2

Hematological parameters of broilers in the experiment with different levels of black soldier fly additive in the diet [authors' experimental data]

Показатель гематологии	Единица измерения	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
WBC	$\times 10^9$ кл/л	33,20 $\pm$ 1,02	35,63 $\pm$ 0,78	36,37 $\pm$ 2,12	32,33 $\pm$ 0,76
LYM%	%	69,97 $\pm$ 0,41	83,07 $\pm$ 4,70*	82,83 $\pm$ 6,45*	67,31 $\pm$ 11,41
MID%	%	4,00 $\pm$ 0,21	4,21 $\pm$ 0,12	3,53 $\pm$ 0,20	4,27 $\pm$ 2,53
NEUT%	%	26,03 $\pm$ 0,29	12,73 $\pm$ 4,82	13,63 $\pm$ 6,65	28,43 $\pm$ 8,86
LYM#	$\times 10^9$ кл/л	2,23 $\pm$ 0,74	22,11 $\pm$ 10,3	5,43 $\pm$ 2,04	1,71 $\pm$ 0,01
MID#	$\times 10^9$ кл/л	0,13 $\pm$ 0,04	1,11 $\pm$ 0,49	0,23 $\pm$ 0,08	0,10 $\pm$ 0,12
NEUT#	$\times 10^9$ кл/л	0,83 $\pm$ 0,25	2,53 $\pm$ 0,69*	0,70 $\pm$ 0,10	0,81 $\pm$ 0,37
RBC	$\times 10^{12}$ кл/л	2,56 $\pm$ 0,10	2,89 $\pm$ 0,23	2,84 $\pm$ 0,01*	2,85 $\pm$ 0,23
HGB	г/л	113,93 $\pm$ 0,57	116,20 $\pm$ 0,37**	115,21 $\pm$ 0,61	115,03 $\pm$ 1,14
MCHC	г/л	82,10 $\pm$ 1,56	85,13 $\pm$ 4,37	93,83 $\pm$ 5,06***	102,33 $\pm$ 0,69
RDW-CV	%	10,87 $\pm$ 0,04	10,57 $\pm$ 0,16	11,47 $\pm$ 0,04	11,07 $\pm$ 0,20
PLT	$\times 10^9$ кл/л	46,33 $\pm$ 19,1	165,33 $\pm$ 95,12	70,33 $\pm$ 34,70	74,67 $\pm$ 11,84

Концентрация эритроцитов растет у опытных групп; минимальная вариабельность отмечена у животных, получавших 0,5% «Инпротеина», что указывает на оптимальную дозу данной добавки для эритроцитоза.

Гемоглобин в опытной второй группе незначительно растет, в опытной третьей группе он стабилизирован, низок коэффициент вариации, и в опытной четвертой группе происходит незначительное его снижение. Все дозы «Инпротеина» незначительно улучшают образование гемоглобина.

Тромбоциты являются вариабельным в значительной степени признаком, в связи с чем тромбоцитоз стабилизируется лишь у животных четвертой опытной группы. Концентрация гемоглобина в эритроците у птиц опытных третьей и четвертой групп максимальна. Исходя из этого, предварительно можно заключить, что все дозы «Инпротеина» улучшают насыщение эритроцитов гемоглобином, однако оптимальной является доза 1%.

Таким образом, доза «Инпротеина» 0,25% стимулирует лимфоцитоз и тромбоцитоз на фоне нейтропении, а также умеренно повышает лейкоциты, эритроциты и гемоглобин; доза 0,5% сохраняет высокие показатели лимфоцитов и эритроцитов, характеризуется минимальной вариабельностью по эритроцитам и умеренно влияет на остальные показатели. Доза 1% нормализует нейтрофилы и тромбоциты, повышает концентрацию гемоглобина в эритроцитах на фоне снижения лимфоцитов и объема эритроцитов.

Аспаратаминотрансфераза (AST) в контрольной группе отличается высокой вариабельностью ($C_v = 18,20\%$); в опытных группах происходит интенсификация этого показателя на 41,0; 39,6; 30,6% на фоне снижения вариабельности (C_v – от 4,70 до 10,69%). Повышение AST в опытных группах может указывать на интенсификацию метаболической активности или незначительный стресс – вероятно, от дополнительных манипуляций (распределение птиц по клеткам, регулярное взвешивание и т.д.). Понижение коэффициента вариации говорит об однородности реакции птиц на добавку.

0,5%-ная добавка «Инпротеина» дает по общему протеину максимальный достоверный прирост в сравнении с контрольной группой на 22,9%, что может свидетельствовать об усилении белкового обмена.

Альбумина у третьей опытной группы было на 25% больше, чем у контрольной, при этом коэффициент вариации уменьшился в 2,7 раза (табл. 3). У этой опытной группы глобулин также увеличился – примерно на 10%. Наилучший эффект был получен при 0,5%-ной добавке. При этом отмечен сбалансированный рост альбумина и глобулина на фоне снижения вариабельности данных показателей. Незначительные колебания альбумин-глобулинового соотношения свидетельствуют об отсутствии критических сдвигов в белковом профиле цыплят-бройлеров.

«Инпротеин» практически не оказал влияния на уровень глюкозы: во всех группах этот признак варьирует незначительно, коэффициент вариации был ниже 8%.

Добавление «Инпротеина» незначительно повышает уровень натрия, но средние значения остаются близкими к контролю; также практически не оказывает существенного влияния на концентрацию калия в сыворотке крови бройлеров.

Концентрация хлора снижается в опытных группах до 109,3–110,3 ммоль/л при росте вариабельности этого признака (C_v = от 4,11 до 5,23%). Исходя из этого отмечена тенденция снижения хлора на фоне повышения разброса данных в опытных группах.

Таблица 3

**Показатели биохимии сыворотки крови бройлеров в эксперименте
при разном уровне добавки черной львинки в рацион
(экспериментальные данные авторов)**

Table 3

**Blood serum parameters of broiler chickens in the experiment
with different levels of black soldier fly additive in the diet
[authors' experimental data]**

Показатель биохимии	Единица измерения	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
AST	ед/л	151,30±19,5	213,30±7,08*	211,31±10,7*	197,71±14,9
TP	г/л	38,01±2,55	41,01±1,41	46,71±3,34*	43,02±1,41
ALB	г/л	19,71±1,78	20,31±1,08	24,72±0,82*	22,32±1,08
#GLOB	г/л	24,31±1,78	26,71±3,19	27,01±0,71	27,31±2,16
#A/G	г/л	0,81±0,02	0,77±0,06	0,91±0,02	0,82±0,03
GLU	ммоль/л	12,90±0,07	13,21±0,22	13,12±0,26	13,11±0,21
Na	ммоль/л	178,00±0,71	175,02±3,54	174,31±2,91	174,30±3,19
Cl	ммоль/л	112,70±1,78	110,32±4,08	109,32±3,63	109,70±3,19
K	ммоль/л	8,50±0,07	8,43±0,08	8,50±0,14	8,47±0,11
Ca	ммоль/л	4,93±0,02	4,91±0,22	5,01±0,05	5,01±0,36
PHOS	ммоль/л	2,02±0,01	2,01±0,07	2,21±0,03*	2,02±0,11

Содержание кальция является стабильным в контроле и опытной третьей группе, однако отмечен рост вариабельности до 10,16% в опытной четвертой группе. Также отмечены минимальные изменения средних значений фосфора на фоне возрастания вариабельности (C_v возрастает с дозой «Инпротеина» 1% до 7,76%). Таким образом, дозы «Инпротеина» свыше 0,5% могут несколько снижать стабильность минерального обмена.

В таблице 4 приведено сравнение показателей живой массы, убойных массы и выхода у контрольной группы и трех опытных групп, получавших разные дозы добавки «Инпротеин».

Живая масса цыплят второй группы, отобранных для убоя, в среднем составляла 3,083 кг – на 5,1% выше, чем в контрольной группе. Соответственно убойная масса превышала контроль на 7,4%. Разница по убойному выходу составляла 2,1%, различия с контролем не были достоверными. Таким образом, добавление «Инпротеина» в дозе 0,25% приводит к умеренному росту убойной массы, а также незначительному увеличению убойного выхода.

**Показатели убоя бройлеров в эксперименте
при разном уровне добавки черной львинки в рацион
(экспериментальные данные авторов)**

Table 4

**Slaughter rates of broilers in an experiment
with different levels of black soldier fly supplementation in the diet
[authors' experimental data]**

Показатель	$\bar{X} \pm m_x$	δ	C_v
	Группа 1		
Живая масса, кг	2,93±0,03	0,06	1,90
Убойная масса, кг	2,03±0,03	0,05	2,30
Убойный выход, %	69,20±0,30	0,54	0,80
	Группа 2		
Живая масса, кг	3,083±0,04*	0,08	2,50
Убойная масса, кг	2,18±0,07*	0,11	5,20
Убойный выход, %	70,60±1,10	1,86	2,60
	Группа 3		
Живая масса, кг	3,183±0,04***	0,08	2,40
Убойная масса, кг	2,30±0,08***	0,13	5,80
Убойный выход, %	72,2±1,4*	2,38	3,30
	Группа 4		
Живая масса, кг	3,13±0,03***	0,06	1,80
Убойная масса, кг	2,25±0,04***	0,07	3,10
Убойный выход, %	71,70±0,80**	1,45	2,00

У цыплят третьей опытной группы отмечено повышение убойной массы на 13,3% и убойного выхода на 4,3%, то есть увеличение добавки до 0,5% оказывает более выраженный эффект: существенный рост живой и убойной массы приводит к достоверному увеличению убойного выхода на фоне статистически значимых отличий.

Максимальная доза «Инпротеина» (1%) обеспечивает на фоне умеренного прироста живой массы на 6,8% заметное увеличение убойной массы на 10,7% и незначительное повышение убойного выхода на 3,6%. Различия являются значимыми для всех показателей ($p \leq 0,001$; $p \leq 0,001$; $p \leq 0,01$).

На основании представленных данных проведен сравнительный анализ содержания компонентов мышечной ткани (табл. 5).

**Усредненный состав и калорийность мышечной ткани бройлеров
в эксперименте при разном уровне добавки черной львинки**

в рацион: $n = 3; \frac{X \pm m_x}{C_v}$ (экспериментальные данные авторов)

Table 5

**Average composition and caloric content of broiler muscle tissue
in the experiment with different levels of black soldier fly additive**

in the diet: $n=3; \frac{X \pm m_x}{C_v}$ [authors' experimental data]

Группа	Содержание, %				Калорийность на 100 г, ккал
	Влага, %	Белок	Жир	Зола	
1	75,00±0,38***	20,50±0,58	4,49±0,19	0,011 ±0,0004	122,40 ±0,58
	0,89	4,88	7,43	6,061	0,82
2	73,67±0,26	21,36±0,49	4,96±0,37	0,010 ±0,0010	130,12 ±2,36***
	0,60	3,97	12,91	18,39	3,14
3	72,33±0,64	22,28±0,88*	5,38±0,24***	0,013 ±0,0004***	137,50 ±1,69***
	1,54	6,84	7,70	5,13	2,13
4	73,00±0,38	21,94±0,42*	5,04±0,06**	0,013 ±0,0004***	133,17 ±1,63***
	0,91	3,33	1,89	5,13	2,11

Отмечена высокодостоверная тенденция уменьшения влаги в мышечной ткани во всех опытных группах ($p \leq 0,001 \dots p \leq 0,001$), что может свидетельствовать о более плотной структуре мышц или об изменении баланса воды в клетках. Наиболее значительное уменьшение отмечено в третьей группе – на 3,6%.

Происходит увеличение процентного содержания белка в мышечной ткани второй опытной группы на 0,86%, в третьей опытной на 1,78% ($p \leq 0,05$) и в четвертой опытной группе на 1,44% ($p \leq 0,05$). Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что введение «Инпротеина» в рацион положительно влияет на содержание белка в мышцах бройлеров. Это дополнительно указывает на оптимизацию белкового обмена.

Содержание жира также увеличивается во всех опытных группах. Наибольший прирост отмечен в третьей группе – на 0,89% ($p \leq 0,001$), что может указывать на изменение липидного обмена или накопление жировых запасов в мышечной ткани.

Процентное содержание минеральных остатков в мышечной ткани практически не меняется, а незначительные колебания не имеют существенного значения.

Калорийность мышечной ткани возрастает во всех опытных группах, положительно коррелируя с увеличением содержания белка и жира. Наибольший рост отмечен в третьей группе – на 15,1 ккал ($p \leq 0,001$); в четвертой группе эта разница составляет 10,77 ккал ($p \leq 0,001$), во второй – 7,72 ккал ($p \leq 0,001$).

Таким образом, оптимизация белкового обмена во всех опытных группах сопряжена с ростом содержания белка в мышечной ткани бройлеров, особенно в третьей группе. Происходит изменение липидного профиля у опытных групп: отмечено увеличение содержания жира, а максимальное – в мышечной ткани цыплят, получавших «Инпротеин» 0,5% от основного рациона. Уменьшение содержания влаги указывает на качественные структурные изменения в мышечной ткани по остальным ценным компонентам; отмечена стабильность минерального состава на фоне повышения энергетической ценности мяса опытных групп с максимальным эффектом в третьей группе.

Ранее было установлено, что хитин, присутствующий в экзоскелете личинок, обладает иммуномодулирующими свойствами, положительно влияя на здоровье пищеварительной системы, а антимикробные пептиды могут способствовать укреплению иммунной системы и снижению заболеваемости у молодняка бройлеров в критические периоды [14]. Таким образом, полученные нами экспериментальные данные и результаты, приведенные в научной литературе, свидетельствуют о том, что использование пищевых добавок из черной львинки является весьма целесообразным и может обеспечивать повышение рентабельности птицеводства.

Выводы

Conclusions

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что практически все дозы кормовой добавки «Инпротеин» стимулируют рост и развитие бройлеров кросса Росс 308. Доза 0,5% дает максимальный прирост массы на 30 и 45 дни (6,30 и 6,72% соответственно). Дозы 0,25% и 1% менее эффективны (прирост живой массы составляет 3,0...5,34%). Разница между группами усиливается к возрасту 45 дней, что свидетельствует о кумулятивном эффекте добавки.

Для стимуляции иммунитета (лимфоцитов) целесообразно использовать дозу 0,25%, а для улучшения эритропоэза в качестве оптимальной выявлена доза 0,5%, однако для нормализации нейтрофилов и тромбоцитов следует рассматривать дозу 1%. Исходя из этого необходима дополнительная оценка влияния на морфологию эритроцитов (снижение объема при высоких дозах) и долгосрочных последствий лимфопении при дозировке 1%. Отмечено умеренное увеличение концентрации эритроцитов на $0,29 \times 10^{12}$ кл/л, гемоглобина на 1,1 г/л, концентрации эритроцитов в крови на 20,23 г/л.

На биохимические показатели оптимально влияет добавка в размере 0,5% «Инпротеина»: происходит максимальный прирост общего протеина (+22,9%) и сбалансированный рост альбумина и глобулина. Снижение коэффициента вариации для ключевых показателей (АСТ и альбумин) свидетельствует о более однородной реакции группы. Максимальная доза «Инпротеина» не дает дополнительного прироста протеина в сыворотке, но повышает вариабельность кальция и фосфора (до 10,16 и 7,76% соответственно), что может указывать на наличие небольшого стресса. Пониженная доза «Инпротеина» вызывает умеренный эффект, оказанный на концентрацию протеина (на 7,9% к контролю). Поэтому дозу 1% следует использовать с осторожностью, так как возможен риск нестабильности минерального обмена.

Повышение убойной массы и убойного выхода наиболее выражено при дозе 0,5% (+13,3 и 4,3% к контролю), а стабильность коэффициента вариации в опытных группах свидетельствует о достоверности полученных результатов.

По качественным характеристикам мышечной ткани группа с концентрацией «Инпротеина» 0,5% демонстрирует наиболее выраженные положительные изменения:

максимальный прирост белка и жира – на 8,7 и 19,8% соответственно, наибольшая калорийность, увеличившаяся на 12,3%, – что может быть связано с оптимальным воздействием исследуемого фактора. Дальнейшие исследования следует направить на изучение причин структурных изменений (снижение влаги) и их влияния на потребительские свойства мяса.

Исходя из полученных данных, с целью максимизации прироста массы у бройлеров кросса Росс 308 целесообразно использовать дозировку кормовой добавки «Ин-протеин» в количестве 0,5%. Повышенная доза не дает дополнительного преимущества и, вероятно, является нецелесообразной с экономической точки зрения.

Список источников

1. Korver D.R. Review: Current challenges in poultry nutrition, health and welfare. *Animal*. 2023;17:100755. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100755>
2. Belhadj Slimen I., Yerou H., Ben Larbi M., M'Hamdi N. et al. Insects as an alternative protein source for poultry nutrition: a review. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023;17(10):1200031. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1200031>
3. Теунова Н.В., Кешева Л.А. Птицеводческий комплекс как источник загрязнения атмосферного воздуха // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2024. № 12 (150). <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.46>
4. Губанов Р.С. Проблемы и перспективы развития предприятий птицеводства в России // *Птицеводство*. 2025. № 4. С. 62-68. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2025-74-4-62-68>
5. Auchterlonie N.A. Fishmeal and fish oil in aquaculture feeds: global food security questions. *International Journal of Environmental Studies*. 2024;81(2):896-913. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2307221>
6. Poore J., Nemecek T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. 2018;360(6392):987-992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
7. Chia Sh.Y., Tanga Ch.M., Khamis F.M., Mohamed S.A. et al. Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly *Hermetia illucens*: Implications for mass production. *PLoS One*. 2018;13(11): e0206650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206650>
8. Rehman K.U., Hollah C., Wiesotzki K., Rehman R.U. et al. Black soldier fly, *Hermetia illucens* as a potential innovative and environmentally friendly tool for organic waste management: A mini-review. *Waste Management & Research*. 2023;41(1):81-97. <https://doi.org/10.1177/0734242X221105441>
9. Barragan-Fonseca K.B., Dicke M., Van Loon J.J.A. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its applicability in feed production. *Journal of Insects as Food and Feed*. 2017;3(2):105-120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>
10. *Product Launch (Blog)*. Innovative Companies Leading the Charge in the Booming Insect Protein Market. URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/nucleus/russia-insect-protein-market> (дата обращения: 19.01.2026).
11. Makkar H.P., Tran G., Heuzé V., Ankers P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*. 2014;197:1-33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
12. Chu X., Xu H., Zhong Q., Cheng L. et al. Growth performance, nutrient digestibility, and gut health of layer chickens fed diets supplemented with black soldier fly larvae meal. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020;7:485. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00485>

13. Остапчук П.С., Кувда Т.А., Зубоченко Д.В., Ануфриева Е.В. и др. Эффективность использования добавки из нитчатой зеленой водоросли *Cladophora* в бройлерном птицеводстве // *Аграрный научный журнал*. 2025. № 11. С. 101-109. <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i11pp101-109>
14. Rumpold B.A., Schluter O.K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2013;57(5):802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>

References

1. Korver D.R. Review: Current challenges in poultry nutrition, health and welfare. *Animal*. 2023;17:100755. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100755>
2. Belhadj Slimen I., Yerou H., Ben Larbi M., M'Hamdi N. et al. Insects as an alternative protein source for poultry nutrition: a review. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023;17(10):1200031. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1200031>
3. Teunova N.V., Kesheva L.A. Poultry complex as a source of air pollution. *International Research Journal*. 2024;(12(150)). (In Russ.) <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.46>
4. Gubanov R.S. Problems and prospects of development of poultry enterprises in Russia. *Ptitsevodstvo*. 2025;(4):62-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2025-74-4-62-68>
5. Auchterlonie N.A. Fishmeal and fish oil in aquaculture feeds: global food security questions. *International Journal of Environmental Studies*. 2024;81(2):896-913. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2307221>
6. Poore J., Nemecek T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. 2018;360(6392):987-992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
7. Chia Sh.Y., Tanga Ch.M., Khamis F.M., Mohamed S.A. et al. Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly *Hermetia illucens*: Implications for mass production. *PLoS One*. 2018;13(11): e0206650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206650>
8. Rehman K.U., Hollah C., Wiesotzki K., Rehman R.U. et al. Black soldier fly, *Hermetia illucens* as a potential innovative and environmentally friendly tool for organic waste management: A mini-review. *Waste Management & Research*. 2023;41(1):81-97. <https://doi.org/10.1177/0734242X221105441>
9. Barragan-Fonseca K.B., Dicke M., Van Loon J.J.A. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its applicability in feed production. *Journal of Insects as Food and Feed*. 2017;3(2):105-120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>
10. *Product Launch (Blog)*. *Innovative Companies Leading the Charge in the Booming Insect Protein Market*. URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/nucleus/russia-insect-protein-market> (accessed: January 19, 2026).
11. Makkar H.P., Tran G., Heuzé V., Ankers P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*. 2014;197:1-33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
12. Chu X., Xu H., Zhong Q., Cheng L. et al. Growth performance, nutrient digestibility, and gut health of layer chickens fed diets supplemented with black soldier fly larvae meal. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020;7:485. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00485>
13. Ostapchuk P.S., Kuevda T.A., Zubochenko D.V., Anufrieva E.V. et al. The effectiveness of using a feed additive from the *Cladophora* green filamentous algae

in broiler poultry farming. *The Agrarian Scientific Journal*. 2025;(11):101-109. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i11pp101-109>

14. Rumpold B.A., Schluter O.K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2013;57(5):802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>

Сведения об авторах

Николай Васильевич Шадрин, канд. биол. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экстремальных экосистем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»; 299011, г. Севастополь, пр-кт Нахимова, 2; e-mail: snickolai@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2580-3710>

Александр Васильевич Празукин, д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экстремальных экосистем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»; 299011, г. Севастополь, пр-кт Нахимова, 2; e-mail: prazukin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9766-6041>

Елена Валерьевна Ануфриева, д-р биол. наук, руководитель лаборатории экстремальных экосистем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»; 299011, г. Севастополь, пр-кт Нахимова, 2; e-mail: lena.anufriieva@ibss-ras.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6237-7941>

Павел Сергеевич Остапчук, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отделения полевых культур, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, г. Симферополь, ул. Киевская; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»; 299011, г. Севастополь, пр-кт Нахимова, 2; e-mail: priemnaya@niishk.site; <https://orcid.org/0000-0002-4054-7145>

Татьяна Алексеевна Куева, канд. биол. наук, старший научный сотрудник отделения полевых культур, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, г. Симферополь, ул. Киевская; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»; 299011, г. Севастополь, пр-кт Нахимова, 2; e-mail: priemnaya@niishk.site; <https://orcid.org/0000-0003-0055-8605>

Максим Дугарович Дагбаев, младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт биологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет»; 664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1; e-mail: maximdagbaev@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0000-1801-2956>

Василий Кириллович Помазкин, младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт биологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет»; 664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1; e-mail: vaspomak@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-7143-2657>

Борис Кузьмич Бадиев, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, Научно-исследовательский институт биологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский

государственный университет»; 664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1; генеральный директор, Открытое акционерное общество «Научно-производственное объединение Инсектопротеин»; 664011, г. Иркутск, ул. Рабочая, В, 5; e-mail: baduevbk@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3823-5588>

Information about the authors

Nickolai V. Shadrin, CSc (Bio), Leading Research Associate at the Laboratory of Extreme Ecosystems, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS; 2 Nakhimova Ave., Sevastopol, 299011, Russian Federation; e-mail: snickolai@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2580-3710>

Alexandr V. Prazukin, DSc (Bio), Leading Research Associate at the Laboratory of Extreme Ecosystems, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS; 2 Nakhimova Ave., Sevastopol, 299011, Russian Federation; e-mail: prazukin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9766-6041>

Elena V. Anufrieva, DSc (Bio), Head of the Laboratory of Extreme Ecosystems, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS; 2 Nakhimova Ave., Sevastopol, 299011, Russian Federation; e-mail: lena.anufrieva@ibss-ras.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6237-7941>

Pavel S. Ostapchuk, CSc (Ag), Leading Research Associate at the Field Crop Department, Research Institute of Agriculture of Crimea; 150, Kievskaya St., Simferopol, 295043, Russian Federation; A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS; 2 Nakhimova Ave., Sevastopol, 299011, Russian Federation; e-mail: priemnaya@niishk.site; <https://orcid.org/0000-0002-4054-7145>

Tatyana A. Kuevda, CSc (Bio), Senior Research Associate at the Field Crop Department, Research Institute of Agriculture of Crimea; 150, Kievskaya St., Simferopol, 295043, Russian Federation; A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS; 2 Nakhimova Ave., Sevastopol, 299011, Russian Federation; e-mail: priemnaya@niishk.site; <https://orcid.org/0000-0003-0055-8605>

Maksim D. Dagbaev, Junior Research Associate, Research Institute of Biology, Irkutsk State University; 1 Karla Marksa St., Irkutsk, 664003, Russian Federation; e-mail: maximdagbaev@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0000-1801-2956>

Vasiliy K. Pomazkin, Junior Research Associate, Research Institute of Biology, Irkutsk State University; 1 Karla Marksa St., Irkutsk, 664003, Russian Federation; e-mail: vaspomak@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-7143-2657>

Boris K. Baduev, CSc (Bio), Senior Research Associate, Research Institute of Biology, Irkutsk State University; 1 Karla Marksa St., Irkutsk, 664003, Russian Federation; General Director, OOO “Scientific and Production Association “Insectoprotein”; 5 Rabochaya St., Irkutsk, 664011, Russian Federation; e-mail: baduevbk@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3823-5588>