

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛИЧИНОК ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ

Резюме. В представленном кратком обзоре рассмотрены вопросы использования в рационе сельскохозяйственных животных белковой массы из личинок черной львинки. Доказанная эффективность данного продукта и других нетрадиционных белковых и энергетических кормовых добавок позволит повысить заинтересованность в поиске новых компонентов кормов, стимулировать их производство, что будет способствовать расширению кормовой базы и укреплению устойчивости отечественного животноводства.

Ключевые слова: сельскохозяйственные животные, черная львинка, белок, жир, кормовые добавки, эффективное кормление.

ON THE ISSUE OF USING BLACK SOLDIER FLY LARVAE IN ANIMAL FEEDING

Abstract. Application of protein concentrate based on the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) in nutrition of the productive animals is briefly reviewed. Proven effectiveness of this product and other non-traditional dietary protein and energy sources can further stimulate the interest in the search for the new feed ingredients and increase their production which, in turn, would enhance the sustainability of Russian animal production.

Key words: productive animals, black soldier fly, protein, fat, feed additives, effective nutrition.

ВВЕДЕНИЕ

Мировое производство растениеводческой продукции сдерживается из-за растущей нехватки и снижения качества земельных и водных ресурсов, а также недостаточных инвестиций в устойчивые методы ведения сельского хозяйства. Изменение климата все сильнее отражается на урожайности зерновых и масличных культур, на средствах жизнеобеспечения населения планеты. Рост доходов и быстрая урбанизация в развивающихся странах, особенно в Азии, вызывают изменения в структуре глобального спроса на продовольствие. Ожидается, что в 2030 г. потребление мяса на душу населения в странах с высоким уровнем дохода увеличится на 9%, а в Китае — почти на 50%. В результате на 48 и 158%, соответственно, повысится спрос на зерно, которое используется в кормовых целях.

Потребности в зерновом и белковом сырье тесно связаны с производством мяса: на каждый килограмм высококачественного животного белка сельскохозяйственным животным (крупному рогатому скоту, птице,

свиньям) скармливается в среднем 6 кг растительного белка. Мировое сельское хозяйство ежегодно производит 525 млн т растительного белка. Из них 60% используется на корм для животных, 25% попадает непосредственно в пищевую цепь человека, а 15% теряется в виде отходов. Если исходить из оценки, что к 2050 г. на нашей планете будет проживать почти 10 млрд человек, то потребность в белке растительного происхождения вырастет на дополнительные 265 млн т. Таким образом, глобальное производство растениеводческой продукции должно будет увеличиться на 50%, по сравнению с нынешним уровнем, что потребует соответствующего увеличения количества ресурсов: пресной воды, земли, электроэнергии, нефти и т.д.

ПОТРЕБНОСТИ ЖИВОТНЫХ В КОРМАХ

Балансирование рационов кормления животных по протеину происходит путем включения в них *кормов растительного происхождения* — бобовых культур (горох,

УДК: 636.084.087.69

Научная статья

DOI 10.69539/2413-287X-2024-05-4-219

РОМАН ВЛАДИМИРОВИЧ НЕКРАСОВ¹,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН,
главный научный сотрудник, заведующий отделом
кормления сельскохозяйственных животных
E-mail: nek_roman@mail.ru

¹ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста
142132, Московская область,
Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, д. 60

Поступила в редакцию:
02.05.2024

Одобрена после рецензирования:
03.05.2024

Принята в публикацию:
06.05.2024

Работа выполнена в рамках государственного задания при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Минобрнауки РФ №124020200032-4 и гранта РФФИ №24-16-00021.

UDC: 636.084.087.69

Research article

DOI 10.69539/2413-287X-2024-05-4-219

ROMAN V. NEKRASOV¹,
Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian
Academy of Sciences, Chief Researcher,
Head of the Department of Feeding farm animals
E-mail: nek_roman@mail.ru

¹L.K. Ernst Federal Research Center for Animal
Husbandry
142132, Moscow Region, Podolsk Municipal District,
Dubrovitsy, 60

Received by editorial office:
05.02.2024

Accepted in revised:
05.03.2024

Accepted for publication:
05.06.2024

The work was carried out within the framework of the state assignment with the financial support of fundamental scientific research of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 124020200032-4 and the grant of the Russian Academy of Sciences No. 24-16-00021.

сои, люпин), побочных продуктов переработки зерновых (отруби пшеничные, сухая пивная дробина, послеспиртовая барда) и масличных культур (жмыхи, шроты); *кормов животного происхождения*, получаемых при переработке молока (сухое обезжиренное молоко, сухая молочная сыворотка) и животных, птицы, рыб (рыбная, мясная, мясокостная, кровяная, костная и перьевая мука); *кормов микробиального происхождения и химического синтеза* — кормовых дрожжей, синтетических азотсодержащих веществ (карбамид, аммонийные соли), гаприна, аминокислот и др.

Сегодня на кормовом рынке в сегменте высокобелковых компонентов по-прежнему преобладают корма растительного происхождения, в частности соевые бобы. Однако в недалеком будущем большую роль будут играть такие источники белка, как водоросли, насекомые и др. По оценкам экспертов, к 2032 г. объем мирового рынка альтернативных источников протеина достигнет (в денежном выражении) 9 млрд долл. США. По одним только кормовым насекомым он оценивается в 1,4 млрд долл. (FAO, 2021). Можно сказать, в ближайшие годы рынок белков станет более диверсифицированным.

Поскольку мука из насекомых по содержанию и биодоступности белка сопоставима с рыбной мукой, ее можно применять в аквакультуре, это поможет снизить давление на популяцию рыб в природе. Личинок мух возможно выращивать при очень высокой плотности посадки: 3–3,5 кг белка из насекомых можно получить с 1 м². При этом они способны перерабатывать различные корма. Субстратом для производства насекомыми белковой массы могут быть пищевые отходы и продовольственные потери (van Huis, 2022). По данным BCG (Boston Consulting Group), в мире портится или выбрасывается почти треть всех произведенных продуктов питания, а это примерно 1,6 млрд т ежегодно. Поэтому подобная их переработка поможет существенно улучшить и экологическую, и экономическую ситуацию в будущем (Gasco и соавт., 2020).

Правовой статус кормовых белковых добавок, полученных из насекомых, пока не в полной мере ясен. В некоторых странах белки животного происхождения были запрещены к использованию в кормах для крупного рогатого скота со времен кризиса, вызванного губчатой энцефалопатией. Только в июле 2017 г. в Евросоюзе разрешили применение в кормах для объектов аквакультуры кормовых компонентов из насекомых (Onsongo и соавт., 2018).

В настоящее время активно обсуждается вопрос использования переработанных насекомых в качестве кормовых средств для животных (Маккаг и соавт., 2014). В нашей стране это в большей степени касается возможности применения личинок мухи черная львинка. Продукция, получаемая из них, включена приказом Росстандарта от 17 мая 2023 г. №321-ст «Об утверждении изменения 82/2023 ОКПД 2 в Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности». Распоряжени-

ем Правительства РФ утверждены изменения, внесенные в перечень сельскохозяйственной продукции, производство, первичную и последующую (промышленную) переработку которой осуществляют сельскохозяйственные товаропроизводители, а также научные организации, профессиональные образовательные организации, образовательные организации высшего образования в процессе своей научной, научно-технической и (или) образовательной деятельности. Перечень утвержден распоряжением Правительства РФ от 25 января 2017 г. N79-р (Собрание законодательства Российской Федерации, 2017, N5, ст. 852; 2018, N22, ст. 3177; N36, ст. 5689; N49, ст. 7639; 2020, N11, ст. 1605; 2021, N37, ст. 6550).

Масштабирование технологий выращивания личинок черной львинки в значительных объемах приведет к росту производства белка животного происхождения и жиров. Использование указанной продукции позволит со временем частично заменить рыбную муку и другие высокопротеиновые и энергетические компоненты в рецептах кормов для объектов аквакультуры, животных и птицы (Sogari и соавт., 2019).

ЧЕРНАЯ ЛЬВИНКА КАК ОБЪЕКТ АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ

Черная львинка (*Hermetia illucens*) — это крупная муха длиной до 2 см, обитающая в Южной Америке в умеренных, субтропических и тропических регионах с оптимальной температурой в диапазоне 25–30°C. Жизненный цикл ее состоит из пяти стадий: яйцо, личинка, предкуколка, куколка и имаго (взрослая особь). Личинки естественным образом потребляют широкий спектр разлагающихся органических материалов (Nguyen, 2010). Одна личинка может потреблять от 25 до 500 мг органики в сутки при оптимальном количестве 100 мг. Личинки характеризуются интенсивным ростом, достигая к 18 суткам до 235 мг массы, 27 мм длины и 6 мм ширины. Взрослые особи не питаются, не имеют жала, не представляют угрозы для других организмов. Следовательно, они не являются переносчиками болезней, тем самым разведение черной львинки не представляет экологической и эпидемиологической угрозы. Ее личинки обладают высокой питательной ценностью. Установлено, что при выращивании личинок на фуражном зерне в их теле содержатся 38% белка, 39% жира, 5% хитина (Nekrasov и соавт. 2015, 2016). В составе белка высокий уровень незаменимых аминокислот: в среднем 44,6 г лейцина, 38,8 г лизина, 38,8 г валина в пересчете на 1 кг. По содержанию этих аминокислот белок личинок превосходит соевый шрот, а по уровню валина — рыбную муку. Метионина и триптофана в нем меньше: по количеству сопоставимо с соевым шротом и намного ниже, чем в рыбной муке. В 1 кг белка личинок содержание гистидина варьирует от 9,8 до 48 г, изолейцина — от 17,7 до 48 г, что несколько выше, чем в соевом шроте и рыбной муке; фенилала-

нина — от 16,4 до 77,6 г, треонина — от 16,2 г до 45 г, что в основном соответствует соевому шроту и рыбной муке. Содержание аргинина ниже, чем в соевом шроте и рыбной муке (Lu и соавт., 2022).

В составе жира личинок преобладает лауриновая кислота, проявляющая широкий спектр антибактериальных свойств. В 1 кг липидной фракции личинок содержится 38,36 МДж валовой энергии; насыщенных жирных кислот: лауриновой — 58,9%, миристиновой — 11,1%, пальмитиновой — 12,7%, стеариновой — 1,2%; ненасыщенных жирных кислот: пальмитолеиновой — 2,2%, олеиновой — 7,4%, линолевой — 3,5%.

ЛИЧИНКИ ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ

Проведены достаточно широкие исследования по изучению различных продуктов из насекомых (сухая биомасса, протеиновая и липидная фракции) в кормлении крупного рогатого скота, свиней, птицы, объектов аквакультуры. Приведем результаты некоторых из них.

Объекты аквакультуры

Корма для аквакультуры производят с высоким содержанием рыбной муки из-за наличия в ней высококачественных питательных веществ. Однако рядом исследований доказана возможность частичной ее замены в рационах рыб мукой из личинок черной львинки без ухудшения, а в ряде случаев даже при улучшении производственных показателей. В исследовании Wachira и соавт. (2021) продемонстрировано, что допустимо вводить до 67% муки из насекомых вместо рыбной муки в рацион нильской тилляпии (*O. Niloticus*) без ущерба для ее роста. Сеголетки канального сома (*Ictalurus punctatus* Rafinesque) имели аналогичную прибавку в живой массе по отношению к контролю при вводе в рацион до 30% полножирной муки из личинок черной львинки (Newton и соавт., 2005). Было показано, что замена ею рыбной муки до 25% в рационах радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) не оказала негативного влияния на приросты рыбы (Sealey и соавт., 2011). Результаты исследования Rawski и соавт. (2020) свидетельствуют, что использование личинок вместо рыбной муки и рыбьего жира в кормлении осетровых рыб положительно воздействовало на показатели роста. Таким образом, белковая масса из личинок черной львинки может быть перспективной альтернативой традиционным компонентам в кормах для аквакультуры.

Птица

Замена 75% подсолнечного жмыха и соевого шрота на полножирную муку из личинок черной львинки была наиболее экономичной и прибыльной при изучении альтернативных рационов. Такая замена способствовала улучшению конверсии корма, что положительно сказалось на среднесуточных приростах цыплят-бройлеров,

а в родительском стаде и у кур-несушек привела к повышению массы яйца. Снизилось потребление корма. Все это позволило снизить общие затраты на кормление (Wamai и соавт., 2024). В другом исследовании полная замена соевого масла жиром личинок в рационе кур-несушек в возрасте 25–33 недель не оказала отрицательного влияния на яйценоскость, качество яиц, питательный состав и уровень холестерина в яйцах. Ввод жира черной львинки в комбикорма для кур повысил индекс цвета яичного желтка и уровень среднепечочечных жирных кислот в брюшном жире (Kim и соавт., 2022).

Свиньи

Проведенный нами эксперимент показал возможность эффективной замены 5% рыбной муки на 7% сухой биомассы из личинок черной львинки в рационе свиней. В результате увеличился среднесуточный прирост живой массы животных на 6,7% при снижении затрат корма на 8% (Nekrasov и соавт., 2015). В других исследованиях при использовании высушенных личинок в комбикормах в количестве 0,3 и 0,9% среднесуточный прирост свиней в период выращивания повысился на 8,2 и 9,1% и составил 424,80 и 428,46 г против 392,68 г ($P > 0,05$) в контрольной группе (Nekrasov и соавт., 2018).

Крупный рогатый скот

Не менее важным и актуальным направлением является использование жиров, полученных из личинок черной львинки, в питании жвачных животных. Нами изучена возможность и эффективность применения данных жиров в качестве добавки к рациону телят и коров. При вводе липидной фракции из личинок мух в корма для высокопродуктивных коров в количестве 10 и 100 г/гол/сут у них повысилась интенсивность преджелудочного пищеварения, что выразилось в сокращении потерь аммиака — на 27,5 и 27% ($P < 0,05$) при увеличении ЛЖК на 32,0% ($P < 0,05$) и 58,1% ($P < 0,01$) на фоне снижения рН на 0,36 и 0,31 ед. ($P < 0,05$). Это способствовало увеличению среднесуточного удоя молока жирностью 3,4% у коров первой и второй опытных групп на 4,5 и 8,8%, содержания жира — на 0,05 и 0,06%, лактозы — на 0,06 и 0,14%, насыщенных жирных кислот — на 0,37 и 0,08%, мононенасыщенных — на 0,14 и 0,05% по сравнению с контрольными животными (Nekrasov и соавт., 2022).

В исследованиях на молодняке КРС липидная фракция в количестве 5 и 10 г/гол/сут дополняла сбалансированное питание телочек в молочный период их выращивания. Антимикробные свойства жира личинок в значительной степени отмечены в отношении грамположительных бактерий и в меньшей степени в отношении грамотрицательных бактерий. За период опыта среднесуточный прирост увеличился у телят, которые получали рацион с 10 г жира из личинок черной львинки, на 18,7% ($P < 0,05$), в отличие от контроля (Некрасов и соавт., 2023).



ВЫВОДЫ

Промышленное разведение личинок мух черная львинка является перспективным направлением. В связи с этим необходимо продолжать проводить исследования в области производства личинок с учетом экономики, разрабатывать новые подходы для повышения эффективности технологии их выращивания. Целесообразно и в дальнейшем изучать питательные свойства личинок, в том числе

выращенных на различных кормовых субстратах. Следует больше уделять внимания разработке технологий переработки личинок для получения высокобелковых и высокоэнергетических кормовых добавок. Затем изучать эффективность применения этих кормовых продуктов на целевых видах сельскохозяйственных животных и птицы, на объектах аквакультуры.

Литература (Literature)

1. FAO. Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector // Rome, 2021. — <https://doi.org/10.4060/cb4094en>.
2. van Huis, A. Edible insects: non-food and non-feed industrial applications // *Insects Food Feed*. — 2022. — № 8. — pp. 447–450. — <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.x004>.
3. Gasco, L. Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in animal nutrition / L. Gasco, G. Acuti, P. Bani, A. D. Zotte, P. P. Danieli, A. De Angelis, R. Fortina, R. Marino, G. Parisi, G. Piccolo, L. Pinotti, A. Prandini, A. Schiavone, G. Terova, F. Tulli, A. Roncarati // *Italian J. Anim. Sci.* — 2020. — № 19. — pp. 360–372. — <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1743209>.
4. Onsongo, V. O. Insects for income generation through animal feed: effect of dietary replacement of soybean and fish meal with black soldier fly meal on broiler growth and economic performance / V. O. Onsongo, I. M. Osuga, C. K. Gachuri, A. M. Wachira, D. M. Miano, C. M. Tanga, S. Ekesi, D. Nakimbugwe, K. K. M. Fiaboe // *Econom Entomol.* — 2018. — № 111. — pp. 1966–1973. — <https://doi.org/10.1093/jee/toy118>.
5. Makkar, H. P. S. State-of-the-art on use of insects as animal feed / H. P. S. Makkar, G. Tran, V. Henze, P. Ankers // *Anim. Feed Sci. Technol.* — 2014. — № 197. — pp. 1–33. — <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>.
6. Sogari, G. The potential role of insects as feed: a multi-perspective review / G. Sogari, M. Amato, I. Biasato, S. Chiesa, L. Gasco // *Animals*. — 2019. — № 9. — P. 119. — <https://doi.org/10.3390/ani9040119>.
7. Nguyen, T. Influence of diet on black soldier fly (*Hermetia illucens* Linnaeus) (diptera: stratiomyidae) life history traits" (2010). Electronic Theses and Dissertations. 8287. — <https://scholar.uwind-sor.ca/etd/8287>.
8. Nekrasov, R. V. Biochemical characteristics of *Hermetia illucens*: a base for prospective use of larval biomass in young pig food / R. V. Nekrasov, I. V. Pravdin, L. Z. Kravtsova, A. I. Bastrakov, L. A. Pashkova, N. A. Ushakova // *Journal of Nature Science and Sustainable Technology*. — 2015. — № 9 (2). — pp. 407–416.
9. Nekrasov, R. V. Biochemical Characteristics of Insects *Hermetia illucens* / R. V. Nekrasov, I. V. Pravdin, L. Z. Kravtsova, I. A. Bastrakov, L. A. Pashkova, N. A. Ushakova / In Book: Chemical and Biochemical Physics. A Systematic Approach to Experiments, Evaluation, and Modeling. Edited by David Schiraldi and Gennady E. Zaikov // Apple Academic Press. — 2016. — pp. 287–300. — <https://doi.org/10.1201/b19939-20>.
10. Lu, S. Nutritional Composition of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) and Its Potential Uses as Alternative Protein Sources in Animal Diets: A Review / S. Lu, N. Taethaisong, W. Meethip, J. Surakhunthod, B. Sinpru, T. Sroichak, P. Archa, S. Thongpea, S. Paengkoum, R. A. P. Purba // *Insects*. — 2022. — № 13(9). — P. 831. — <https://doi.org/10.3390/insects13090831>.
11. Wachira, M. N. Efficiency and Improved Profitability of Insect-Based Aquafeeds for Farming Nile Tilapia Fish (*Oreochromis niloticus* L.) / M. N. Wachira, I. M. Osuga, J. M. Munguti, M. K. Ambula, S. Subramanian, C. M. Tanga // *Animals*. — 2021. — № 11. — P. 2599. — <https://doi.org/10.3390/ani11092599>
12. Newton, L. Using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, as a Value-Added Tool for the Management of Swine Manure / L. Newton, C. Sheppard, D. W. Watson, G. Burtle, R. Dove // Report for Mike Williams; Director of the Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University: Raleigh, NC, USA, 2005. — <https://p2infohouse.org/ref/37/36122.pdf>.
13. Sealey, W. M. Sensory analysis of rainbow trout, oncorhynchus mykiss, fed enriched Black soldier fly Prepupae, *Hermetia illucens* / W. M. Sealey, T. G. Gaylord, F. T. Barrows, J. K. Tomberlin, M. A. McGuire, C. Ross, S. St-Hilaire // *World Aquac. Soc.* — 2011. — № 42. — pp. 34–45.
14. Rawski, M. Black Soldier Fly Full-Fat Larvae Meal as an Alternative to Fish Meal and Fish Oil in Siberian Sturgeon Nutrition: The Effects on Physical Properties of the Feed, Animal Growth Performance, and Feed Acceptance and Utilization / M. Rawski, J. Mazurkiewicz, B. Kierończyk, D. Józefiak // *Animals (Basel)*. — 2020. — № 15(11). — P. 2119. — <https://doi.org/10.3390/ani10112119>.
15. Wamai, L. K. Big opportunities for tiny bugs: rush to boost laying hen performance using black soldier fly larvae meal / L. K. Wamai, L. M. Munga, I. M. Osuga, J. M. Munguti, S. Subramanian, M. K. Kidoido, J. C. Ghemoh, C. M. Mwenda, C. M. Tanga // *Econ. Entomol.* — 2024. — № 117 (1). — pp. 58–72. — <https://doi.org/10.1093/jee/toad230>.
16. Kim, B. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil as an alternative fat ingredient to soybean oil in laying hen diets / B. Kim, M. Kim, J. Y. Jeong, H. R. Kim, S. Y. Ji, H. Jung, S. H. Park // *Anim. Biosci.* — 2022. — № 35(9). — pp. 1408–1417. — <https://doi.org/10.5713/ab.22.0052>.
17. Nekrasov, R. V. Efficacy of a Dried Black Soldier Fly Larvae in a Pig Diet / R. V. Nekrasov, M. G. Chabaev, N. A. Ushakova, I. V. Pravdin, L. Z. Kravtsova // WIANF, Budapest, Hungary, 15–17 October 2015, 1st World Conference on Innovative Animal Nutrition and Feeding. — Akademiai Kiado, Budapest (ISBN 978 963 05 9662 6). — pp. 108–109.
18. Nekrasov, R. V. Dried Black Soldier Fly larvae as a dietary supplement to the diet of growing pigs / R. V. Nekrasov, A. A. Zelenchenkova, M. G. Chabaev, G. A. Ivanov, A. M. Antonov, N. O. Pastukhova // *Animal Science*. — 2018. — № 96 (3). — P. 314. — <https://doi.org/10.1093/jas/sky404.691>.
19. Nekrasov, R. V. Effect of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Fat on Health and Productivity Performance of Dairy Cows / R. V. Nekrasov, G. A. Ivanov, M. G. Chabaev, A. A. Zelenchenkova, N. V. Bogolyubova, D. A. Nikanova, A. A. Sermyagin, S. O. Bibikov, S. O. Shapovalov // *Animals*. — 2022. — № 12. — P. 2118. — <https://doi.org/10.3390/ani12162118>.
20. Некрасов, Р. В. Влияние липидной фракции Черной львинки (ЛЧЛ-лф) на продуктивность, резистентность и обменные процессы у телят молочного периода выращивания / Р. В. Некрасов, М. Г. Чабаев, Е. В. Туаева, Д. А. Никанова, Н. В. Боголюбова, С. О. Шаповалов, Г. А. Иванов // *Аграрная наука*. — 2023. — № 11. — С. 64–69. ■